

**STUDI PENENTUAN STATUS MUTU KUALITAS AIR WADUK
BERDASARKAN PENGARUH TATA GUNA LAHAN PADA
DAERAH TANGKAPAN AIR WADUK LAHOR**

SKRIPSI

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI SISTEM INFORMASI
SUMBERDAYA AIR**

Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**SYAHRIZAL MUFRODI
NIM. 145060401111011**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

**STUDI PENENTUAN STATUS MUTU KUALITAS AIR WADUK
BERDASARKAN PENGARUH TATA GUNA LAHAN PADA
DAERAH TANGKAPAN AIR WADUK LAHOR**

JURNAL

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI SISTEM INFORMASI
SUMBERDAYA AIR**

Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**SYAHRIZAL MUFRODI
NIM. 145060401111011**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

**STUDI PENENTUAN STATUS TROFIK DAN DAYA TAMPUNG
BEBAN PENCEMARAN GUNA MENENTUKAN UPAYA
KONSERVATIF PENGELOLAAN WADUK LAHOR**

SKRIPSI

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI KONSERVASI SUMBER
DAYA AIR**

Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**INDAH TRI WAHYUNI
NIM. 145060400111033**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

**STUDI PENENTUAN STATUS TROFIK DAN DAYA TAMPUNG
BEBAN PENCEMARAN GUNA MENENTUKAN UPAYA
KONSERVATIF PENGELOLAAN WADUK LAHOR**

JURNAL

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI KONSERVASI SUMBER
DAYA AIR**

Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



**INDAH TRI WAHYUNI
NIM. 145060400111033**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta sholawat dan salam selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW.

Dalam kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua dan seluruh keluarga atas doa, dorongan dan semangat yang diberikan kepada penulis.
2. Ibu Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS., selaku dosen pembimbing yang telah sabar selalu memberi arahan dan bimbingannya dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Ir. Moh. Sholichin, MT., Ph.D, Bapak Dr. Very Dermawan, ST., MT. dan Bapak Dr. Runi Asmaranto, ST., MT. selaku penguji I, II, dan III yang telah memberikan saran beserta kritik terhadap penulis atas penyempurnaan skripsi ini.
4. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Pengairan, khususnya kepada rekan-rekan angkatan 2014 yang telah memberikan dukungan yang luar biasa
5. Dan semua pihak yang namanya tidak mungkin disebut satu-persatu yang telah membantu secara moril maupun materil

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian laporan skripsi ini masih banyak kekurangan. Untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun guna memperbaiki laporan ini.

Akhir kata, semoga laporan skripsi ini dapat memberikan ilmu yang sangat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Juli 2018

Penulis



Halaman ini sengaja dikosongkan



LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI PENENTUAN STATUS MUTU KUALITAS AIR WADUK
BERDASARKAN PENGARUH TATA GUNA LAHAN PADA
DAERAH TANGKAPAN AIR WADUK LAHOR**

SKRIPSI

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI SISTEM INFORMASI
SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**SYAHRIZAL MUFRODI
NIM. 145060401111011**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
Pada tanggal 20 Juli 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pengairan

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS.
NIP. 19610131 198609 2 001

Ir.Rini Wahyu Sayekti, MS
NIP. 19600907 198603 2 002



LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI PENENTUAN STATUS MUTU KUALITAS AIR WADUK
BERDASARKAN PENGARUH TATA GUNA LAHAN PADA
DAERAH TANGKAPAN AIR WADUK LAHOR**

JURNAL

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI SISTEM INFORMASI
SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**SYAHRIZAL MUFRODI
NIM. 145060401111011**

Jurnal ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
Pada tanggal 24 Juli 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pengairan

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS.
NIP. 19610131 198609 2 001

Ir.Rini Wahyu Sayekti, MS
NIP. 19600907 198603 2 002



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xv
RINGKASAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	3
1.3. Rumusan Masalah.....	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Tujuan Penelitian	5
1.6. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Ekosistem Perairan	7
2.1.1. Ekosistem DAS.....	8
2.1.2. Waduk.....	9
2.2. Hidrologi	10
2.2.1. Siklus Hidrologi.....	11
2.3. Analisis Hidrologi.....	12
2.3.1. Uji Konsistensi Data Curah Hujan	12
2.3.2. Uji Ketidak-adaan Trend	14
2.3.3. Uji Stationer.....	14
2.3.4. Analisis Curah Hujan Rerata Daerah.....	16
2.3.4.1. Metode Rata-rata Aritmatik.....	17
2.3.4.2. Metode Poligon Thiessen	17
2.3.4.3. Metode Isohiet.....	19
2.4. Pencemaran Air.....	19
2.5. Parameter Kualitas Air Untuk Budidaya Perikanan	20
2.5.1. Parameter Kimia Pencemaran Air	20
2.6. Analisis Kualitas Air.....	24
2.7. Baku Mutu dan Status Mutu Air	25
2.8. Indeks Pencemaran.....	26
2.8.1. Umum	26
2.8.2. Definisi	27
2.8.3. Prosedur Penggunaan	29
2.9. Tata Guna Lahan.....	30
2.9.1. Perubahan Penggunaan LahanUmum.....	31
2.10. Budidaya Perikanan Keramba Jaring Apung (KJA).....	32

2.11. Sistem Informasi Geografis (SIG)	32
2.12. ArcSWAT (<i>Arc Soil and Water Assesment Tool</i>).....	33
2.12.1. Menu SWAT Project Setup	34
2.12.2. Watershed Delineator menu	34
2.12.3. HRU Analysis Menu	35
2.12.4. Write input tables menu	35
2.12.5. Edit SWAT input.....	36
2.12.6. SWAT Simulation menu	37
2.13. Pengolahan Basis Data.....	38
2.13.1. ArcSWAT tabel dan text file data	39
2.13.2. Land Use Look Up Table (dBase or ASCII) ished Delineator menu	39
2.13.3. Soil Look Up Table (dBase or ASCII).....	40
2.13.4. Data Curah Hujan.....	41
2.13.5. Weather Generator	42
2.14. Input Data ArcSWAT	48
2.15. Pembangunan Model Pada Aplikasi ArcSWAT.....	51
2.16. Beberapa Bagian Penting Dalam ArcSWAT	55
2.16.1. Automatic Deliniation	55
2.16.2. HRU Distribution	55
2.16.3. Land Use & Soil Definition.....	56
2.17. Hasil Simulasi (Output Data) ArcSWAT.....	56
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	59
3.1. Gambaran Umum Lokasi Studi	59
3.1.1. Kondisi Topografi	60
3.1.2. Kondisi Penggunaan Lahan.....	60
3.2. Tahapan Penelitian.....	61
3.2.1. Metode Pengumpulan Data	61
3.2.1.1. Jenis dan Spesifikasi Data	62
3.2.2. Langkah-Langkah Penyelesaian Studi	65
3.2.2.1. Analisa Kualitas Mutu Air Waduk Lahor	65
3.2.2.2. Analisa Status Mutu Kualitas Air Metode Indeks Pencemaran.....	65
3.2.2.3. Analisa Kualitas Air Menggunakan Program (Software) ArcSWAT.....	67
BAB IV HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	73
4.1. Pengumpulan Data	73
4.1.1. Data Sekunder Parameter Kualitas Air	73
4.1.2. Data Jenis Tanah	75
4.1.3. Data Curah Hujan.....	77
4.2. Analisa Hidrologi.....	77
4.2.1. Lokasi Titik Stasiun Hujan.....	77
4.2.2. Uji Konsistensi Kurva Massa Ganda.....	80

4.2.3.	Uji Ketidakadaan Trend.....	83
4.2.3.1.	Uji Mann-Whitney	83
4.2.4.	Uji Stasioner	84
4.2.4.1.	Uji Kestabilan Varian	84
4.2.4.2.	Uji Kestabilan Nilai Rata-rata.....	85
4.3.	Analisa Kualitas Mutu Air Waduk Lahor	88
4.3.1.	Pembagian Musim	88
4.3.2.	Analisa Perbandingan Hasil Pengukuran Tiap Parameter Dengan Baku Mutu.....	89
4.3.2.1.	Analisa Baku Mutu Kualitas Air	89
4.3.2.2.	Analisa Status Mutu Kualitas Air Dengan Metode Indeks Pencemaran	110
4.4.	Pengaruh Tata Guna Lahan Terhadap Kualitas Air Waduk.....	114
4.5.	Analisa Pemodelan Kualitas Air dengan ArcSWAT	118
4.5.1.	Penentuan Batas Daerah Tangkapan Air (DTA)	118
4.5.2.	Format input data dan pembuatan database ArcSWAT	121
4.5.2.1.	Penggambaran tema tata guna lahan.....	121
4.5.2.2.	Penggolongan tema jenis tanah.....	122
4.5.2.3.	Kemiringan Lereng (slope).....	123
4.5.2.4.	Input data hujan sesuai format ArcSWAT.....	124
4.5.2.5.	Pembuatan Database ArcSWAT.....	130
4.5.2.6.	Pengelolaan HRU (Hydrologic Response Unit).....	134
4.5.2.7.	Pengolahan Weather Station.....	135
4.5.2.8.	Pengelolaan Write SWAT Input Tables	136
4.5.2.9.	Edit SWAT Input.....	137
4.5.3.	Simulasi ArcSWAT.....	138
4.5.4.	Output ArcSWAT	140
4.5.5.	Hasil Simulasi.....	141
4.5.5.1.	Hasil Simulasi Sebelum Kalibrasi	141
4.5.5.2.	Kalibrasi Parameter Model	144
4.5.5.3.	Hasil Simulasi model setelah kalibrasi	146
4.5.6.	Pengujian Hasil Simulasi ArcSWAT	150
4.5.6.1.	<i>Nash Sutcliffe</i>	150
4.5.6.2.	<i>RMSE (Root Mean Squared Error)</i>	151
4.5.7.	Output Pemodelan ArcSWAT	153
4.5.7.1.	Fase di Lahan	153
4.5.7.2.	Fase di Waduk	173

BAB V PENUTUP **174**

5.1.	Kesimpulan	174
5.2.	Saran	175

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN





Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2. 1.	Senyawa Fosfor Anorganik yang Biasa Terdapat di Perairan.....	22
Tabel 2. 2.	Baku Mutu Parameter Kualitas Air Diteliti.....	26
Tabel 2. 3.	Format dBase tabel land use (.dbf).....	39
Tabel 2. 4.	Format land use ASCII (.txt).....	40
Tabel 2. 5.	Format dBase tabel soil.....	40
Tabel 2. 6.	Format dBase tabel soil.....	40
Tabel 2. 7.	Format dBase tabel soil Name.....	41
Tabel 2. 8.	Format dBase tabel soil Precipitation gage location table (.txt).....	41
Tabel 2. 9.	Format data hujan (.txt).....	42
Tabel 2. 10	Pola Data Input AVSWAT 2000.....	49
Tabel 3. 1.	Data Tata Guna Lahan di DTA Waduk Lahor.....	61
Tabel 3. 2.	Spesifikasi Data Parameter Kualitas Air.....	62
Tabel 3. 3.	Spesifikasi Data Sekunder Input ArcSWAT.....	63
Tabel 3. 4.	Klasifikasi kriteria kualitas air dengan metode IPA.....	66
Tabel 4. 1.	Data Parameter Kualitas Air Waduk Lahor Tahun 2017.....	74
Tabel 4. 2.	Jenis Tanah di DTA Waduk Lahor.....	75
Tabel 4. 3.	Data Curah Hujan Tahunan Total Selama 10 Tahun (2008-2017).....	77
Tabel 4. 4.	Lokasi Stasiun Hujan DTA Waduk Lahor.....	78
Tabel 4. 5.	Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Sutami.....	80
Tabel 4. 6.	Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Sutami Setelah di Koreksi	81
Tabel 4. 7.	Data Curah Hujan Baru yang sudah dikoreksi.....	82
Tabel 4. 8.	Rekapitulasi Perhitungan Uji Mann-Whitney.....	84
Tabel 4. 9.	Perhitungan Uji Kestabilan Rata-Rata.....	86
Tabel 4.10.	Perhitungan Uji Kestabilan Varian.....	87
Tabel 4.11.	Rekapitulasi Pengujian Data Hujan.....	88
Tabel 4.12.	Curah Hujan Bulanan Stasiun Sutami.....	88
Tabel 4.13.	Hasil Analisis Klasifikasi Musim pada Stasiun Sutami.....	89
Tabel 4.14.	Perbandingan Hasil Pengukuran DO dengan Baku Mutu pada Kedalaman 0,3 m Tahun 2017.....	90
Tabel 4.15.	Perbandingan Hasil Pengukuran DO dengan Baku Mutu pada Kedalaman 5 m Tahun 2017.....	90
Tabel 4.16.	Perbandingan Hasil Pengukuran DO dengan Baku Mutu pada Kedalaman 10 m Tahun 2017.....	91
Tabel 4.17.	Perbandingan Hasil Pengukuran BOD dengan Baku Mutu pada Kedalaman 0,3 m Tahun 2017.....	93
Tabel 4.18.	Perbandingan Hasil Pengukuran BOD dengan Baku Mutu pada Kedalaman 5 m Tahun 2017.....	93
Tabel 4.19.	Perbandingan Hasil Pengukuran BOD dengan Baku Mutu pada Kedalaman 10 m Tahun 2017.....	94



Tabel 4.20.	Perbandingan Hasil Pengukuran TSS dengan Baku Mutu pada Kedalaman 0,3 m Tahun 2017	95
Tabel 4.21.	Perbandingan Hasil Pengukuran TSS dengan Baku Mutu pada Kedalaman 5 m Tahun 2017	96
Tabel 4.22.	Perbandingan Hasil Pengukuran TSS dengan Baku Mutu pada Kedalaman 10 m Tahun 2017	96
Tabel 4.23.	Perbandingan Hasil Pengukuran NO ₃ -N dengan Baku Mutu pada Kedalaman 0,3 m Tahun 2017	98
Tabel 4.24.	Perbandingan Hasil Pengukuran NO ₃ -N dengan Baku Mutu pada Kedalaman 5 m Tahun 2017	99
Tabel 4.25.	Perbandingan Hasil Pengukuran NO ₃ -N dengan Baku Mutu pada Kedalaman 10 m Tahun 2017	99
Tabel 4.26.	Perbandingan Hasil Pengukuran NO ₂ -N dengan Baku Mutu pada Kedalaman 0,3 m Tahun 2017	101
Tabel 4.27.	Perbandingan Hasil Pengukuran NO ₂ -N dengan Baku Mutu pada Kedalaman 5 m Tahun 2017	102
Tabel 4.28.	Perbandingan Hasil Pengukuran NO ₂ -N dengan Baku Mutu pada Kedalaman 10 m Tahun 2017	102
Tabel 4.29.	Perbandingan Hasil Pengukuran NH ₃ -N dengan Baku Mutu pada Kedalaman 0,3 m Tahun 2017	104
Tabel 4.30.	Perbandingan Hasil Pengukuran NH ₃ -N dengan Baku Mutu pada Kedalaman 5 m Tahun 2017	104
Tabel 4.31.	Perbandingan Hasil Pengukuran NH ₃ -N dengan Baku Mutu pada Kedalaman 10 m Tahun 2017	105
Tabel 4.32.	Perbandingan Hasil Pengukuran Total-P dengan Baku Mutu pada Kedalaman 0,3 m Tahun 2017	107
Tabel 4.33.	Perbandingan Hasil Pengukuran Total-P dengan Baku Mutu pada Kedalaman 5 m Tahun 2017	107
Tabel 4.34.	Perbandingan Hasil Pengukuran Total-P dengan Baku Mutu pada Kedalaman 10 m Tahun 2017	108
Tabel 4.35.	Rekapitulasi Prosentase Baku Mutu Kualitas Air Waduk Lahor.....	109
Tabel 4.36.	Rekapitulasi Status Mutu Kualitas Air Metode Indeks Pencemaran Kedalaman 0,3 m	111
Tabel 4.37.	Rekapitulasi Status Mutu Kualitas Air Metode Indeks Pencemaran Kedalaman 5 m	112
Tabel 4.38.	Rekapitulasi Status Mutu Kualitas Air Metode Indeks Pencemaran Kedalaman 10 m	112
Tabel 4.39.	Data Tata Guna Lahan di DTA Waduk Lahor	114
Tabel 4.40.	Klasifikasi kemiringan lahan	124
Tabel 4.41.	Contoh perhitungan susunan data hujan bulanan stasiun Sutami	125
Tabel 4.42.	Input data hujan stasiun Sutami	128
Tabel 4.43.	Input Data Hujan Stasiun Sumberpucung.....	128
Tabel 4.44.	Input Data Hujan Stasiun Kepanjen.....	129
Tabel 4.45.	Input Data Hujan Stasiun Ngajum	129



Tabel 4.46.	Nilai CN II untuk masing-masing tata guna lahan	131
Tabel 4.47.	Nilai K untuk masing-masing tanah di DTA Waduk Lahor	132
Tabel 4.48.	Angka kekasaran manning untuk aliran sungai.....	133
Tabel 4.49.	Angka kekasaran manning untuk aliran di lahan	133
Tabel 4.50.	Format data lokasi hujan	136
Tabel 4.51.	Format data hujan harian untuk input rainfall data stasiun Sutami.....	136
Tabel 4.52.	Hasil Simulasi Debit ArcSWAT sebelum kalibrasi tataguna lahan tahun 2009	141
Tabel 4.53.	Hasil Simulasi Debit ArcSWAT sebelum kalibrasi tata guna lahan tahun 2017	143
Tabel 4.54.	Parameter input database untuk kalibrasi model ArcSWAT Periode I.....	145
Tabel 4.55.	Parameter input database untuk kalibrasi model ArcSWAT Periode II....	146
Tabel 4.56.	Hasil simulasi setelah kalibrasi debit ArcSWAT setelah kalibrasi Periode I.....	147
Tabel 4.57.	Hasil simulasi setelah kalibrasi debit ArcSWAT setelah kalibrasi Periode II	148
Tabel 4.58.	Nilai Kesalahan Relatif Debit Model ArcSWAT dengan Debit Lapangan Sebelum Kalibrasi.....	150
Tabel 4.59.	Hasil Nash – Sutchliffe debit model terhadap data terukur tahun 2009 sesudah kalibrasi	150
Tabel 4.60.	Hasil Nash – Sutchliffe debit model terhadap data terukur tahun 2017 sesudah kalibrasi	151
Tabel 4.61.	Perhitungan RMSE tahun 2009.....	152
Tabel 4.62.	Perhitungan RMSE tahun 2017.....	152
Tabel 4.63.	Hasil Simulasi NH ₃ -N di Lahan	153
Tabel 4.64.	Hasil Simulasi NO ₂ -N di Lahan	157
Tabel 4.65.	Hasil Simulasi NO ₃ -N di Lahan	161
Tabel 4.66.	Hasil Simulasi DO di Lahan.....	164
Tabel 4.67.	Hasil Simulasi BOD di Lahan	167
Tabel 4.68.	Hasil Simulasi Total P di Lahan.....	170
Tabel 4.69.	Kandungan Polutan NH ₃ -N di Waduk Lahor Tahun 2009 hingga 2017...	173
Tabel 4.70.	Kandungan Polutan NO ₂ -N di Waduk Lahor Tahun 2009 hingga 2017...	174
Tabel 4.71.	Kandungan Polutan NO ₃ -N di Waduk Lahor Tahun 2009 hingga 2017...	175
Tabel 4.72.	Kandungan Polutan DO di Waduk Lahor Tahun 2009 hingga 2017	176
Tabel 4.73.	Kandungan Polutan BOD di Waduk Lahor Tahun 2009 hingga 2017	177
Tabel 4.74.	Kandungan Polutan Total P di Waduk Lahor Tahun 2009 hingga 2017 ..	178





Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

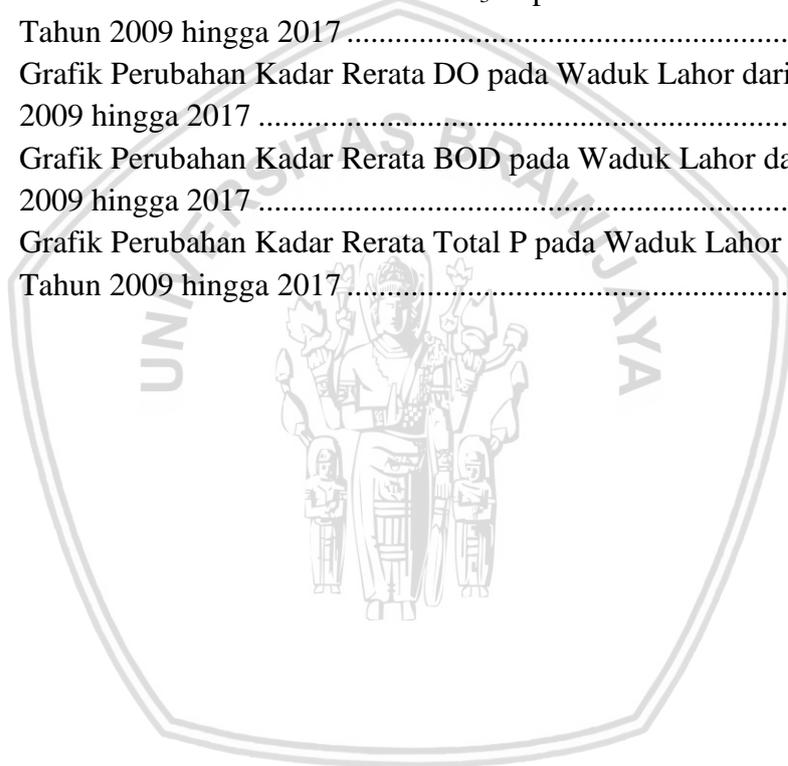
No.	Judul	Halaman
Gambar 2. 1.	Komponen-komponen Ekosistem DAS	8
Gambar 2. 2.	Siklus Hidrologi.....	12
Gambar 2. 3.	Lengkung Massa Ganda (double mass curve).....	13
Gambar 2. 4.	Poligon Thiessen	18
Gambar 2. 5.	Pernyataan Indeks untuk Suatu Peruntukkan	28
Gambar 2. 6.	<i>Menu SWAT Project setup</i>	34
Gambar 2. 7.	<i>Watershed Delineator Menu</i>	34
Gambar 2. 8.	<i>Menu HRU Analysis</i>	35
Gambar 2. 9.	<i>Menu Write Input Tables</i>	35
Gambar 2.10.	<i>Menu Edit SWAT Input</i>	36
Gambar 2.11.	<i>SWAT Simulation Menu</i>	37
Gambar 2.12.	Siklus Hidrologi, Data dan Hasil Pemodelan SWAT.....	51
Gambar 3. 1.	Peta Lokasi Waduk Lahor	59
Gambar 3. 2.	Peta Bentuk Sub DAS Brantas Hulu dan Stasiun Hujan Terdekat.....	60
Gambar 3. 3.	Peta Titik Pengambilan Sampel Waduk Lahor.....	63
Gambar 3. 4.	Titik Pengambilan Sampel Parameter Kualitas Air Pada Waduk Lahor	63
Gambar 3. 5.	Diagram Alir Penyelesaian Skripsi	69
Gambar 3. 6.	Diagram Alir Penyelesaian Perhitungan Status Kualitas Air Metode Indeks Pencemaran	70
Gambar 3. 7.	Diagram Alir Penyelesaian Perhitungan Pengaruh Tata Guna Lahan Terhadap Kualitas Air Menggunakan ArcSWAT	71
Gambar 4. 1.	Peta Jenis Tanah DTA Waduk Lahor	76
Gambar 4. 2.	Peta Titik Stasiun Hujan DTA Waduk Lahor.....	79
Gambar 4. 3.	Grafik Uji Konsistensi Stasiun	81
Gambar 4. 4.	Grafik Uji Konsistensi Stasiun Sutami Setelah di Koreksi	82
Gambar 4. 5.	Perbandingan Nilai DO pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor.....	91
Gambar 4. 6.	Perbandingan Nilai BOD pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor.....	94
Gambar 4. 7.	Perbandingan Nilai TSS pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor.....	97
Gambar 4. 8.	Perbandingan Nilai NO ₃ -N pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor	100
Gambar 4. 9.	Perbandingan Nilai NO ₂ -N pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor	103
Gambar 4.10.	Perbandingan Nilai NH ₃ -N pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor	105
Gambar 4.11.	Perbandingan Nilai Total-P pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor	108



Gambar 4.12.	Grafik Rekapitulasi Nilai Indeks Pencemaran Tahun 2017 dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor.....	113
Gambar 4.13.	Peta Tata Guna Lahan DTA Waduk Lahor Tahun 2009	116
Gambar 4.14.	Peta Tata Guna Lahan DTA Waduk Lahor Tahun 2017	117
Gambar 4.15.	Tampilan Data DEM (Digital Elevation Model) Pulau Jawa.....	118
Gambar 4.16.	Tampilan DEM (Digital Elevation Model) yang sudah di-clip.....	119
Gambar 4.17.	Tampilan Menu Watershed Deliniation	119
Gambar 4.18.	Hasil Jaringan Sungai	120
Gambar 4.19.	Hasil Jaringan Sungai	120
Gambar 4.20.	Tampilan menu HRU Analysis	121
Gambar 4.21.	Jendela dialog “ <i>land use data</i> ”	122
Gambar 4.22.	Jendela dialog “ <i>soil data</i> ”	123
Gambar 4.23.	Contoh Pengelompokan Data Hujan	125
Gambar 4.24.	Tampilan menu Land Cover/Plant Growth Database Edit	130
Gambar 4.25.	Tampilan Urban Area Database Edit.....	131
Gambar 4.26.	Tampilan Menu User soil database	132
Gambar 4.27.	Tampilan menu HRU Definition	134
Gambar 4.28.	Tampilan Menu Weather Data Definition	135
Gambar 4.29.	Tampilan menu Write Input Tables.....	137
Gambar 4.30.	Write SWAT Database Tables	137
Gambar 4.31.	Menu Edit SWAT Input	138
Gambar 4.32.	Tampilan menu SWAT Simulation	138
Gambar 4.33.	Tampilan menu Setup an Run SWAT Model Simulation.....	139
Gambar 4.34.	Tampilan menu simulasi ArcSWAT (Program reading from file.cio)	139
Gambar 4.35.	Tampilan menu SWAT run successful.....	140
Gambar 4.36.	Tampilan menu SWAT output	140
Gambar 4.37.	Grafik hasil simulasi debit ArcSWAT sebelum kalibrasi tahun 2009..	142
Gambar 4.38.	Grafik Korelasi debit model terhadap data terukur dilapangan tahun 2009 Sebelum kalibrasi	142
Gambar 4.39.	Grafik hasil simulasi debit ArcSWAT sebelum kalibrasi tahun 2017..	143
Gambar 4.40.	Grafik Korelasi debit model terhadap data terukur dilapangan tahun 2017 Sebelum kalibrasi	144
Gambar 4.41.	Grafik debit model terhadap data terukur tahun 2009 setelah kalibrasi	147
Gambar 4.42.	Grafik Korelasi debit model terhadap data terukur dilapangan tahun 2009 setelah kalibrasi	148
Gambar 4.43.	Grafik debit model terhadap data terukur tahun 2017 setelah kalibrasi	149
Gambar 4.44.	Grafik Korelasi debit model terhadap data terukur dilapangan tahun 2017 setelah kalibrasi	149
Gambar 4.45.	Sebaran Nilai NH ₃ -N DTA Waduk Lahor Tahun 2009	155
Gambar 4.46.	Sebaran Nilai NH ₃ -N DTA Waduk Lahor Tahun 2017	156
Gambar 4.47.	Sebaran Nilai NO ₂ -N DTA Waduk Lahor Tahun 2009	159
Gambar 4.48.	Sebaran Nilai NO ₂ -N DTA Waduk Lahor Tahun 2017	160



Gambar 4.49.	Sebaran Nilai $\text{NO}_3\text{-N}$ DTA Waduk Lahor Tahun 2009	162
Gambar 4.50.	Sebaran Nilai $\text{NO}_3\text{-N}$ DTA Waduk Lahor Tahun 2017	163
Gambar 4.51.	Sebaran Nilai DO DTA Waduk Lahor Tahun 2009	165
Gambar 4.52.	Sebaran Nilai DO DTA Waduk Lahor Tahun 2017	166
Gambar 4.53.	Sebaran Nilai BOD DTA Waduk Lahor Tahun 2009	168
Gambar 4.54.	Sebaran Nilai BOD DTA Waduk Lahor Tahun 2017	169
Gambar 4.55.	Sebaran Nilai Total P DTA Waduk Lahor Tahun 2009	171
Gambar 4.56.	Sebaran Nilai Total P DTA Waduk Lahor Tahun 2017	172
Gambar 4.57.	Grafik Perubahan Kadar Rerata $\text{NH}_3\text{-N}$ pada Waduk Lahor dari Tahun 2009 hingga 2017	174
Gambar 4.58.	Grafik Perubahan Kadar Rerata $\text{NO}_2\text{-N}$ pada Waduk Lahor dari Tahun 2009 hingga 2017	175
Gambar 4.59.	Grafik Perubahan Kadar Rerata $\text{NO}_3\text{-N}$ pada Waduk Lahor dari Tahun 2009 hingga 2017	176
Gambar 4.60.	Grafik Perubahan Kadar Rerata DO pada Waduk Lahor dari Tahun 2009 hingga 2017	177
Gambar 4.61.	Grafik Perubahan Kadar Rerata BOD pada Waduk Lahor dari Tahun 2009 hingga 2017	178
Gambar 4.62.	Grafik Perubahan Kadar Rerata Total P pada Waduk Lahor dari Tahun 2009 hingga 2017	179





Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Tabel Hasil Perhitungan.....	183
Lampiran 2.	Dokumentasi Penelitian.....	201
Lampiran 3.	Tabel Referensi Pendukung	209





Halaman ini sengaja dikosongkan

RINGKASAN

Syahrizal Mufrodi, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juni 2018, *Studi Penentuan Status Mutu Kualitas Air Waduk Berdasarkan Pengaruh Tata Guna Lahan Pada Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Lahor*. Dosen Pembimbing : Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS.

Waduk Lahor merupakan salah satu waduk di Kabupaten Malang, Jawa Timur yang dibangun dengan tujuan yaitu sebagai penyalur air untuk kegiatan pertanian, pengendali banjir, pembangkit tenaga listrik, kegiatan pariwisata dan perikanan darat. Dari berbagai tujuan dan pemanfaatan tersebut dapat memberikan beban masukan tersendiri berupa polutan bagi perairan waduk yang dapat mengganggu keberlangsungan ekosistem yang ada di daerah waduk khususnya terhadap budidaya perikanan. Selain itu Waduk Lahor dialiri oleh sungai yang akan menjadi salah satu media bagi masuknya bahan organik dan anorganik yang berasal dari lahan dan akan memberikan beban masukan bagi perairan di waduk. Beban masukan ini akan memacu proses pengkayaan unsur hara (eutrofikasi), dimana eutrofikasi ini menandakan bahwa perairan mengalami kerusakan.

Pada penelitian kali ini dalam menentukan status mutu kualitas air di Waduk Lahor diambil pengukuran sampel beberapa parameter kualitas air yang ada di perairan pada satu titik pengambilan sampel. Penentuan status mutu kualitas air menggunakan metode Indeks Pencemaran dengan acuan/ batas kelas dari Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 kelas II dengan peruntukkan budidaya perikanan di waduk dimana dalam metode ini diperoleh nilai yang dapat mencerminkan kondisi kualitas air di Waduk Lahor. Kemudian dalam menentukan pengaruh perubahan tata guna lahan di DTA Waduk Lahor digunakan metode dengan aplikasi yaitu ArcSWAT (Arc Spatial Water Analysis Assesment), dimana dalam aplikasi ini kualitas air pada daerah perairan suatu DAS dianalisa berdasarkan factor kenampakan alam seperti tinggi hujan, suhu, lama penyinaran matahari, jenis tanah, kemiringan lereng dan jenis tata guna lahan di DAS atau lokasi studi sehingga dapat disimulasikan sumber polutan di lahan dan perubahan kandungan parameter-parameter kualitas air di lahan atau di waduk selama tahun yang ingin dianalisa yaitu 2009 hingga 2017.

Hasil dari penelitian kualitas air di Waduk Lahor diperoleh mutu kualitas diperoleh pada tahun 2017 parameter kualitas air yang dominan melebihi baku mutu kelas II yaitu BOD dan NH₃-N yang tinggi. Sedangkan pada penentuan status mutu kualitas air di Waduk Lahor pada tahun 2017 di tiga kedalaman diperoleh bahwa status mutu air di Waduk Lahor yaitu tercemar ringan terhadap baku mutu PP No. 82 Tahun 2001 kelas II. Kemudian pada analisa pengaruh tata guna lahan pada DTA Waduk Lahor dengan menggunakan aplikasi ArcSWAT diperoleh bahwa jenis tata guna lahan yang dominan dalam memberi beban masukan terhadap perairan di DTA Waduk Lahor adalah pertanian ini karena pada DTA Waduk Lahor, pertanian merupakan jenis tata guna lahan yang paling mendominasi. Lalu dalam analisa perubahan kandungan parameter kualitas air di waduk selama tahun 2009 – 2017 diperoleh kandungan parameter terus mengalami fluktuasi dan cenderung meningkat dengan nilai tertinggi rata-rata terjadi pada tahun 2016.

Kata kunci : mutu air, indeks pencemaran, tata guna lahan, ArcSWAT



Halaman ini sengaja dikosongkan

SUMMARY

Syahrizal Mufrodi, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, June 2018, Study on Determination of Water Quality Status by Effect of Land Use in Lahor Watershed Catchment Area, Academic Supervisor : Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS.

Lahor Reservoir is one of the reservoirs in Malang, East Java that was built with purposes to providing water for agricultural activities, flood control, power generation, tourism activities and terrestrial fisheries. From the various purposes and utilization it can provide a separate input burden of pollutants for reservoir waters that can disrupt the sustainability of existing ecosystems in reservoir areas, especially on aquaculture. In addition, Lahor Reservoir have some rivers that will become the media for the entry of organic and inorganic materials coming from the land and will provide input burden for the waters in the reservoir. This input load will cause the process of enrichment of nutrients (eutrophication), where eutrophication indicates that the waters suffered damage.

In this research in determining the quality status of water quality in Lahor Reservoir take sample measurement of several parameters of water quality in the waters at one point of sampling. Determination of quality status of water quality using Pollution Index Method with reference / class limit from Government Regulation no. 82 Year 2001 class II for fishery in the reservoir where in this method obtained values that can reflect the condition of water quality in Lahor Reservoir. Then in determining the effect of land use change in catchment area of Lahor Reservoir use method with ArcSWAT application (Arc Spatial Water Analysis Assessment), where in this application water quality in waters area of a watershed is analyzed based on natural appearance factor such as height of rain, temperature, sun, soil type, slope and type of land use in the watershed or study site so that it can simulate the source of pollutants in the land and changes in the water quality parameters in the land or reservoir during the year to be analyzed ie 2009 to 2017.

The results of water quality research in Lahor Reservoir obtained quality in 2017, parameters of water quality that dominantly exceeds the standard class II quality that is BOD and NH₃-N high. While on the determination of the quality status of water quality in Lahor Reservoir in 2017 in three depths obtained that the water quality status in Lahor Reservoir is lightly contaminated to the quality standard of PP. 82 Year 2001 Class II. Then on the analysis of the effect of land use on DTA Lahor Reservoir by using ArcSWAT application it is found that the dominant type of land use in giving input burden to the waters at catchment area of Lahor Reservoir is agricultural land because at DTA Lahor Reservoir, agriculture is the most land use type dominate. Then in the analysis of changes in water quality parameters in the reservoir during the year 2009 - 2017 obtained parameter content continues to fluctuate and tend to increase with the highest value in 2016.

Keywords: water quality, pollution index, land use, ArcSWAT



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kualitas air pada suatu wilayah perairan seperti sungai, danau, atau waduk sangat mudah berubah baik secara alami maupun buatan yang diakibatkan oleh kegiatan manusia. Namun secara umum, ditinjau dari intensitas perubahan yang terjadi, terdapat kecenderungan perubahan kualitas air diakibatkan oleh kegiatan manusia yang lebih dominan dibandingkan dengan perubahan secara alami. Banyak kasus dimana terjadi perubahan kualitas air pada wilayah perairan yang terjadi di sekitar pusat-pusat kegiatan dari manusia, seperti pemukiman, industri, pertanian, peternakan, perkebunan, dan lain sebagainya. Kebutuhan akan air semakin lama semakin meningkat akibat jumlah dan beragam jenis kegiatan dari manusia. Sehingga kuantitas air yang dituntut sangat tinggi namun tidak diiringi dengan peningkatan kualitas air itu sendiri.

Suatu air dikatakan tercemar apabila perubahan kualitas air tersebut mencapai titik dimana dapat mengganggu pemanfaatan air. Menurut UU RI No. 4 Tahun 1982, pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup dan/atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Sungai merupakan media yang mudah sebagai tempat masuknya zat-zat pencemar, baik yang berasal dari industri, domestik, maupun organik dari pertanian, sehingga tidak mengherankan apabila saat ini hampir semua sungai di wilayah tengah hingga menuju hilir mengalami penurunan kualitas dan peningkatan zat pencemar yang tinggi. Pada masa sekarang pengaliran zat pencemar ke dalam badan sungai sangat umum dilakukan. Dengan adanya zat pencemar ke dalam sungai dapat menyebabkan perubahan kualitas perairan dan mempengaruhi keseimbangan flora dan fauna pada wilayah sungai hingga perairan waduk. Masuknya zat pencemar ke dalam sungai tentu akan terbawa hingga ke hilir sungai tersebut. Dalam proses distribusi zat pencemar tersebut, zat pencemar juga memasuki wilayah waduk yang terletak membentang pada badan sungai. Waduk adalah salah satu contoh perairan tawar buatan yang dibuat dengan cara membendung aliran air sungai

tertentu yang memiliki tujuan yaitu sebagai pencegah banjir, pembangkit tenaga listrik, pensuplai air bagi kebutuhan irigasi pertanian, untuk kegiatan perikanan baik perikanan tangkap maupun budidaya karamba, dan bahkan untuk kegiatan pariwisata. Dapat ditarik kesimpulan keberadaan waduk telah memberikan banyak sekali manfaat bagi masyarakat di sekitarnya. Namun disisi lain waduk menerima masukan air secara terus menerus dari sungai yang mengalirinya, sedangkan air sungai ini terbawa dari hulu dan menerima berbagai zat-zat asing akibat laju erosi yang mengalami peningkatan akibat perubahan-perubahan pada lahan di sekitar badan sungai dimana zat ini dapat mengandung bahan organik dan anorganik yang dapat menyuburkan perairan waduk.

Zat-zat yang umumnya terbawa oleh laju erosi akibat perubahan tata guna lahan pada wilayah di sekitar badan sungai hingga terakumulasi di waduk adalah zat-zat seperti nitrogen, fosfor hingga padatan tersuspensi, zat-zat ini yang dapat mempengaruhi perubahan pada kondisi flora dan fauna yang terdapat pada perairan waduk dan menyebabkan keseimbangan ekosistem di waduk menjadi terganggu.

Salah satu waduk yang mungkin terkena dampak dari perubahan tata guna lahan adalah Bendungan Lahor, Bendungan Lahor atau Waduk Lahor dibangun tahun 1972, dan mulai beroperasi sejak November 1977 merupakan bagian dari Proyek pengembangan wilayah sungai Brantas yang dilaksanakan secara terpadu oleh Badan Proyek Brantas, atau lengkapnya Badan Pelaksana Induk Pengembangan Wilayah Sungai Brantas. Waduk Lahor ini dialiri oleh tiga buah sungai yaitu sungai Lahor, sungai Leso dan sungai Dewi. Waduk mempunyai luas 2,6 km² atau 260 Ha, terletak kurang lebih 1,5 km di sebelah utara proyek Bendungan serbaguna Karangates, dan kurang lebih 32 km di sebelah selatan kota Malang ke arah kota Blitar. Waduk ini menjadi salah satu inlet (daerah aliran masuk) dari waduk Sutami yang merupakan waduk terbesar di Jawa Timur.

Dengan adanya sungai yang mengalir waduk Lahor, maka akan menjadi salah satu media bagi masuknya bahan organik dan anorganik yang berasal dari berbagai aktivitas di sekitar waduk dan sungai-sungai tersebut. Beban masukan ini akan memacu proses pengkayaan unsur hara (eutrofikasi), dimana eutrofikasi ini menandakan bahwa perairan mengalami kerusakan, karena dari eutrofikasi ini akan menyebabkan terjadinya proses sedimentasi bahkan bias sampai membentuk daratan baru.

Oleh karena itu diperlukan suatu penelitian guna menentukan tingkat beban pencemaran yang masuk ke dalam tampungan waduk dengan melakukan penelitian di waduk dengan membandingkan kualitas air waduk dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah, selain itu ditentukan juga status mutu pencemaran air pada

Waduk Lahor agar dapat mengetahui kelas air Waduk Lahor apakah sesuai dengan peruntukannya serta perlunya membaca/ memprediksi besaran serta sebaran polutan akibat perubahan tata guna lahan di Daerah Tangkapan Air Waduk Lahor yang masuk terhadap parameter-parameter seperti nitrogen, fosfor, dan lain sebagainya dalam menentukan upaya tindak lanjut berupa konservasi agar dapat mencapai target kelas kualitas air yang sesuai dengan peruntukkan Waduk Lahor.

1.2. Identifikasi Masalah

Waduk Lahor dibangun dengan tujuan sebagai pensuplai air untuk kegiatan pertanian, pengendali banjir, pembangkit tenaga listrik, kegiatan pariwisata dan perikanan darat. Dari berbagai tujuan dan pemanfaatan tersebut, pariwisata, pertanian dan kegiatan perikanan darat dapat memberikan beban masukan tersendiri bagi perairan waduk. Waduk ini dialiri oleh sungai dan juga terdapat berbagai aktivitas masyarakat yang berpengaruh pada tata guna lahan yang juga dapat memberikan beban masukan bagi perairan waduk.

Beban masukan pada Waduk Lahor tersebut akan menjadi sumber penambahan unsur hara perairan yang juga dapat menyebabkan terjadinya berbagai masalah perairan, seperti proses eutrofikasi yang terjadi ketika beban masukan tersebut berlebihan sehingga menyebabkan turunnya kualitas air, sehingga akan mengganggu pula kehidupan fitoplankton sebagai produsen primer perairan. Selain itu beban masukan tersebut juga dapat menyebabkan terjadinya sedimentasi, karena beban masukan tersebut bisa berupa partikel-partikel tanah dan sebagainya yang terbawa sebagai akibat dari erosi yang terjadi di daerah hulu. Akibatnya akan menyebabkan turunnya lapisan produktif perairan, dapat memperpendek umur waduk serta dapat menurunkan kemampuan waduk dalam budidaya perikanan di lokasi waduk.

Terdapat 5 syarat air yang dapat digunakan untuk budidaya perikanan diantaranya adalah air harus memiliki kadar amonia dan nitrat yang rendah, bersih secara kimiawi atau tidak mengandung logam berat berbahaya, memiliki pH, kesadahan, dan temperatur yang sesuai serta rendah kadar cemaran organik dan airnya stabil. Apabila persyaratan tersebut diatas dapat dijaga dan dipelihara dengan baik, makan ikan akan dapat bertahan hidup, terbebas dari berbagai macam penyakit, dan dapat berkembang biak dengan baik. (Soemarto, 1995)

Evaluasi yang dilakukan secara rutin terhadap perubahan serta perkembangan kualitas air pada Waduk Lahor melupakan langkah penanganan yang tepat dapat dilakukan dalam menanggulangi dan/atau meminimalisir peningkatan beban masukan pada waduk. Dalam

kegiatan evaluasi kualitas air pada waduk dapat menggunakan teknologi dengan Sistem Ilmu Geografis (SIG) agar lebih efektif dan efisien.

Hasil analisa dari pemodelan kualitas air dengan SIG selain efektif dan efisien, juga dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya. Salah satu perangkat lunak (*Software*) SIG yang dapat digunakan dalam pemodelan kualitas air adalah *Arc Spatial Watershed Assesment Tools* atau dapat disingkat dengan ArcSWAT. Aplikasi ini dirancang untuk menggambarkan dengan lengkap permasalahan pada sumber daya air, termasuk pemodelan kualitas air pada sungai dan waduk.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang ada, rumusan masalah yang akan dibahas pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas air pada Waduk Lahor terhadap baku mutu kualitas air untuk mengetahui beban masukan pada waduk terhadap parameter-parameter yaitu: Kadar Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), Nitrit, ($\text{NO}_2\text{-N}$), Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) , Kadar Total-P, BOD, DO, dan TSS ?
2. Bagaimana status mutu air pada Waduk Lahor untuk usaha budidaya perikanan pada waduk menggunakan Metode Indeks Pencemaran?
3. Bagaimana pengaruh pola perubahan tata guna lahan pada Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Lahor dari tahun 2009 hingga tahun 2017 terhadap kualitas air waduk?

1.4. Batasan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas agar pembahasan dalam penelitian lebih terarah maka batasan masalah pada laporan ini yaitu:

1. Daerah yang digunakan dalam penelitian ini adalah Waduk Lahor, Kecamatan Sumberpucung, Kabupaten Malang.
2. Parameter kimia yang diteliti meliputi kadar Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$), Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) , Kadar Total-P, BOD, DO, dan TSS sebagai data sekunder.
3. Dalam penelitian ini membahas status mutu air Waduk Lahor dengan menggunakan metode Indeks Pencemaran.
4. Dalam Analisa perubahan tata guna lahan DTA Waduk Lahor digunakan analisa ArcSWAT pada tahun 2009 dan 2017
5. Tidak membahas hidrolika sungai.
6. Tidak membahas tingkat erosi dan sedimentasi lahan pada DTA Waduk Lahor

7. Tidak membahas dasar-dasar dari aplikasi ArcSWAT
8. Tidak membahas status trofik pada waduk
9. Tidak menjelaskan/ merekomendasikan tentang upaya konservasi Waduk Lahor

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kualitas air dari Waduk Lahor terhadap Kadar Nitrat (NO_3), Amonia (NH_3), Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$), Kadar Total-P, BOD, DO, dan TSS dibandingkan dengan baku mutu air.
2. Mengetahui status mutu air pada Waduk Lahor dengan metode Indeks Pencemaran.
3. Mengetahui tingkat pencemaran di Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Lahor akibat tata guna lahan di lokasi studi.
4. Mengetahui prosentase pola perubahan tata guna lahan dari tahun 2009 hingga tahun 2017, kandungan polutan yang mengalami perubahan, dan pengaruhnya terhadap kualitas air di waduk
5. Mengetahui kelayakan kualitas air pada Waduk Lahor terhadap budidaya perikanan di waduk.

1.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Melestarikan Waduk Lahor guna pembudidayaan perikanan air tawar sebagaimana mestinya
2. Membantu masyarakat sekitar dalam memulihkan peruntukan waduk sebagai tempat pembudidayaan perikanan air tawar yang dapat meningkatkan fungsi ekonomi masyarakat sebagai mata pencaharian
3. Mengetahui dan mengevaluasi kondisi kualitas air pada Waduk Lahor dari segi parameter-parameter kualitas air yang masuk ke Waduk Lahor dalam upaya menganalisa pengaruh dari tata guna lahan yang ada pada Daerah Tangkapan Air Waduk Lahor terhadap berbagai parameter kualitas air yang masuk ke Waduk Lahor dan juga untuk upaya konservasi terhadap Waduk Lahor dalam peningkatan kualitas serta kuantitas dari pembudidayaan ikan keramba jaring apung di tampungan Waduk Lahor



Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ekosistem Perairan

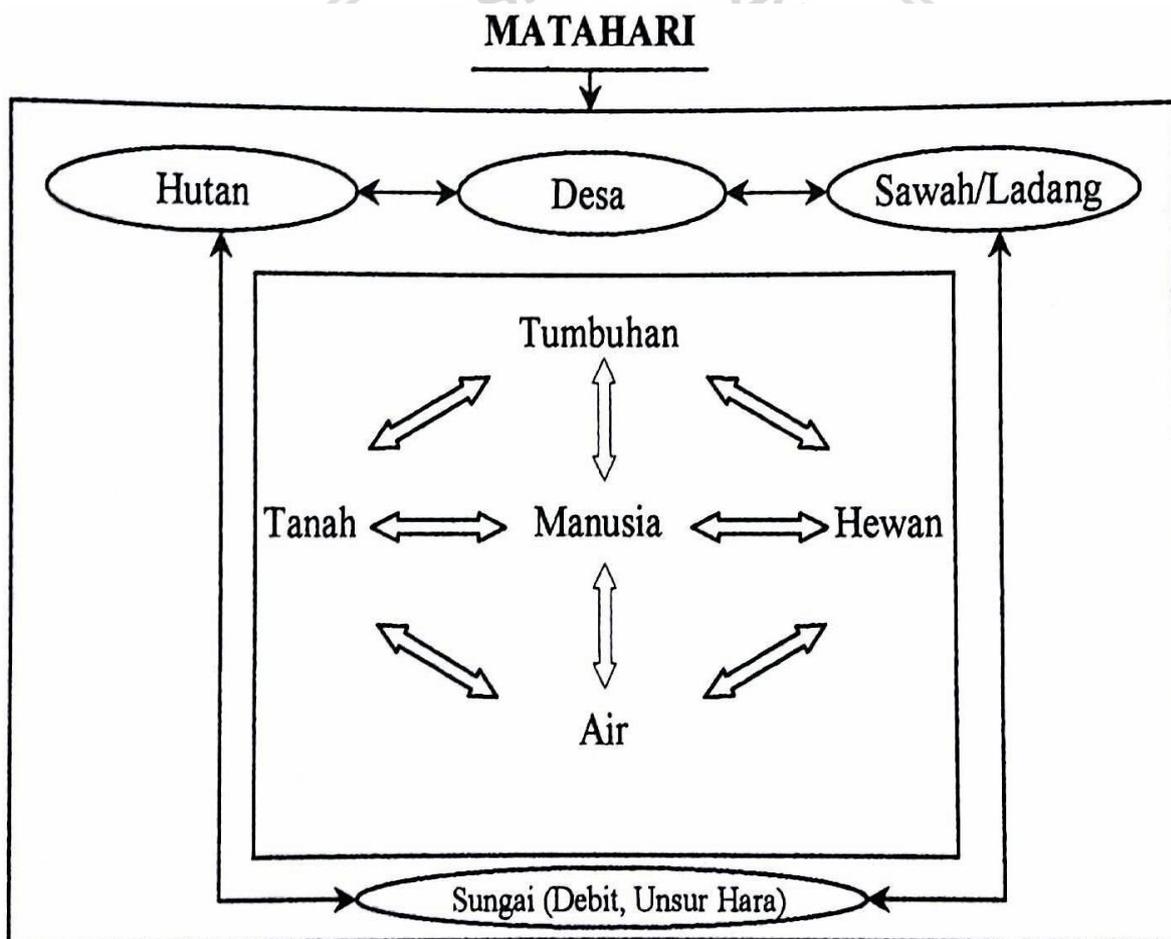
Air menutupi sekitar 70% permukaan bumi, dengan jumlah sekitar 1.368 juta km³. Air terdapat dalam berbagai bentuk, misalnya uap air, es, cairan dan salju. Air tawar terutama terdapat di sungai, danau, air tanah, dan gunung es. Semua badan air di daratan dihubungkan dengan laut dan atmosfer melalui siklus hidrologi yang berlangsung secara kontinyu (Effendi, 2017).

Air tawar berasal dari dua sumber, yaitu air permukaan (surface water) dan air tanah (ground water). Air permukaan adalah air yang berada di sungai, waduk, danau, rawa dan badan air lainnya yang tidak mengalami infiltrasi ke bawah tanah. Areal tanah yang mengalirkan air ke suatu badan air disebut watersheds atau drainage basin. Air yang mengalir dari daratan menuju suatu badan air disebut limpasan permukaan (surface run off), dan air yang mengalir di sungai menuju laut disebut aliran air sungai. Sekitar 69% air yang masuk ke sungai berasal dari hujan, pencairan es atau salju, dan sisanya berasal dari air tanah.

Ekosistem perairan tawar sendiri dapat dibedakan menjadi dua yaitu ekosistem perairan tawar tertutup dan ekosistem perairan tawar terbuka. Ekosistem perairan tawar tertutup adalah ekosistem yang dapat dilindungi terhadap pengaruh dari luar, sedangkan ekosistem perairan tawar terbuka adalah ekosistem perairan yang tidak atau sulit dilindungi terhadap pengaruh dari luar. Ekosistem perairan tawar terbuka dibedakan menjadi dua yaitu ekosistem perairan tawar yang mengalir dan ekosistem perairan tawar yang menggenang. Contoh dari perairan menggenang atau tidak mengalir (lentic waters) yaitu danau, waduk dan rawa. Perairan ini memiliki aliran air yang terus mengalir pada tiap waktunya akan tetapi aliran – aliran tersebut tidak memiliki peranan yang terlalu penting, hal ini dikarenakan aliran pada jenis perairan ini tidaklah besar dan tidak terlalu mempengaruhi kehidupan jasad–jasad yang ada di dalamnya. Sedangkan yang memegang peranan sangat penting dan berpengaruh besar terhadap kondisi jasad–jasad hidup yang ada di dalamnya adalah terbaginya jenis-jenis perairan tersebut menjadi beberapa lapisan yaitu dari atas ke bawah (stratifikasi) yang berbeda–beda karakteristiknya apabila airnya berhenti. Perairan mengalir (lotic waters) adalah mata air dan sungai. Aliran air pada perairan ini biasanya terjadi karena perbedaan ketinggian antara tempat yang daerahnya yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah.

2.1.1. Ekosistem DAS

Daerah Aliran Sungai (DAS) 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 suatu kesatuan teratur. Aktivitas suatu komponen ekosistem selalu memberi pengaruh pada komponen ekosistem yang lain. Manusia adalah salah satu komponen penting. Sebagai komponen yang dinamis, manusia dalam menjalankan aktivitasnya seringkali mengakibatkan dampak pada salah satu komponen lingkungan, dan dengan demikian akan mempengaruhi ekosistem secara keseluruhan. Pada gambar 2.1 menunjukkan bahwa adanya hubungan timbal balik antar komponen ekosistem DAS, maka apabila terjadi perubahan pada salah satu komponen lingkungan, ia akan mempengaruhi komponen-komponen yang lain. Perubahan komponen-komponen tersebut akan mempengaruhi keutuhan sistem ekologi di daerah tersebut (Asdak, 2002).



Gambar 2.1. Komponen-komponen ekosistem DAS

Sumber: Asdak (2002,p.5)

Ekosistem DAS hulu merupakan bagian yang penting karena mempunyai fungsi perlindungan terhadap seluruh bagian DAS. Perlindungan ini antara lain dari segi fungsi tata

air, sehingga DAS hulu seharusnya menjadi fokus perencanaan pengelolaan DAS mengingat bahwa dalam suatu DAS, daerah hulu dan hilir mempunyai keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi. Proses yang berlangsung dalam suatu ekosistem DAS, dengan input curah hujan dan output berupa debit aliran dan/atau muatan sedimen. Curah hujan, jenis tanah kemiringan lereng, vegetasi, dan aktivitas manusia mempunyai peranan penting untuk berlangsungnya proses sedimentasi.

Waduk merupakan salah satu perairan umum yang merupakan perairan buatan (artificial water-bodies), dibuat dengan cara membendung badan sungai tertentu (Wiadnya, et al., 1993). Pembuatan waduk pada umumnya bertujuan untuk sumber air minum, PLTA, pengendali banjir, pengembangan perikanan darat, irigasi dan pariwisata. Waduk demikian disebut dengan waduk serbaguna (Ewusie, 1990). Ekosistem perairan waduk terdiri dari komponen biotik, seperti ikan, plankton, macrophyta, benthos dan sebagainya yang berhubungan timbal balik dengan komponen abiotik seperti tanah, air dan sebagainya.

2.1.2. Waduk

Waduk merupakan perairan air tawar yang dibuat manusia dengan cara membendung sungai tertentu dengan berbagai tujuan seperti irigasi sawah, pengendali banjir, pembangkit listrik, kegiatan perikanan baik perikanan tangkap maupun perikanan budidaya seperti adanya keramba dan bahkan untuk kegiatan pariwisata (Apridayanti, 2008).

Waduk yang dibangun di dataran tinggi umumnya berdasar dan bertebing curam sehingga metode hampang sulit diterapkan. Di perairan dalam dapat diterapkan metode sangkar dan keramba jaring apung. Teluk-teluk yang ada di waduk dataran tinggi merupakan lokasi yang ideal karna terlindung dari tiupan angin dan gelombang. Waduk dataran tinggi umumnya terbentuk badan air yang dalam dan sempit. Badan air yang dalam dan sempit akan menimbulkan pelapisan air sebagai akibat tidak terjadi pengadukan yang biasa dilakukan oleh angin. Terjadinya pelapisan air akan menyebabkan penghambatan pada distribusi bahan organik dan gas secara vertikal. Bahan organik tertumpuk di dasar perairan dan terjadi proses pembusukan. Dengan demikian, kandungan oksigen di dasar waduk rendah, tetapi kandungan amonia dan gas-gas lain yang beracun cukup tinggi (Ghufran M, 2007). Suhu udara di dataran tinggi relatif rendah, demikian juga suhu airnya. Curah hujan relatif tinggi, sebaliknya apabila intensitas sinar matahari rendah. Suhu air pada lapisan bawah badan air dalam waduk dataran tinggi sedikit lebih dingin dibanding dengan lapisan permukaan. Suhu air lapisan atas dipengaruhi oleh intensitas sinar matahari. Penurunan suhu udara pada malam hari, pada waktu hujan atau pada waktu sinar matahari terhalang oleh

awan, asap, debu atau pelindung lainnya, akan menurunkan suhu air permukaan. Jika proses penurunan suhu udara berlanjut sehingga suhu air permukaan sama dengan suhu air lapisan bawah maka akan terjadi proses pencampuran. Apabila penurunan suhu air permukaan terus berlanjut sehingga lebih dingin dibanding suhu air dasar maka akan terjadi proses pembalikan atau umbalan. Karena proses pembalikan maka kondisi kurang baik yang ada dalam air lapisan dasar terbawa ke permukaan dan akan membunuh organisme termasuk ikan yang dipelihara. Untuk itu sebelum dilakukan usaha pemeliharaan ikan, perlu penelitian terlebih dahulu tentang kemungkinan pelapisan air terutama di waduk dataran tinggi (Jangkaru 2005 dalam Ghufuran M, 2007)

Menurut Apridayanti (2008), berdasarkan fungsinya waduk diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu:

1. Waduk eka guna (*single purpose*)

Waduk eka guna merupakan waduk yang dioperasikan untuk memenuhi satu kebutuhan saja, sebagai contohnya untuk kebutuhan air irigasi, air baku atau PLTA. Pengoperasian waduk eka guna lebih mudah dibandingkan dengan waduk multi guna dikarenakan tidak adanya konflik kepentingan di dalam pengoperasian yang dilakukan hanya mempertimbangkan pemenuhan satu kebutuhan.

2. Waduk multiguna (*multi purpose*)

Waduk multi guna merupakan waduk yang dioperasikan untuk memenuhi berbagai kebutuhan yang lebih dari satu, misalnya waduk untuk memenuhi kebutuhan air, irigasi, air baku, PLTA. Kombinasi dari berbagai kebutuhan ini dimaksudkan untuk dapat mengoptimalkan fungsi waduk dan meningkatkan kelayakan pembangunan suatu waduk sehingga fungsinya dapat berjalan dengan baik.

2.2. Hidrologi

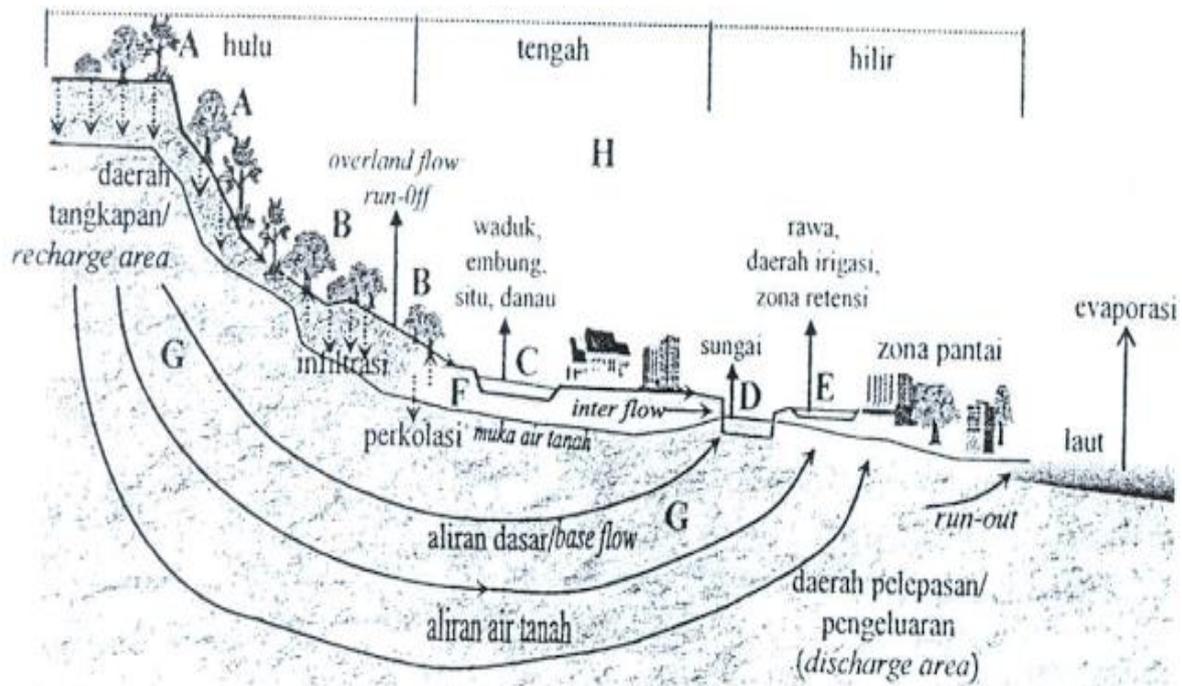
Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari mengenai segala bentuk (cairan, gas, dan padat) pada, dalam, dan diatas permukaan tanah. Termasuk di dalamnya adalah penyebaran, daur, dan perilakunya, sifat-sifat fisika dan kimianya, serta hubungannya dengan unsur-unsur hidup di dalam air itu sendiri. Sedangkan hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah cabang dari ilmu hidrologi itu sendiri, yang mempelajari pengaruh pengelolaan vegetasi dan lahan di daerah tangkapan air bagian hulu (*upper catchment*) terhadap daur air, termasuk pengaruhnya terhadap erosi, kualitas air, banjir, dan iklim di daerah hulu dan hilir (Asdak, 2002).

2.2.1. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah pola sirkulasi air dalam ekosistem perairan. Secara alamiah 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) di sungai, danau/ waduk, dan dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia dan makhluk hidup lainnya. Siklus hidrologi dapat ditunjukkan seperti terlihat pada gambar 2.1. 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 dan apabila keadaan atmosfer memungkinkan, sebagian dari uap air tersebut akan terkondensasi dan turun sebagai hujan.

Sebelum mencapai permukaan tanah air, air hujan tersebut akan tertahan oleh tajuk vegetasi. Sebagian dari air hujan tersebut akan tersimpan di permukaan daun selama proses pembasahan tajuk vegetasi, dan sebagian air akan jatuh ke permukaan tanah melalui sela-sela daun (*throughfall*) atau mengalir ke bawah melalui permukaan batang pohon (*stemflow*). Sebagian air hujan tidak akan pernah sampai di permukaan tanah, melainkan ter-evaporasi kembali ke atmosfer selama dan setelah berlangsungnya hujan (*interception loss*). Air hujan yang dapat mencapai permukaan tanah, sebagian akan masuk (terserap) ke dalam tanah (infiltrasi), dan sisanya akan tertampung sementara dalam cekungan-cekungan permukaan tanah (*surface detention*) untuk kemudian mengalir di atas permukaan tanah ke tempat yang lebih rendah (*run off*), untuk selanjutnya masuk ke sungai.

Air infiltrasi akan tertahan di dalam tanah oleh gaya kapiler yang selanjutnya akan membentuk kelembapan tanah, apabila kelembapan tanah sudah cukup jenuh maka air hujan tersebut akan bergerak secara lateral (horizontal) untuk selanjutnya pada tempat tertentu akan keluar lagi ke permukaan tanah (*subsurface flow*) dan akhirnya mengalir menuju sungai. Air hujan yang masuk ke dalam tanah tersebut dapat pula bergerak secara vertikal ke tanah yang lebih dalam dan menjadi bagian dari air tanah (*ground water*). Air tanah tersebut pada musim kemarau akan mengalir pelan-pelan ke sungai, danau, atau tempat penampungan alamiah lainnya (*baseflow*). Sebagian air infiltrasi yang tetap tinggal dalam lapisan tanah atas (*top soil*) kemudian diuapkan kembali ke atmosfer melalui permukaan tanah (*soil evaporation*) dan melalui permukaan vegetasi (*transpiration*). (Lutfian, A., 2007)



Gambar 2.2 Siklus Hidrologi

Sumber: Brooks dkk, 1991; Dunne & Leopold, 1978; Kodoatie & Sjarief, (2008,p,11)

2.3 Analisis Hidrologi

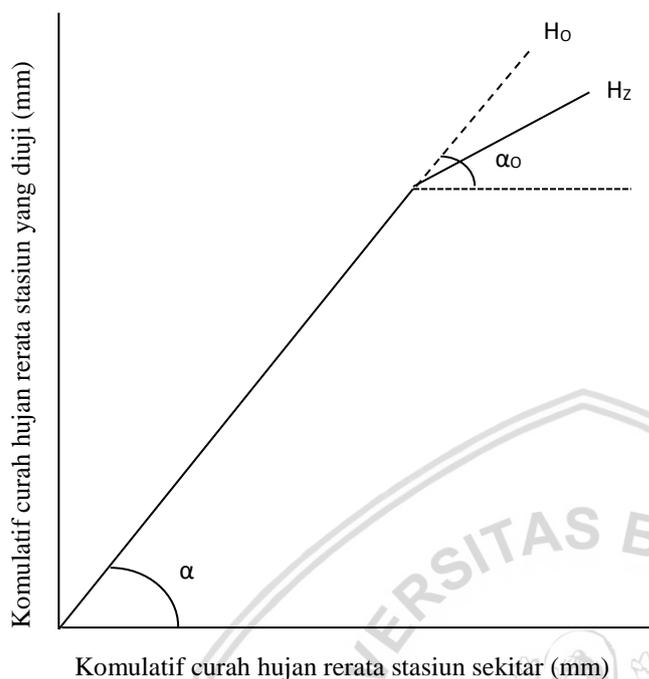
2.3.1. Uji Konsistensi Data Curah Hujan

Dalam penelitian ini uji konsistensi yang akan dipakai adalah uji konsistensi lengkung massa ganda (*double mass curve*) hal ini dikarenakan jumlah stasiun hujan di DTA Waduk Lahor ada 4 stasiun hujan Data hujan yang diambil dari berbagai stasiun hujan diuji untuk mengetahui apakah data tersebut konsisten atau tidak. Data yang tidak konsisten dapat disebabkan oleh berbagai faktor antara lain:

- Perubahan mendadak pada sistem lingkungan hidrologis, antara lain adanya pembangunan gedung - gedung baru, tumbuhnya pohon - pohon, gempa bumi, gunung meletus dan lain-lain.
- Pemindahan alat pengukur hujan.
- Perubahan cara pengukuran, misalnya berhubungan dengan adanya alat baru atau metode baru.

Uji konsistensi dapat dilakukan dengan menggunakan kurva massa ganda (*double mass curve*). Dengan metode ini dapat dilakukan dengan koreksi untuk data hujan yang tidak konsisten. Langkah yang dilakukan adalah membandingkan harga akumulasi curah hujan tahunan pada stasiun yang diuji dengan akumulasi curah hujan tahunan rerata dari suatu jaringan dasar stasiun hujan yang berkesesuaian, kemudian diplotkan pada kurva. Jaringan ini dipilih dari stasiun-stasiun hujan yang berdekatan

dengan stasiun yang diuji dan memiliki kondisi meteorologi yang sama dengan stasiun yang diuji (Subarkah, 1980, p. 28).



Gambar 2.3 Lengkung massa ganda (*double mass curve*).
 Sumber: Harto (1993,p.46)

Dari gambar diatas akan diperoleh garis ABC bila tidak ada perubahan terhadap lingkungan. Tetapi bila pada tahun tertentu terjadi perubahan lingkungan maka didapat garis patah ABC'. Penyimpangan tiba – tiba dari garis semula menunjukkan adanya perubahan tiba – tiba dalam pengamatan. Jadi perubahan tersebut bukan disebabkan oleh perubahan iklim atau keadaan hidrologis yang dapat menyebabkan adanya perubahan trend. Apabila terjadi penyimpangan (ABC') maka dikoreksi dengan rumus (Nemec, 1973,p.179)

$$Tga = \frac{y}{x} = \frac{Hz}{x_0} \dots\dots\dots (2-1)$$

$$Tga_0 = \frac{y_0}{x_0} = \frac{H_0}{x_0} \dots\dots\dots (2-2)$$

$$Hz = \frac{Tga}{Tga_0} \cdot H_0 \dots\dots\dots (2-3)$$

dengan:

Hz = Data curah hujan yang telah di koreksi

H0 = Data curah hujan tahunan hasil pengamatan

Tg α = Kemiringan setelah dikoreksi

Tg α 0 = Kemiringan awal

A = sudut yang dibentuk oleh garis data hujan yang membelok dengan garis sejajar absis. Absis merupakan jumlah rata stasiun yang ada.

2.3.2. Uji Ketidak-adaan Trend

Data hujan yang nilainya menunjukkan gerakan yang berjangka panjang dan mempunyai kecenderungan menuju kesatu arah, arah menaik atau menurun disebut pola atau trend (*trend*). Umumnya meliputi gerakan yang lamanya lebih dari 10 tahun. Apabila dalam deret berkala menunjukkan adanya trend maka datanya tidak disarankan untuk digunakan dalam analisa hidrologi, misalnya analisis peluang dan simulasi. Apabila deret berkala itu menunjukkan adanya trend, maka analisis hidrologi harus mengikuti garis trend yang dihasilkan, misal analisis regresi. Ketidak-adaan trend dapat diuji dengan banyak cara. Beberapa metode statistik yang dapat digunakan untuk menguji ketidakaadaan trend dalam deret berkala:

- Korelasi peringkat metode *Spearman*
- *Mann* dan *Withney*
- Tanda dari *Cox* dan *Stuart*

Dalam penelitian ini, diambil Uji *Mann* dan *Whitney*. Rumus koefisien korelasi peringkat metode *spearman*:

$$Z = \frac{U - (N_1 N_2)}{2} \dots\dots\dots (2-4)$$

$$\left(\frac{1}{12} \{ N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1) \} \right)^{1/2}$$

dengan:

Z = Koefisien Uji *Mann-Whitney*

U = parameter statistik perhitungan Uji *Mann Whitney*

N1, N2 = Jumlah data dari tiap kelas

2.3.3. Uji Stasioner

Setelah dilakukan pengujian ketidak-adaan trend, apabila deret berkala tersebut tidak menunjukkan adanya trend sebelum data deret berkala digunakan untuk analisis lanjutan harus dilakukan uji stasioner. Uji stasioner dimaksudkan untuk menguji kestabilan varian dan rata – rata deret berkala. Pengujian nilai varian deret berkala dapat dilakukan dengan uji F. Data deret berkala dibagi menjadi dua kelompok atau

lebih, setiap dua kelompok uji menggunakan Uji-F. Apabila hasil pengujian ternyata hipotesis nol ditolak, berarti nilai varian tidak stabil atau tidak homogen.

Deret berkala yang nilai variannya tidak homogen berarti deret tersebut tidak stasioner, dan tidak perlu melakukan pengujian lanjutan. Akan tetapi bila hipotesis nol untuk varian tersebut menunjukkan stasioner, maka pengujian selanjutnya adalah menguji kestabilan nilai rata – ratanya (Uji T). seperti dalam pengujian kestabilan nilai varian, maka dalam pengujian nilai rata – rata, data deret berkala dibagi menjadi dua kelompok atau lebih. Setiap pasangan 2 kelompok diuji. Apabila dalam pengujian ternyata hipotesis nol ditolak, berarti nilai rata-rata setiap dua kelompok tidak homogen dan deret berkala tersebut tidak stasioner pada derajat kepercayaan tertentu. Setiap kelompok diuji dengan menggunakan perhitungan Distribusi F . Apabila nilai varian stabil, maka dilanjutkan dengan menguji kestabilan nilai rata-ratanya. Sedangkan apabila nilai varian tidak stabil, maka tidak perlu menguji kestabilan nilai rata-rata. Langkah – langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Kestabilan Varian (Uji- F)

1. H_0 : varian data stabil
 H_1 : varian data tidak stabil
2. Menentukan taraf signifikansi
3. Statistik uji :

$$F = \frac{N_1 \cdot S_1^2 (N_2 - 1)}{N_2 \cdot S_2^2 (N_1 - 1)} \dots \dots \dots (2-5)$$

dengan:

F = nilai hitung uji F

N_1 = jumlah data kelompok 1

N_2 = jumlah data kelompok 2

S_1 = standar deviasi data kelompok 1

S_2 = standar deviasi data kelompok 2

dengan derajat bebas (df):

$df_1 = N_1 - 1$

$df_2 = N_2 - 1$

4. Menentukan F kritis yang diperoleh dari tabel uji F dengan derajat kebebasan $df = N_1 + N_2 - 2$ (tabel dapat dilihat pada lampiran)
5. Pengambilan keputusan:

- F hitung $< F$ kritis maka H_0 diterima
- F hitung $> F$ kritis maka H_0 ditolak

b. Uji kestabilan rata - rata (Uji- t)

1. H_0 = rata-rata data stabil
 H_1 = rata-rata data tidak stabil
2. Menentukan taraf signifikansi
3. Statistik uji :

$$\sigma = \left(\frac{N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2-6)$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (2-7)$$

dengan :

- t = nilai hitung uji t
- N_1 = jumlah data kelompok 1
- N_2 = jumlah data kelompok 2
- \bar{X}_1 = nilai rata-rata data kelompok 1
- \bar{X}_2 = nilai rata-rata data kelompok 2
- S_1 = standar deviasi data kelompok 1
- S_2 = standar deviasi data kelompok 2

4. Menentukan t kritis yang diperoleh dari tabel uji t dengan derajat kebebasan $df = N_1 + N_2 - 2$ (tabel dapat dilihat pada lampiran). Pengujian dua sisi.
5. Pengambilan keputusan:
 - t hitung $< t$ kritis maka H_0 diterima
 - t hitung $> t$ kritis maka H_0 ditolak

2.3.4. Analisis Curah Hujan Rerata Daerah

Hujan yang turun ke bumi dapat merata di seluruh kawasan yang luas atau bisa terjadi hanya bersifat setempat. Hujan yang bersifat setempat adalah curah hujan yang diukur dari suatu pos hujan belum tentu dapat mewakili hujan untuk kawasan yang lebih luas, kecuali untuk lokasi di sekitar pos hujan tersebut. Curah hujan yang

diukur dari suatu pos hujan dapat mewakili karakteristik hujan untuk daerah yang luas, dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

- a. Jarak pos hujan sampai titik tengah kawasan yang dihitung curah hujannya
- b. Luas daerah
- c. Topografi
- d. Sifat hujan

Beberapa metode pendekatan yang dianggap dapat digunakan untuk menentukan tinggi curah hujan rata-rata adalah (1) Metode Rata-rata Aritmatik, (2) Metode Poligon Thiessen, dan (3) Metode Isohiet. Pada studi digunakan metode poligon thiessen.

2.3.4.1. Metode Rata-rata Aritmatik

Metode ini adalah yang paling sederhana untuk menghitung hujan rerata pada suatu daerah. Pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan biasanya adalah yang berada di dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan. Persamaan yang digunakan pada metode Aritmatik adalah sebagai berikut: (Triatmodjo, 2008,p.31)

$$P = \frac{1}{n}(P_1+P_2+\dots+P_n) \dots\dots\dots (2-8)$$

dengan:

- P = Curah hujan daerah (mm)
 n = Jumlah titik-titik (stasiun-stasiun) pengamat hujan
 P_1, P_2, \dots, P_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan

2.3.4.2. Metode Poligon Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata, pada metode ini stasiun hujan minimal yang digunakan untuk perhitungan adalah tiga stasiun hujan. Hitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun. (Triatmodjo, 2008,p.33). Pada gambar 2.4. merupakan contoh penggambaran poligon thiessen. Pembentukan poligon thiessen adalah sebagai berikut:

- Stasiun pencatat hujan digambarkan pada peta DAS yang ditinjau, termasuk stasiun hujan di luar DAS yang berdekatan.
- Stasiun-stasiun tersebut dihubungkan dengan garis lurus sehingga membentuk segitiga-segitiga, yang sebaiknya mempunyai sisi dengan panjang yang kira-kira sama.
- Dibuat garis berat pada sisi-sisi segitiga seperti ditunjukkan dengan garis penuh pada Gambar 2.4.
- Garis-garis berat tersebut membentuk poligon yang mengelilingi tiap stasiun. Tiap stasiun mewakili luasan yang dibentuk oleh poligon. Untuk stasiun yang berada di dekat batas DAS, garis batas DAS membentuk batas tertutup dari poligon.
- Luas tiap poligon diukur dan kemudian dikalikan dengan kedalaman hujan di stasiun yang berada di dalam poligon.
- Jumlah dari hitungan pada langkah e untuk semua stasiun dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan hujan merata daerah tersebut.

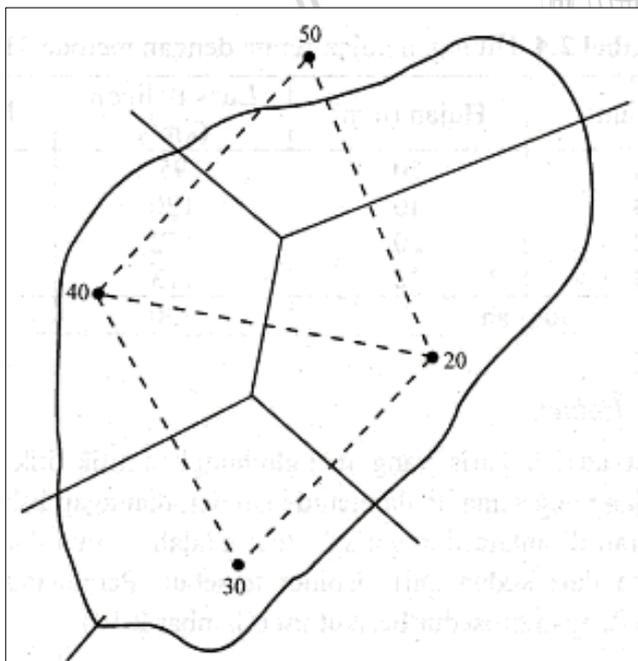
$$\bar{P} = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + \dots + A_nP_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2-9)$$

dengan:

\bar{P} = hujan merata kawasan

P_1, P_2, \dots, P_n = hujan pada stasiun 1, 2, 3, ..., n

A_1, A_2, \dots, A_n = luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, 3, ..., n



Gambar 2.4. Poligon Thiessen
Sumber: Triatmodjo, (2008,p.34)

2.3.4.3. Metode Isohiet

Isohyet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode isohiet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis isohiet adalah merata dan sama dengan nilai rerata dari kedua garis isohiet tersebut. Metode Isohiet merupakan cara yang paling teliti untuk menghitung kedalaman hujan rata-rata di suatu daerah. Pada metode ini stasiun hujan harus banyak dan tersebar merata. (Triatmodjo, 2008,p.35)

$$P = \frac{A_1\left(\frac{P_1+P_2}{2}\right)+A_2\left(\frac{P_1+P_2}{2}\right)+\dots+A_n\left(\frac{P_n+P_{n+1}}{2}\right)}{A_1+A_2+\dots+A_n} \dots\dots\dots (2-10)$$

dengan:

P = Rata rata curah hujan wilayah (mm)

$P_1, P_2, \dots P_n$ = Curah hujan masing masing isohiet (mm)

$A_1, A_2, \dots A_n$ = Luas wilayah antara 2 isohiet (km²)

2.4. Pencemaran Air

Pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup,zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga mutu air menurun hingga tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai peruntukannya (Permeneg LH No. 01 Pasal 1, 2010)

Pencemaran air yang dilakukan oleh manusia dapat timbul dari berbagai macam kegiatan, baik disengaja ataupun tidak, dan pada umumnya berpengaruh besar bagi lingkungan akibat dari pencemaran tersebut. Pencemaran apabila tidak dicegah atau diminimalisir pada dasarnya akan membahayakan dan merugikan bagi manusia dari segi kesehatan maupun kehidupan sosial atau kelangsungan makhluk hidup

Pencemaran air berdampak bagi organisme dan tanaman di dalam badan air. Dalam banyak kasus, efek ini merusak tidak hanya populasi dan spesies individu namun juga komunitas biologi alami. Pencemaran air merupakan masalah global yang memerlukan evaluasi segera serta kebijakan sumber air pada semua level.

Bahan-bahan penyebab pencemaran di daerah perairan sangat banyak jenisnya dan tiap jenis memiliki pengaruh yang berbeda-beda, jenis dari bahan pencemar tersebut terdiri dari dari bahan-bahan kimia, bahan pencemar air organik hingga bahan pencemar anorganik. Pencemaran yang diakibatkan oleh limbah pertanian seperti pupuk organik dengan

kandungan nitrogen dan fosfat yang larut dalam air dapat menyuburkan lingkungan air (eutrofikasi). Hal ini menyebabkan air kaya nutrisi, ganggang, dan tumbuhan air akan tumbuh lebih subur (*blooming*). Hal yang demikian akan mengancam kelestarian waduk-waduk akan cepat dangkal dan biota air akan mati karenanya. Sama halnya seperti meningkatnya unsur hara (fosfor dan nitrogen) dari sisa pakan dan sisa metabolisme ikan yang masuk ke perairan waduk. Sehingga terjadi kematian dan mengancam perkembangbiakan ikan air tawar di waduk tersebut.

2.5. Parameter Kualitas Air Untuk Budidaya Perikanan

Menurut Piranti (2016), parameter kualitas air untuk budidaya ikan air tawar meliputi 3 karakteristik, yaitu karakteristik fisik, kimia, serta karakteristik biologi (plankton). Faktor-faktor penting kualitas air yang perlu mendapat perhatian diantaranya adalah suhu air, salinitas, oksigen terlarut, pH, alkalinitas, ammonia, nitrit, nitrat, asam sulfide, karbondioksida, dan besi. Faktor-faktor tersebut dalam suatu tempat terus mengalami perubahan dinamis karena adanya faktor diluar dan didalam sistem yang kemudian saling mempengaruhi antar faktor tersebut. Perubahan lingkungan secara kimia dan fisika yang terjadi secara alamiah dan akibat ulah manusia yang terjadi di lingkungan perairan.

2.5.1 Parameter Kimia Pencemaran Air

Kandungan bahan kimia yang terdapatdi dalam air menentukan tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan. Semakin besar jumlah zat kimia yang terkandung maka semakin terbatas pada penggunaan air tersebut, serta parameter kimia ini dapat menentukan tingkat status trofik dari perairan, bahan kimia yang mempengaruhi status trofik tersebut diantaranya adalah sebagai berikut

A. Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Menurut Sugiharta (1987), BOD atau kebutuhan oksigen biokimiawi merupakan satuan yang digunakan untuk mengukur suatu kebutuhan oksigen yang diperlukan dalam menguraikan suatu bahan organik yang ada di dalam air waduk, dengan menggunakan ukuran mg/liter air kotor. Semakin besar angka BOD berarti menunjukkan bahwa derajat pengotoran dari air limbah yang masuk ke suatu wilayah perairan adalah semakin besar. Dengan kata lain, kebutuhan oksigen kimiawi jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi suatu bahan buangan oleh bakteri. Jadi, BOD merupakan ukuran konsentrasi bahan organik dalam bahan buangan yang dapat dioksidasi oleh bakteri. Pengukuran BOD penting karena merupakan parameter untuk menentukan daya tampung beban pencemaran air waduk.

B. Oksigen Terlarut/ *Dissolve Oxygen* (DO)

Oksigen merupakan faktor penting bagi kehidupan makro dan mikro organisme perairan karena diperlukan untuk proses pernafasan. Sumber oksigen terlarut di perairan dapat berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer (sekitar 35%) dan aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton. Fluktuasi harian oksigen dapat mempengaruhi parameter kimia yang lain, terutama pada saat kondisi tanpa oksigen, yang dapat mengakibatkan perubahan sifat kelarutan beberapa unsur kimia di perairan (Effendi, 2017).

C. Nitrogen

Nitrogen dan senyawanya tersebar secara luas dalam biosfer. Lapisan atmosfer bumi mengandung sekitar 7% gas nitrogen. Bebatuan juga mengandung nitrogen. Pada tumbuhan dan hewan, senyawa nitrogen organik ditemukan sebagai penyusun protein dan klorofil-a, sedangkan Nitrogen anorganik terdiri atas ion nitrit, ion nitrat dan ammonia dan molekul N yang larut dalam air

Sumber utama nitrogen antropogenik di perairan berasal dari wilayah pertanian berasal dari wilayah pertanian yang menggunakan pupuk secara intensif dari kegiatan domestik. Secara umum jenis nitrogen adalah sebagai berikut:

- Nitrat

Nitrat (NO_3) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrient utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi yang merupakan suatu proses oksidasi yang menyebabkan perubahan bentuk dari nitrogen jenis ammonia menjadi nitrit dan nitrat. Proses yang seperti demikian sangat penting dalam siklus nitrogen yang berlangsung pada kondisi aerob. Oksidasi ammonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas*, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter*

Nitrat dan ammonium adalah sumber utama nitrogen di perairan. Namun ammonium lebih disukai oleh tumbuhan. Kadar nitrat yang ada di perairan yang tidak tercemar biasanya lebih tinggi daripada ammonium. Kadar nitrat nitrogen pada perairan alami hamper tidak lebih dari 0,1 mg/liter. Kadar nitrat lebih dari 5 mg/liter menggambarkan terjadinya pencemaran antropogenik yang berasal dari aktivitas manusia dan tinja hewan. Kadar nitrat nitrogen yang lebih dari 0,2 mg/liter dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi (pengayaan) perairan, yang selanjutnya menstimulir pertumbuhan algae dan tumbuhan air secara pesat

atau *blooming*. Kadar nitrat dalam air tanah dapat mencapai 100 mg/liter. Air hujan memiliki kadar nitrat s besar 0,2 mg/liter. Pada perairan yang menerima limpasan air dari daerah pertanian yang banyak mengandung pupuk, kadar nitrat dapat mencapai 1000 mg/liter. Kadar nitrat untuk keperluan air minum sebaiknya tidak melebihi 10 mg/liter (Davis dan Cornwell, 1991 dalam Effendi, 2017). Nitrat dapat digunakan untuk mengelompokkan tingkat kesuburan perairan. Perairan oligotrofik memiliki kadar nitrat antara 0-1 mg/liter, perairan mesotrofik memiliki kadar nitrat antara 1-5 mg/liter, dan perairan eutrofik memiliki kadar nitrat yang berkisar antara 5-50 mg/liter (Volenweider, 1969 dalam Wetzel, 1975 dalam Effendi, 2017)

D. Fosfor

Di perairan, unsur fosfor tidak ditemukan dalam bentuk bebas sebagai elemen, melainkan dalam bentuk senyawa anorganik yang terlarut (ortofosfat dan polifosfat) dan senyawa organik yang berupa partikulat. Fosfor membentuk kompleks dengan ion besi dan kalsium pada kondisi aerob, bersifat tidak larut, dan mengendap pada sedimen sehingga tidak dapat dimanfaatkan oleh algae akuatik (Jeffries dan Mills, 1996 dalam Effendi, 2017).

Tabel 2.1
Senyawa Fosfor Anorganik yang Biasa Terdapat di Perairan

Nama Senyawa Fosfor	Rumus Kimia
Ortofosfat:	
1. Trinatrium Fosfat	Na_3PO_4
2. Dinatrium Fosfat	Na_2HPO_4
3. Mononatrium Fosfat	NaH_2PO_4
4. Diamonium Fosfat	$(\text{NH}_3)_2\text{HPO}_4$
Polifosfat	
1. Natrium Heksametafosfat	$\text{Na}_3(\text{PO}_3)_6$
2. Natrium Tripolifosfat	$\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_{10}$
3. Tetranatrium Pirofosfat	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

Sumber: Sawyer dan McCarty, 1978 dalam Effendi, 2017

Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan (Dugan, 1972 dalam Effendi, 2017). Karakteristik fosfor sangat berbeda dengan unsur-unsur utama

lainnya yang merupakan penyusun biosfer karena unsur ini tidak terdapat di atmosfer. Pada kerak bumi keberadaan fosfor relative sedikit dan mudah mengendap, fosfor juga merupakan unsur essential tumbuhan tingkat tinggi dan alga, sehingga unsur ini menjadi faktor pembatas tumbuhandan algae akuatik serta sangat mempengaruhi tingkat produktivitas perairan. Jones dan Bachmann (1976) dalam Davis dan Cornwell (1991) dalam Effendi, 2017

Ortofosfat yang merupakan produk ionisasi dari asam ortofosfat adalah bentuk fosfor yang paling sederhana di perairan. Ortofosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan akuatik, sedangkan polifosfat harus mengalami hidrolisis membentuk ortofosfat terlebih dahulu, sebelum dimanfaatkan sebagai sumber fosfor, setelah masuk ke dalam tumbuhan, misalnya fitoplankton, fosfat anorganik mengalami perubahan menjadi organofosfat. Fosfat yang berikatan dengan ferri ($\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$), bersifat tidak larut dan mengendap di dasar perairan. Pada saat terjadi kondisi anaerob, ion besi valensi tiga (ferri) ini mengalami reduksi menjadi ion besi valensi dua (ferro) yang bersifat larut dan melepaskan fosfat ke perairan, sehingga meningkatkan keberadaan fosfat di perairan. (Brown, 1987 dalam Effendi, 2017)

Fosfor total menggambarkan jumlah total fosfor, baik berupa partikulat maupun terlarut, anorganik maupun organik. Fosfor anorganik biasa disebut *soluble reactive phosphorus*, misalnya ortofosfat. Fosfor organik banyak terdapat pada perairan yang banyak mengandung bahan organik. Oleh karena itu, pada perairan yang memiliki kadar bahan organik tinggi sebaiknya ditentukan juga kadar fosfat total disamping ortofosfat (Mackereth et al., 1989 dalam Effendi, 2017)

Keberadaan fosfor secara berlebihan yang disertai dengan keberadaan nitrogen dapat menstimulir ledakan pertumbuhan algae di perairan (*algae bloom*). Algae yang berlimpah ini dapat membentuk lapisan pada permukaan air, yang selanjutnya dapat menghambat penetrasi oksigen dan cahaya matahari sehingga kurang menguntungkan bagi ekosistem perairan. Pada saat perairan cukup dalam mengandung kadar fosfor, algae akan mengakumulasi fosfor di dalam sel melebihi kebutuhannya. Fenomena yang demikian dikenal dengan istilah konsumsi lebih (*luxury consumption*). Kelebihan fosfor yang diserap akan dimanfaatkan pada saat perairan mengalami defisiensi fosfor, sehingga algae masih dapat tumbuh selama beberapa waktu selama periode kekurangan pasokan fosfor. Selama defisiensi fosfor algae juga dapat memanfaatkan fosfor organik dengan bantuan enzim alkalin fosfat yang berfungsi memecah senyawa organofosfor. Keberadaan enzim alkalin

fosfat akan meningkat jika terjadi defisiensi fosfor di perairan (Boney, 1989 dalam Effendi, 2017).

Berdasarkan kadar ortofosfat, perairan diklasifikasikan menjadi tiga, (Vollenweider dalam Wetzel, 1975 dalam Effendi, 2017), yaitu:

1. Perairan oligotropik yang memiliki kadar ortofosfat 0,003-0,01 mg/liter
2. Perairan mesotrofik yang memiliki kadar ortofosfat 0,011-0,03 mg/liter
3. Perairan eutrofik yang memiliki kadar ortofosfat 0,031-0,1 mg/liter

Sedangkan berdasarkan kadar fosfor total, perairan diklasifikasikan menjadi tiga, (Yoshimuran dalam Liaw, 1969 dalam Effendi, 2017), yaitu:

1. Perairan tingkat kesuburan rendah memiliki kadar fosfat dengan total antara 0-0,02 mg/liter
2. Perairan dengan tingkat kesuburan sedang memiliki kadar fosfat total berkisar antara 0,2-0,05 mg/liter
3. Perairan dengan tingkat kesuburan tinggi memiliki kadar fosfat total 0,051-0,1 mg/liter.

E. Total Suspended Solid (TSS)

Padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid atau TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter $>1\mu\text{m}$) yang tertahan pada saringan milipore dengan diameter pori $0,45\mu\text{m}$. TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh erosi tanah yang terbawa ke badan air (Effendi, 2017).

Menurut Pitwell (1976) dan Hawkes (1976) dalam Samino, dkk (2004), padatan tersuspensi yang tinggi di perairan dapat meningkatkan turbiditas sehingga selanjutnya akan menurunkan penetrasi cahaya matahari di perairan yang dapat menurunkan produktivitas produsen di perairan (mikroalga dan makrofita) dan juga akan mempengaruhi rantai makanan.

2.6. Analisis Kualitas Air

Kualitas air didefinisikan sebagai kadar pencemar air yang dianalisis secara teliti sehingga menunjukkan mutu dan karakteristik air. Suatu mutu dan karakteristik dari air ditentukan oleh beberapa hal contoh diantaranya yaitu adalah jenis dan sifat bahan yang terkembang di dalamnya, bahan-bahan tersebut, baik padat, cair, maupun gas terlarut, maupun tidak terlarut, secara alamiah mungkin telah terdapat di dalam air sungai atau waduk, dan diperoleh selama air mengalami siklus hidrologi.

Mutu dan karakteristik air dapat ditentukan oleh kondisi suatu lingkungan dimana air itu berada. Hal ini dipengaruhi oleh aktivitas manusia dalam memanfaatkan atau menggunakan suatu sumber daya alam dan lingkungan yang menimbulkan bahan sisa atau buangan yang mempunyai kecenderungan pada peningkatan jumlah dan kandungan bahan-bahan di dalam perairan. Bahan-bahan tersebut apabila tidak ditangani dengan baik dan tepat maka akan menimbulkan permasalahan-permasalahan pencemaran pada daerah perairan salah satunya yaitu waduk ditambah lagi jika lingkungan tidak memiliki daya dukung cukup untuk mengurangi beban pencemar.

2.7. Baku Mutu dan Status Mutu Air

Berdasarkan Undang-Undang No. 23 Tahun 1997 Pasal 1 menyebutkan bahwa baku mutu lingkungan hidup adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam suatu sumber daya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup.

Baku mutu air definisinya yaitu suatu batas atau kadar dari makhluk hidup, zat, energi, atau komponen –komponen lain yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang dapat ditenggang dalam sumber air tertentu di wilayah perairan, sesuai dengan peruntukannya (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 20 Tahun 1990).

Baku mutu dari kualitas air ditentukan serta ditetapkan berdasarkan hasil dari pengkajian menjadi beberapa kelas air dan dibagi menjadi beberapa kriteria-kriteria mutu air.

Status mutu air adalah suatu tingkat dari kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi tercemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan. Status mutu air ditetapkan untuk menyatakan:

1. kondisi tercemar, apabila mutu air pada suatu sampel air tidak memenuhi terhadap baku mutu air;
2. kondisi baik, apabila mutu air memenuhi baku mutu air. (Peraturan Pemerintah No. 82 Th. 2001).

Klasifikasi mutu air menurut Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001, Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air terdapat empat kelas air yaitu sebagai berikut:

1. Kelas satu (I), air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;

2. Kelas dua (II), kelas air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
3. Kelas tiga (III), kelas air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan perikanan air tawar, peternakan air yang digunakan untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
4. Kelas empat (IV), air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut

Tabel 2.2.
Baku Mutu Parameter Kualitas Air Diteliti

Parameter		Kelas			
		I	II	III	IV
BOD	Mg/L	2	3	6	12
DO	Mg/L	10	25	50	100
NO ₃ -N	Mg/L	10	10	20	20
NH ₃ -N	Mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)
Total-P	Mg/L	0,2	0,2	1	5
TSS	Mg/L	50	50	400	400

Sumber: PP Nomor 82 Tahun 2001

2.8. Indeks Pencemaran

2.8.1. Umum

Sumitomo dan Nemerow (1970), Universitas Texas, A.S., mengusulkan suatu indeks yang berkaitan dengan senyawa pencemar yang bermakna untuk suatu peruntukan. Indeks ini dinyatakan sebagai Indeks Pencemaran (*Pollution Index*) yang digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan (Nemerow, 1974).

Indeks ini memiliki konsep yang berlainan dengan Indeks Kualitas Air (Water Quality Index). Indeks Pencemaran (IP) untuk suatu peruntukan, kemudian dapat dikembangkan untuk beberapa peruntukan bagi seluruh bagian badan air atau sebagian dari suatu sungai. Pengelolaan kualitas air atas dasar Indeks Pencemaran (IP) ini dapat memberi masukan pada pengambil keputusan agar dapat menilai kualitas badan air untuk suatu peruntukan serta melakukan tindakan untuk memperbaiki kualitas jika terjadi penurunan kualitas akibat kehadiran senyawa pencemar. IP mencakup berbagai kelompok parameter kualitas yang independent dan bermakna (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003).

2.8.2 Definisi

Dalam KEPMEN Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003 menyebutkan, jika L_{ij} menyatakan konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam Baku Peruntukan Air (j), dan C_i menyatakan konsentrasi parameter kualitas air (i) yang diperoleh dari hasil analisis cuplikan air pada suatu lokasi pengambilan cuplikan dari suatu alur sungai, maka PI_j adalah Indeks Pencemaran bagi peruntukan (j) yang merupakan fungsi C_i/L_{ij} .

$$PI_j = (C_1/L_{1j}, C_2/L_{2j}, \dots, C_i/L_{ij}) \dots \dots \dots (2-11)$$

Tiap nilai C_i/L_{ij} menunjukkan pencemaran relatif yang diakibatkan oleh parameter kualitas air. Nisbah ini tidak mempunyai satuan. Nilai $C_i/L_{ij} = 1,0$ adalah nilai yang kritis, karena nilai ini diharapkan untuk dipenuhi bagi suatu Baku Mutu Peruntukan Air. Jika $C_i/L_{ij} > 1,0$ untuk suatu parameter, maka konsentrasi parameter ini harus dikurangi atau disisihkan, kalau badan air digunakan untuk peruntukan (j). Jika parameter ini adalah parameter yang bermakna bagi peruntukan, maka pengolahan mutlak harus dilakukan.

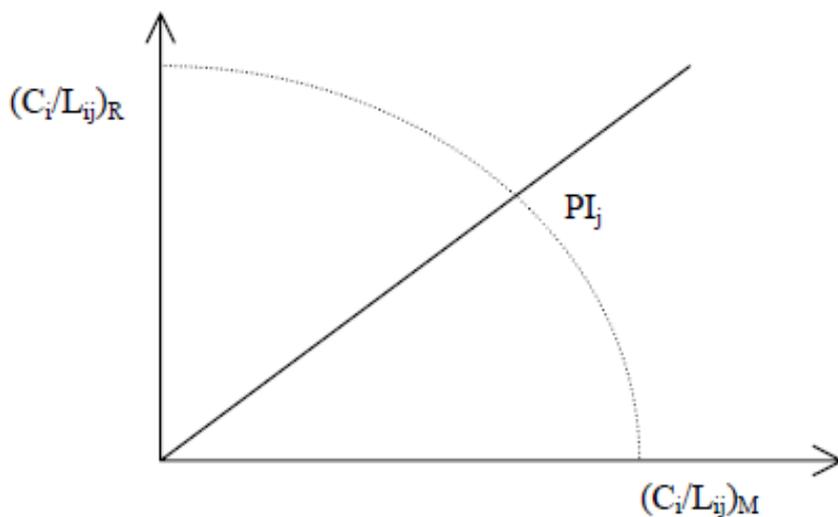
Pada model IP digunakan berbagai parameter kualitas air, maka pada penggunaannya dibutuhkan nilai rata-rata dari keseluruhan nilai C_i/L_{ij} sebagai tolok-ukur pencemaran, tetapi nilai ini tidak akan bermakna jika salah satu nilai C_i/L_{ij} bernilai lebih besar dari 1. Jadi indeks ini harus mencakup nilai C_i/L_{ij} yang maksimum

$$PI_j = \{(C_i/L_{ij})_R, (C_i/L_{ij})_M\} \dots \dots \dots (2-12)$$

Dengan:

$(C_i/L_{ij})_R$ = nilai C_i/L_{ij} rata-rata

$(C_i/L_{ij})_M$ = nilai C_i/L_{ij} maksimum



Gambar 2.5 Pernyataan Indeks untuk suatu Peruntukan (j)
 Sumber:KEPMEN Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003

Jika $(C_i/L_{ij})_R$ merupakan ordinat dan $(C_i/L_{ij})_M$ merupakan absis maka PI_j merupakan titik potong dari $(C_i/L_{ij})_R$ dan $(C_i/L_{ij})_M$ dalam bidang yang dibatasi oleh kedua sumbu tersebut.

Perairan akan semakin tercemar untuk suatu peruntukan (j) jika nilai $(C_i/L_{ij})_R$ dan atau $(C_i/L_{ij})_M$ adalah lebih besar dari 1,0. Jika nilai maksimum C_i/L_{ij} dan atau nilai rata-rata C_i/L_{ij} makin besar, maka tingkat pencemaran suatu badan air akan makin besar pula.

Jadi panjang garis dari titik asal hingga titik PI_j diusulkan sebagai faktor yang memiliki makna untuk menyatakan tingkat pencemaran.

$$PI_j = m\sqrt{(C_i/L_{ij})_M^2 + (C_i/L_{ij})_R^2} \dots\dots\dots (2-13)$$

Dimana m = faktor penyeimbang

- Keadaan kritik digunakan untuk menghitung nilai m

$PI_j = 1,0$ jika nilai maksimum $C_i/L_{ij} = 1,0$ dan nilai rata-rata $C_i/L_{ij} = 1,0$ maka

$$1,0 = m\sqrt{(1)^2 + (1)^2} \dots\dots\dots (2-14)$$

$m = 1/\sqrt{2}$, maka persamaan PI_j menjadi

$$PI_j = \sqrt{\frac{(C_{ij}/L_{ij})^2_M + (C_i/L_{ij})^2_R}{2}} \dots\dots\dots (2-15)$$

Metoda ini dapat langsung menghubungkan tingkat ketercemaran dengan dapat atau tidaknya sungai dipakai untuk penggunaan tertentu dan dengan nilai parameter-parameter tertentu.

Evaluasi terhadap nilai PI adalah:

$0 \leq PI_j \leq 1,0$ = memenuhi baku mutu (kondisi baik)

$1,0 < PI_j \leq 5,0$ = cemar ringan

$5,0 < PI_j \leq 10$ = cemar sedang

$PI_j > 10$ = cemar berat

2.8.3. Prosedur Penggunaan

Berdasarkan KEPMEN Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003, Lij menyatakan konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam Baku Mutu suatu Peruntukan Air (j), dan Ci menyatakan konsentrasi parameter kualitas air (i) yang diperoleh dari hasil analisis cuplikan air pada suatu lokasi pengambilan cuplikan dari suatu alur sungai, maka PI_j adalah Indeks Pencemaran bagi peruntukan (j) yang merupakan fungsi dari Ci/Lij . Harga PI_j ini dapat ditentukan dengan cara:

1. Pilih parameter-parameter yang jika harga parameter rendah maka kualitas air akan membaik.
2. Pilih konsentrasi parameter baku mutu yang tidak memiliki rentang.
3. Hitung harga Ci/Lij untuk tiap parameter pada setiap lokasi pengambilan cuplikan.
4. Jika nilai konsentrasi parameter yang menurun menyatakan tingkat pencemaran meningkat, misal DO. Tentukan nilai teoritik atau nilai maksimum Cim (misal untuk DO, maka Cim merupakan nilai DO jenuh). Dalam kasus ini nilai Ci/Lij hasil pengukuran digantikan oleh nilai Ci/Lij hasil perhitungan, yaitu:

$$(Ci/Lij)_{baru} = \frac{Cim - Ci \text{ (Hasil Pengukuran)}}{\{(Lij)_{minimum} - (Lij)_{rata-rata}\}} \dots \dots \dots (2-16)$$

- Jika nilai baku Lij memiliki rentang
 - a. untuk $Ci < Lij$ rata-rata

$$(Ci/Lij)_{baru} = \frac{[Ci - (Lij)_{rata-rata}]}{\{(Lij)_{minimum} - (Lij)_{rata-rata}\}} \dots \dots \dots (2-17)$$

- b. untuk $Ci > Lij$ rata-rata

$$(Ci/Lij)baru = \frac{[Ci-(Lij)rata-rata]}{\{(Lij)maksimum-(Lij)rata-rata\}} \dots\dots\dots (2-18)$$

- Keraguan timbul jika dua nilai (Ci/Lij) berdekatan dengan nilai acuan 1,0, misal C1/L1j = 0,9 dan C2/L2j = 1,1 atau perbedaan yang sangat besar, misal C3/L3j = 5,0 dan C4/L4j = 10,0. Dalam contoh ini tingkat kerusakan badan air sulit ditentukan. Cara untuk mengatasi kesulitan ini adalah:

(1) Penggunaan nilai (Ci/Lij)hasil pengukuran kalau nilai ini lebih kecil dari 1,0.

(2) Penggunaan nilai (Ci/Lij)baru jika nilai (Ci/Lij) hasil pengukuran nilainya lebih besar dari 1,0.

$$(Ci/Lij)baru = 1,0 + P.log(Ci/Lij)hasil pengukuran\dots\dots\dots (2-19)$$

P adalah konstanta dan nilainya ditentukan dengan bebas dan disesuaikan dengan hasil pengamatan lingkungan dan atau persyaratan yang dikehendaki untuk suatu peruntukan (biasanya digunakan nilai 5).

5. Tentukan nilai rata-rata dan nilai maksimum dari keseluruhan Ci/Lij, ((Ci/Lij)R dan (Ci/Lij)M).
6. Tentukan harga PIj

$$PIj = \sqrt{\frac{(\frac{Ci}{Lij})^2 M + (\frac{Ci}{Lij})^2 R}{2}} \dots\dots\dots (2-20)$$

2.9. Tata Guna Lahan

Hubungan timbal balik antara alam dengan manusia yang paling terlihat adalah tata guna lahan. Terbentuknya lahan-lahan kritis, banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau, erosi, sedimentasi hingga pencemaran air pada dasarnya diakibatkan oleh tata guna lahan yang tidak disesuaikan dengan daya dukung wilayah tersebut.

Menurut PP RI nomor 16 Tahun 2014 tentang Penggunaan tanah, penatagunaan tanah berujuan untuk mengatur penguasaan, penggunaan, dan pemanfaatan tanah bagi berbagai macam kebutuhan dalam kegiatan pembangunan yang sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah:



- a. Mewujudkan penguasaan, penggunaan, dan pemanfaatan tanah agar sesuai dengan arahan fungsi kawasan dalam Rencana Tata Ruang Wilayah.
- b. Mewujudkan tertib pertanahan yang meliputi penguasaan, penggunaan, dan pemanfaatan tanah termasuk pemeliharaan tanah serta pengendalian pemanfaatan tanah.
- c. Menjamin kepastian hukum untuk menguasai, menggunakan, dan memanfaatkan tanah bagi masyarakat yang memiliki hubungan hukum dengan tanah sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah yang telah ditetapkan

2.9.1. Perubahan Penggunaan Lahan

Dampak yang terjadi yang disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan sangat besar bagi lingkungan dan sosial ekonomi. Secara umum penggunaan lahan digolongkan menjadi dua golongan, yaitu:

- a. Penggunaan lahan pedesaan, secara umum dititikberatkan kepada produksi pertanian termasuk pengelolaan sumberdaya alam dan kehutanan.
- b. Penggunaan lahan perkotaan, secara umum dititikberatkan untuk tempat tinggal pemusatan ekonomi, layanan jasa, dan pemerintahan.

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia nomor 26 Tahun 2007 mengenai Penataan Ruang, tertulis bahwa pemanfaatan ruang meliputi kawasan pedesaan, kawasan perkotaan, kawasan lindung, serta kawasan budidaya. Kawasan lindung adalah kawasan yang dengan fungsi utama untuk melakukan budidaya atas dasar kondisi dan potensi sumberdaya alam, sumberdaya manusia, dan sumberdaya buatan.

Pemanfaatan kawasan budidaya dalam upaya untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia harus diusahakan agar tidak mengganggu serta merusak ekosistem kawasan lindung. Perubahan penggunaan lahan yang tidak terkendali dan tanpa tindakan konservasi tanah dan air akan menyebabkan terjadinya erosi. Erosi yang terjadi dapat menyebabkan degradasi lahan dan pada akhirnya akan mengakibatkan menurunnya produktivitas suatu lahan.

Perubahan penggunaan lahan pada umumnya dapat diamati dengan menggunakan data-data spasial dari peta penggunaan lahan dari titik tahun yang berbeda. Perubahan penggunaan lahan yang berbeda meliputi pergeseran penggunaan lahan menuju penggunaan lahan yang berbeda atau diversifikasi pada penggunaan lahan yang sudah ada. Secara umum perubahan penggunaan lahan akan mengubah:

- a. Karakteristik aliran sungai
- b. Jumlah aliran permukaan
- c. Sifat hidrologis daerah yang bersangkutan.

Penggunaan lahan berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang lahan tertentu. Informasi penggunaan lahan dapat dikenali secara langsung dengan menggunakan penginderaan jauh yang tepat. Informasi tentang kegiatan manusia pada lahan tidak selalu dapat ditafsir secara langsung dan penutupan lahannya.

Penggunaan lahan pada kawasan hutan, terutama yang terkait dengan tutupan hutan, berubah dengan cepat dan sangat dinamis. Hal itu dapat dilihat dari keadaan DAS Brantas Hulu yang begitu memiliki banyak manfaat, akan tetapi mengalami degradasi yang cukup drastis dari segi kualitas dan kuantitas..

Menurut Sipangat A. (2008), Keberadaan aktivitas pemukiman penduduk, pertanian lahan kering (tegalan) dan persawahan pada prinsipnya merubah bentang alam melalui pengolahan tanah. Hal tersebut sangat mempengaruhi kandungan unsur kimia dan karakteristik air sungai yang ada. Dijelaskan dalam penelitiannya bahwa berkembangnya kegiatan penduduk di sepanjang aliran Sungai Brantas dapat berpengaruh terhadap kualitas airnya, karena limbah yang dihasilkan dari kegiatan penduduk tersebut dibuang langsung ke sungai.

2.10. Budidaya Perikanan Keramba Jaring Apung (KJA)

Beban pencemaran air beberapa danau dan/atau waduk saat ini telah meningkat oleh perkembangan budidaya perikanan keramba jaring apung (KJA), untuk itu diperlukan cara perhitungan status mutu kualitas air dan perubahan kondisi kualitas air di waduk terhadap potensi terjadinya pencemaran air akibat limbah pakan yang berasal dari sisa pakan yang terbangun dan dari tinja ikan.

2.11. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu sistem berbasis komputer yang memberi 4 (empat) kemampuan untuk menangani data bereferensi geografi, yaitu meliputi pemasukan, pengolahan, atau manajemen data (penyimpanan atau pemanggilan kembali), manipulasi dan analisis serta keluaran (Aronoff, 1989). SIG adalah sebuah rangkaian sistem yang memanfaatkan teknologi digital untuk melakukan analisis spasial. 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 mengaitkan data atau informasi atribut untuk menyatukan tipe data yang berbeda kedalam suatu analisis tunggal.

Komponen SIG terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan terdiri atas seperangkat komputer yang berfungsi untuk menyimpan, menampilkan teks dan interaksi dengan pengguna serta *digitizer* yang berfungsi untuk merubah untuk merubah data analog kedalam data digital. Perangkat lunak yang biasa digunakan adalah ArcGIS versi 10.2.2 yang dikeluarkan oleh *Environmental System Research Institute* (ESRI).

Informasi yang dihasilkan dari analisa dengan SIG merupakan representasi informasi secara visual dengan mengintegrasikan basis data spasial (peta digital) dan basis data non spasial (atribut) yang akan mempermudah dalam melakukan analisa dan kajian dalam usaha perencanaan dan pengelolaan suatu DAS.

Dalam SIG terdapat berbagai unsur, baik manusia sebagai operator, perangkat lunak maupun keras. Perkembangan teknologi digital sangat besar peranannya dalam perkembangan penggunaan SIG dalam berbagai bidang, salah satunya membantu dalam memperkirakan kualitas air (BOD, Nitrogen, Fosfor), erosi, dan sedimentasi yang kemudian dapat dianalisa tingkat kekritisannya lahan pada DAS yang menjadi obyek studi.

2.12. ArcSWAT (*Arc Soil and Water Assesment Tool*)

ArcSWAT (*Arc Soil and Water Assesment Tool*) adalah sebuah *software* yang berbasis SIG ArcGIS 10.2.2 (ESRI) sebagai ekstensi (*graphical user interface*) di dalamnya. Program ini dikeluarkan oleh Texas Water Resources Institute, College Station, Texas, USA. ArcGIS sendiri merupakan salah satu program unggulan yang berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG).

Program ArcSWAT adalah perkembangan dari versi sebelumnya, yaitu SWAT (*Soil and Water Aassessment Tool*) yang bekerja diluar *software* ArcGIS. ArcSWAT dirancang untuk memprediksi pengaruh manajemen lahan pada aliran air, sedimen, dan lahan pertanian dalam suatu hubungan yang kompleks pada suatu DAS yang termasuk didalamnya jenis tanah, tata guna lahan dan manajemen kondisi lahan secara berkala.

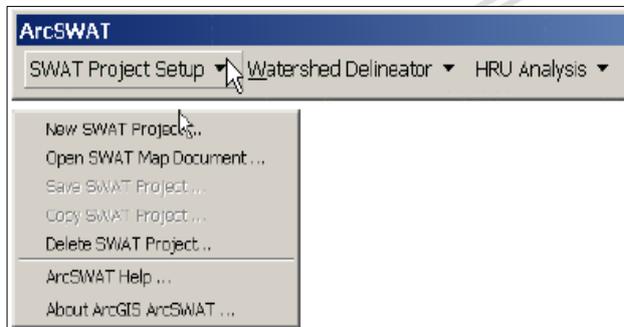
Untuk tujuan pemodelan, program ArcSWAT memudahkan pengguna dalam melakukan pembagian wilayah DAS yang luas menjadi beberapa bagian Sub DAS untuk memudahkan perhitungan. Struktur data yang digunakan dalam representasi dari kondisi asli kenampakan objek yang ada di bumi, ArcSWAT dibagi menjadi dua kelompok *database*

yaitu jenis data spasial yaitu basis data dalam struktur vector dan basis data dalam struktur *grid/raster*.

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

2.12.1 Menu SWAT Project Setup

Menu ini berisi item yang mengatur pengaturan dan pengelolaan proyek SWAT. Proyek SWAT terdiri dari sebuah direktori proyek yang berisi dokumen ArcMap, dua *geodatabases*, dan subdirektori struktur untuk menyimpan dataset GIS sementara, dan file masukan SWAT 2012. Gambar 2.6. Menunjukkan item pada menu SWAT *project setup*.



Gambar 2.6. Menu SWAT *project setup*

Sumber: ArcSWAT, 2017

2.12.2. Watershed Delineator menu

Menu *watershed delineator* berisi semua perintah yang dibutuhkan untuk mendelineasi subbasin dan evaluasi hasilnya. Gambar 2.7 Menampilkan *Watershed Delineator* menu.



Gambar 2.7. *Watershed Delineator* menu

Sumber: ArcSWAT, 2017

- *Watershed delineator* menu: *automatic watershed delination*

Perintah delinasi otomatis mengakses kotak dialog yang akan digunakan untuk mengimpor peta topografi dan selanjutnya adalah mendelineasi daerah aliran sungai.

- *Watershed delineator* menu: *Watershed reports*

Watershed report merupakan laporan yang berisi hasil delinasi DAS

2.12.3. HRU Analysis menu

Menu HRU analisis berisi semua perintah seperti penggunaan lahan, jenis tanah, dan analisis kemiringan lereng yang digunakan untuk menghasilkan SWAT HRUs pada suatu DAS. Gambar 2.8 Menampilkan menu tataguna lahan dan jenis tanah



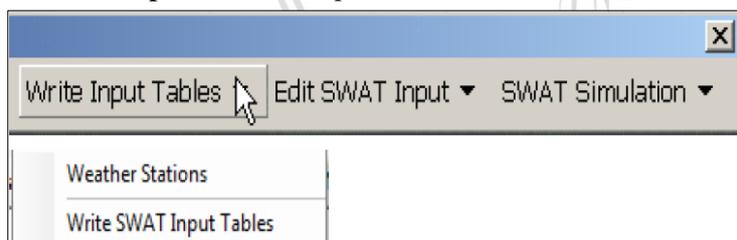
Gambar 2.8. Menu HRU Analysis

Sumber: ArcSWAT, 2017

- HRU Analysis menu: Land use/soils/slope definition
Digunakan untuk mengimpor peta tataguna lahan, jenis tanah dan kemiringan lereng. Dan selanjutnya dilakukan *overlay* berdasarkan ketiga peta tersebut
- HRU Analysis menu: HRU Definition
Merupakan kotak dialog yang digunakan untuk mendefinisikan jumlah HRU yang dibuat
- HRU Analysis menu: HRU Analysis reports
Berisi laporan hasil dari HRU, Laporan dari HRU *distribution* akan ditampilkan

2.12.4. Write input tables menu

Write input tables menu merupakan menu input berisi perintah yang menghasilkan file geodatabase yang digunakan untuk menyimpan nilai input data SWAT model. Gambar 2.9 Menampilkan *write input menu*.



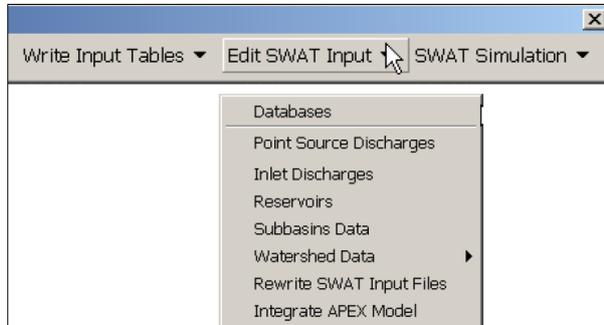
Gambar 2.9. Menu Write input tables

Sumber: ArcSWAT, 2017

- *Write input menu: weather stasions*
Merupakan menu untuk memasukan lokasi dan data stasiun cuaca pada DAS yang diteliti.
- *Write input menu: Write SWAT Input Tables*
Merupakan menu masukan SWAT, untuk membuat tabel geodatabase pada ArcSWAT yang menyimpan nilai parameter input SWAT.

2.12.5. Edit SWAT input

Menu edit SWAT input memungkinkan pengguna untuk mengedit database model SWAT dan file database watershed berisi input data yang sesuai dengan kondisi daerah yang diteliti. Berikut merupakan tampilan dari Edit SWAT Input.



Gambar 2.10. Menu Edit SWAT input

Sumber: ArcSWAT, 2017

- *Edit SWAT Input menu: Databases*

Database merupakan sebuah database untuk memungkinkan pengguna mengakses model SWAT database dari dalam sebuah project SWAT, dan dapat diedit pada sembarang waktu selama pengembangan project SWAT. Database SWAT harus diedit ke konten yang diinginkan sebelum menulis masukan SWAT. Mengedit database SWAT akan memodifikasi isi SWAT2012.mdb.

- *Edit SWAT Input menu: Point Source Discharges*

Merupakan menu yang memungkinkan pengguna untuk menentukan titik outlet pada pembentukan subbasin.

- *Edit SWAT input menu: Inlet Discharges*

Perintah inlet discharges memungkinkan pengguna mengakses/mendefinisikan inlet dibagian hulu DAS tidak secara langsung dimodelkan dalam suatu project SWAT.

- *Edit SWAT input menu: Reservoir*

Perintah reservoir mengijinkan pengguna untuk mengakses/mengedit parameter masukan untuk reservoir yang ditempatkan dimanapun di dalam DAS.

- *Edit SWAT input menu: Subbasins Data*

Perintah subbasins data mengijinkan pengguna untuk mengakses/mengedit parameter data untuk area lahan, saluran, ponds/wetlands, dan system groundwater di dalam watershed.

- *Edit SWAT input menu: Watershed Data*

Perintah *watershed data* memungkinkan pengguna mengakses/mengedit masukan parameter yang diterpkan oleh DAS secara keseluruhan.

- *Edit SWAT input menu: Re-Write SWAT input files*

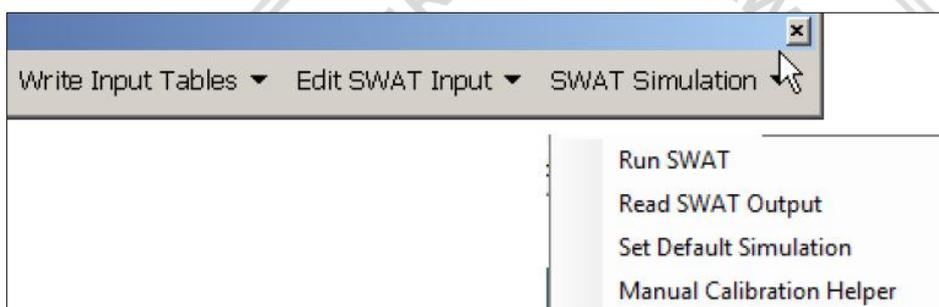
Perintah *Re-Write SWAT input files* memungkinkan pengguna untuk menulis ulang file masukan SWAT (.sub, .mgt, .hru, dll) setelah *geodatabase* SWAT telah diedit.

- *Edit SWAT input menu: Integrate APEX Model*

Perintah model APEX memungkinkan pengguna untuk menentukan subbasin dalam model SWAT saat ini yang ingin disimulasikan penggunaanya.

2.12.6. SWAT Simulation menu

Menu *swat simulation* merupakan menu untuk menjalankan model SWAT dan melakukan analisis kalibrasi. Gambar 2.11 Berikut tampilan pada ArcSWAT dari menu *SWAT simulation*



Gambar 2.11. SWAT simulation menu

Sumber: ArcSWAT, 2017

- *SWAT simulation menu: RUN SWAT*

Perintah *RUN SWAT* memungkinkan pengguna untuk mengubah parameter menjadi tiga file masukan SWAT, Seperti kode kontrol masukan (.cod), file masukan *basin* (.bsn), dan file masukan kualitas air pada *watershed* (.wwq).

- *SWAT Simulation menu: Read SWAT Output*

Perintah *read SWAT Output* memungkinkan pengguna untuk mengimpor file output yang utama menjadi *database* pada *Microsoft access*. Selain itu, dialog yang dibuka dengan perintah ini memungkinkan pengguna untuk menyimpan simulasi SWAT ke dalam folder yang permanen.

- *SWAT simulation menu: Set default simulation*

Perintah *set default simulation* memungkinkan pengguna untuk mengatur ulang masukan simulasi dalam SWAT untuk digunakan sebagai simulasi default aktif.

- *SWAT simulation menu: Manual calibration helper*

Perintah *manual calibration helper* ini merupakan sebuah dialog yang menyediakan alat untuk memungkinkan pengguna membuat perubahan parameter pada HRU tertentu selama kalibrasi manual.

2.13. Pengolahan Basis Data

Pembangunan basis data merupakan suatu proses untuk memperoleh data masukan ArcSWAT. Hasil keluaran dari pembangunan basis data adalah peta dalam bentuk raster. Data raster merupakan data dimana semua obyek disajikan pada kolom dan baris dalam bentuk sel mewakili suatu areal yang berbentuk bujur sangkar, memiliki koordinat, dan informasi. Informasi inilah yang nantinya digunakan sebagai input data untuk model ArcSWAT. Tahap pembangunan basis data terdiri dari tiga proses yaitu pembuatan peta penggunaan lahan, pembuatan DEM (*Digital Elevation Model*) dan kemiringan lahan, serta pembuatan peta jenis tanah.

1. *Digital Elevation Model (DEM): ESRI GRID format*

Penggunaan DEM memakai bilangan bulat atau bilangan real untuk menilai elevasi. Unit yang digunakan untuk menentukan resolusi GRID dan elevasi tidak diperlkan identik. Misalnya, resolusi GRID mungkin berada dalam meter sementara ketinggiannya beradar di yard. Resolusi GRID harus didefiisikan di salah satu unit berikut: meter, kilometer, kaki, yard, mil, derajat decimal. Sedangkan elevasi harus di definisikan di salah satu unit berikut ini: meter, sentimeter, *yard*, kaki, inci.

2. *Land Cover/ Land Use: ESRI GRID, Shapefile, or Feature Classs Format*

Peta tata guna lahan perlu di reklasifikasi berdasarkan kategorinya ke dalam tutupan lahan/jenis tanamannya. Pengguna memiliki tiga opsi untuk mereklasifikasi ulang kategori tersebut. Pilihan pertama menggunakan tabel pencarian tutupan lahan yang dibangun pada ArcSWAT berisi tabel USGS LULC dan NLCD dalam database SWAT2012.mdb yang mengidentifikasi luas tutupan lahan/tanaman yang berbeda jenis yang digunakan untuk memodelkan berbagai penggunaan lahan. Pilihan kedua adalah mengetikan kode tutupan/jenis tanah pada database SWAT yang dibatasi menjadi 4 huruf untuk masing masing kategori penutupan lahan. Pilihan ketiga adalah membuat *user look up table* yang mengidentifikasi kode SWAT 4 huruf tersebut untuk berbagai kategori penutupan lahan pada peta yang sudah ada.

3. *Soil: ESRI GRID, Shapefile, or Feature Class Format*

Database tanah juga diperlukan dalam permodelan SWAT ini, karena database tanah yang ada dalam model hanya data tanah Amerika Serikat saja. Database tanah dapat dirancang oleh pengguna, pengguna memiliki empat opsi untuk menghubungkan peta ke database tanah A.S

Kumpulan data spasial ArcSWAT dapat dibuat dalam proyeksi apapun (proyeksi yang sama harus digunakan untuk semua peta). Pengguna akan mengidentifikasi jenisnya dari proyeksi dan pengaturan proyeksi di saat membuat proyek baru.

2.13.1. ArcSWAT tabel dan *text file data*

ArcSWAT membutuhkan informasi mengenai komponen dari suatu DAS, antar lain hujan harian, tataguna lahan, kandungan air tanah, dsb. Informasi – informasi itu dihimpun dalam basis data masukan yang dinamakan input data.

2.13.2. *Land Use Look Up Table (dBase or ASCII)*

Tabel tampilan penggunaan lahan digunakan untuk menentukan kode tutupan lahan/tanaman pada ArcSWAT. Kode jenis lahan perkotaan dimodelkan untuk setiap kategori di grid penggunaan lahan. Karena informasi ini bisa dimasukkan secara manual, tabel ini tidak diperlukan untuk menjalankan simulasi. semua obyek disajikan pada kolom dan baris dalam bentuk sel mewakili suatu areal yang berbentuk bujur sangkar, memiliki koordinat, dan informasi. Informasi inilah yang nantinya digunakan sebagai input data untuk model ArcSWAT. Tabel ini dapat diformat sebagai tabel dalam satabase atau sebagai tabel teks yang dibatasi koma dalam format .txt. baris pertama dari tampilan tabel penggunaan lahan harus berisi nama *field*. Baris yang tersisa akan menyimpan data yang dibutuhkan, contohnya *land use look up table* dapat ditemukan di dalam database. Tabel 2.3 Dan Tabel 2.4 merupakan format tabel yang sesuai dengan program ArcSWAT.

Tabel 2.3.

Format dBase tabel land use (.dbf)

<i>Field Name</i>	<i>Field Format</i>	Definisi
<i>Value</i>	<i>String</i>	Jumlah Kategori dalam peta
<i>Landuse</i>	<i>String 4 Karakter</i>	Sesuaikan dengan penggunaan lahan SWAT, Yaitu perkotaan/tanaman

Sumber: ArcSWAT *Documentary*(2012.p.15)

Tabel 2.4.
Format land use ASCII (.txt)

"value", "landuse"

1,RNGE

2,PAST

3,FRSD

4,WATR

5,AGRL

6,URBN

Sumber: ArcSWAT *Documentary*(2012.p.21)

2.13.3. Soil Look Up Table (dBase or ASCII)

Soil look up table merupakan tabel yang digunakan untuk menentukan jenis tanah yang akan dimodelkan untuk masing-masing kategori di grid peta tanah. Format tabel akan bervariasi tergantung pada pilihan yang dipilih. Tabel 2.5. Dan tabel 2.6. Merupakan format tabel jenis tanah yang sesuai dengan program ArcSWAT.

Tabel 2.5.

Format dBase tabel *soil* Stmuid

<i>Field Name</i>	<i>Field Format</i>	Definisi
<i>Value</i>	<i>String</i>	Jumlah Kategori dalam peta
STMUID	<i>String</i> 5 Karakter	5 digit, digit 1-2 nomor kode Negara; digit 3-5 nomor polygon STATSGO

Sumber: ArcSWAT *Documentary*(2012.p.25)

Tabel 2.6.

Format dBase tabel *soil* S5id

<i>Field Name</i>	<i>Field Format</i>	Definisi
<i>Value</i>	<i>String</i>	Jumlah Kategori dalam peta
S5ID	<i>String</i> 6 Karakter	6 karakter alpha numeric kode untuk SOILS-5 data jenis tanah

Sumber: ArcSWAT *Documentary*(2012.p.27)

Tabel 2.7.

Format dBase tabel *soil Name*

<i>Field Name</i>	<i>Field Format</i>	Definisi
<i>Value</i>	<i>String</i>	Jumlah Kategori dalam peta
<i>Name</i>	<i>String 30 Karakter</i>	Nama dari jenis tanah. Nama yang dituliskan harus sesuai dengan nama yang sudah dimasukkan dalam database User Soils. Catatannya tidak boleh berisi underscore (“_”).

Sumber: ArcSWAT *Documentary*(2012,p.27)

2.13.4. Data Curah Hujan

ArcSWAT memerlukan data hujan harian. Nilai nilai untuk hujan didaot dari data pengamatan atau mungkin dihasilkan. Bab ini menguraikan format file yang digunakan untuk membaca data hujan terukur. Data hujan akan menafsirkan atau menyimpulkan model di dalam kenaikan waktu *daily* atau *sub-daily*. Data hujan dibutuhkan dalam program ArcSWAT untuk memperoleh nilai presipitasi, evaporasi, transpirasi, aliran permukaan, aliran lateral, aliran sungai, dan sebagainya yang berhubungan dengan air.

Pembuatan *precipitation Gage Location Table* (ASCII only) digunakan untuk mendata lokasi stasiun hujan di DAS tersebut. Catatan: tabel stasiun curah hujan harus sama dengan format yang diinginkan program ArcSWAT terbaru, format database yang menggunakan versi sebelumnya dari ArcSWAT tidak lagi didukung. Tabel 2.8. Merupakan contoh format *precipitation gage location table* pada Tabel 2.8..

Tabel 2.8.

Precipitation gage location table (.txt)

<i>Name</i>	Format	Definisi
<i>ID</i>	Bilangan bulat	ID stasiun hujan, contoh: 1
<i>NAME</i>	Maksimal 8 karakter	Nama stasiun hujan
<i>LAT</i>	latitude point	Garis lintang stasiun hujan
<i>LONGV</i>	lonitude point	Garis bujur stasiun hujan
<i>ELEVATION</i>	Bilangan bulat	Elevasi stasiun hujan

Sumber: ArcSWAT *Documentary*(2012.p.30)

Tabel data hujan harian digunakan untuk menyimpan data curah hujan harian. Tabel ini diperlukan jika opsi *raingage* dipilih untuk curah hujan pada kotak dialog *weather generator data*. Nama tabel data hujan adalah “*name.txt*” dimana nama tersebut harus sama dengan nama yang sudah ada pada tabel *precipitation gage location*. Tabel 2.9. Merupakan format tabel data hujan harian yang sudah sesuai dengan format database ArcSWAT.

Tabel 2.9.

Format data hujan (.txt)

Baris	Format	Definisi
Pertama	Tahun, bulan, hari	Hari dimulainya hujan
Selanjutnya	curah hujan harian, format random	Jumlah hujan harian (mm)

Sumber: ArcSWAT *Documentary*(2012,p.32)

2.13.5. Weather Generator

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

Kejadian hujan pada suatu hari berhubungan langsung dengan kelembaban relative, temperatur dan radiasi sinar matahari. Data hujan terlebih dahulu dibangkitkan untuk memperoleh nilai-nilai pembangkitan data kelembaban relatif, temperatur, dan radiasi sinar matahari. Sehingga data kecepatan angin dapat dibangkitkan. *File input weather generator* berisi data statistic yang diperlukan untuk menghasilkan wakil data iklim harian untuk subbasins. Idealnya, sedikitnya 20 tahun *records* digunakan untuk mengkalkulasi parameter di dalam .wgn file. Data iklim akan menghasilkan dua kejadian. Dimana digunakan dalam simulasi dan untuk menelusuri data yang salah.

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

peluang hujan pada suatu hari hujan dikondisikan pada 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,

$$P1 (D/W)=1-P1 (W/W)..... (2-21)$$

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

$$P1 (D/D)=1-P1 (W/D) (2-22)$$

dengan:

$P1 (D/W)$ = peluang hari kering pada hari i hari basah pada hari i - 1

$P1 (D/D)$ = peluang hari kering pada hari i hari kering pada hari i - 1

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

$$R_{day} = \mu_{mon} + 2 \cdot \sigma_{mon} \left[\frac{\left[\left(\frac{SDN_{day} - g_{mon}}{6} \right) \cdot \left(\frac{g_{mon}}{6} \right) + 1 \right]^3 - 1}{g_{mon}} \right] (2-23)$$

dengan:

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 kepengangan untuk hujan harian bulanan

Standar normal deviasi dihitung dengan rumus:

$$SDN_{day} = \cos (6,283 \cdot rnd_2) \cdot \sqrt{-2 \ln (rnd_1)} (2-24)$$

dengan:

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. Dihitung dengan menjumlahkan temperatur udara maksimum untuk tiap hari di dalam bulan untuk record dan pembagian oleh banyaknya hari yang dijumlahkan.

$$\mu mx_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N T_{mx,mon}}{N} \dots\dots\dots (2-25)$$

dengan:

- μmx_{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. TMPMN adalah rata-rata temperatur udara minimum dalam bulanan. Nilai ini dihitung dengan menjumlahkan suhu udara minimum untuk tiap hari di dalam bulan untuk semua tahun record dan pembagian oleh banyaknya hari yang dijumlahkan.

$$\mu mn_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N T_{mn,mon}}{N} \dots\dots\dots (2-26)$$

dengan:

- μmn_{mon} = Rata-rata temperatur minimum harian untuk bulan *mon* (°C)
- $T_{mn,mon}$ = Temperatur minimum harian pada hari ke-*d* bulan *mon* (°C)
- N = Jumlah temperatur minimum pada bulan *mon*

3. TMPSTDMX adalah standar deviasi temperatur harian maksimum dalam bulanan. Simpangan baku untuk suhu udara maksimum harian di dalam bulan. parameter ini mengukur variabilitas pada suhu maksimum untuk masing-masing untuk masing-masing bulan. simpangan baku dapat dihitung:

$$\sigma mx_{mon} = \sqrt{\frac{\left(\sum_{d=1}^N T_{mx,mon} - \mu mx_{mon} \right)^2}{N - 1}} \dots\dots\dots (2-27)$$

dengan:



- σmx_{mon} = Standar deviasi temperatur harian maksimum bulan *mon* (°C)
 $T_{mx, mon}$ = Temperatur maksimum harian pada hari ke-*d* bulan *mon* (°C)
 μmx_{mon} = Rata-rata temperatur maksimum harian untuk bulan *mon* (°C)
 N = Jumlah temperatur maksimum pada bulan *mon*

4. TMPSTDMN adalah standar deviasi temperatur harian minimum dalam bulanan. Simpangan baku untuk suhu udara minimum harian di dalam bulan. Parameter ini mengukur variabilitas untuk masing-masing bulan.

$$\sigma mn_{mon} = \sqrt{\frac{\left(\sum_{d=1}^N T_{mn, mon} - \mu mn_{mon} \right)^2}{N-1}} \dots\dots\dots (2-28)$$

dengan:

- σmn_{mon} = Standar deviasi temperatur harian minimum bulan *mon* (°C)
 $T_{mn, mon}$ = Temperatur minimum harian pada hari ke-*d* bulan *mon* (°C)
 μmn_{mon} = Rata-rata temperatur minimum harian untuk bulan *mon* (°C)
 N = Jumlah temperatur minimum pada bulan *mon*

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

$$\bar{R}_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N R_{day, mon}}{yrs} \dots\dots\dots (2-29)$$

dengan:

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

6. PCPSTD adalah standar deviasi presipitasi harian dalam bulanan. Parameter ini mengukur variabilitas hujan untuk masing-masing bulan.

$$\sigma_{mon} = \sqrt{\frac{\left(\sum_{d=1}^N R_{day, mon} - \bar{R}_{mon} \right)^2}{N-1}} \dots\dots\dots (2-30)$$

dengan:

- 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.

$$g_{mon} = \frac{N \cdot \sum_{d=1}^N (R_{day, mon} - \bar{R}_{mon})^2}{(N-1) \cdot (N-2) \cdot (\sigma_{mon})^2} \dots\dots\dots (2-31)$$

dengan :

- 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. Kemungkinan suatu hari basah mengikuti hari kering di dalam bulan itu dapat dihitung:

$$P_1(W/D) = \frac{days_{W/D,i}}{days_{dry,i}} \dots\dots\dots (2-32)$$

dengan:

- $P_1(W/D)$ = 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. Kemungkinan ini dapat dihitung dengan:

$$P_1(W/W) = \frac{days_{W/W,i}}{days_{wet,i}} \dots\dots\dots (2-33)$$

dengan:

$P_1 (W/W)$ = 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 jumlah rata-rata hari terjadinya presipitasi dalam bulanan.

Parameter ini dapat dihitung:

$$\bar{d}_{wet, i} = \frac{days_{wet, i}}{yrs} \dots\dots\dots (2-34)$$

dengan:

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

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

yrs = jumlah tahun pengukuran

11. SOLARAV(mon) adalah rata-rata radiasi sinar matahari harian dalam bulanan. Nilai ini dihitung dengan menjumlahkan total radiasi matahari untuk tiap hari di dalam bulan untuk semua tahun record dan pembagian oleh banyaknya hari yang dijumlahkan.

$$\mu_{rad, mon} = \frac{\sum_{d=i}^N H_{day, mon}}{N} \dots\dots\dots (2-35)$$

dengan:

$\mu_{rad, mon}$ = Rata-rata radiasi sinar matahari harian untuk bulan mon (MJ/M²/day)

$H_{day, mon}$ = Jumlah radiasi sinar matahari pada permukaan bumi pada hari ke- d dalam bulan mon (MJ/M²/day)

N = Jumlah angka radiasi sinar matahari untuk bulan mon

12. WNDV(mon) adalah rata-rata kecepatan angin dalam bulanan. Kecepatan angin harian rerata di dalam bulan. Nilai ini dihitung dengan menjumlahkan nilai kecepatan angin rerata untuk tiap hari di dalam bulan untuk semua tahun record dan pembagian oleh banyaknya hari yang dijumlahkan.

$$\mu_{wnd, mon} = \frac{\sum_{d=i}^N \mu_{wdn, mon}}{N} \dots\dots\dots (2-36)$$

dengan:

μwnd_{mon}	= Rata-rata kecepatan angin harian untuk bulan <i>mon</i> (m/s)
$H_{wdn, mon}$	= Jumlah kecepatan angin pada hari ke- <i>d</i> bulan <i>mon</i> (m/s)
N	= Jumlah angka kecepatan angin harian untuk bulan <i>mon</i>

2.14. *Input Data ArcSWAT*

ArcSWAT memerlukan berbagai macam informasi mengenai komponen-komponen suatu DAS antara lain hujan yang terjadi di DAS, tata guna lahan, kandungan air tanah, dsb. Informasi-informasi tersebut dikumpulkan dalam basis data masukan yang dinamakan input data.

a. Data Iklim

Input data pada ArcSWAT untuk tiap-tiap 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.

Dalam ArcSWAT data iklim yang menjadi input dalam aplikasi adalah curah hujan, temperatur udara maksimum harian rerata bulanan (TMPX) dan temperatur udara minimum harian rerata bulanan (TPPMN), simpangan baku suhu udara maksimum dan minimum bulanan (TMPSTDMX dan TMPSTDMN), radiasi sinar matahari harian (SOLARAV), kecepatan angin harian rerata bulanan (WNDAY), data-data tersebut dikumpulkan dalam *file* WGN. ArcSWAT dapat mensimulasikan proses-proses fisika dan kimia yang terjadi pada suatu DAS. Program ini menganalisis semua masalah yang terjadi pada suatu DAS dengan prinsip dasar pola keseimbangan aliran. Untuk memperkirakan pergerakan pestisida, sedimen, dan nutrisi tanaman dengan akurat, ArcSWAT mensimulasikan proses-proses yang terjadi dalam siklus hidrologi, yang selanjutnya digunakan dalam pemodelan.

b. Data penggunaan lahan

Penilaian parameter masing-masing penggunaan lahan diperoleh dari data sekunder. Parameter penggunaan lahan ini berkaitan dengan Faktor Pengelolaan Tanaman (C)

c. Data jenis tanah

Masukan data tanah terdiri dari simbol, nama atau nomor jenis tanah, sedangkan masukan untuk parameter tanah yang diamati sebagian besar adalah sifat fisik tanah. Data parameter tanah yang dibutuhkan untuk input ArcSWAT terdiri dari grup hidrologi (HYDGRP), kedalaman efektif (SOL_ZMX), kedalaman tiap horizon tanah (SOL_Z), berat isi tanah (SOL_BD), *available water capacity* (SOL_AWC), permeabilitas (SOL_K), C-

organik (SOL_CBN), presentase liat (CLAY), presentase debu (SILT), presentase pasir (SAND), fraksi batuan (ROCK), albedo tanah (SOL_ALB), dan erodibilitas tanah (USLE_K). Seluruh parameter tersebut diisi pada tiap horizon lapisan tanah.

d. Karakteristik saluran atau sungai

Karakteristik sungai terdiri dari jumlah sungai atau saluran, lebar masing-masing saluran dan koefisien kekasaran saluran. Jumlah sungai atau saluran, lebar, dan angka kekasaran Manning diketahui dari peta, data-data ini dimasukkan melalui menu *Interface* “*Write Subbasin General Data*” pada toolbar input, sedangkan angka kekasaran Manning di input melalui menu “*Write Main Channel Data*”.

Untuk memudahkan memahami pola kerja ArcSWAT yaitu dengan cara membandingkan antara pola data yang dibutuhkan oleh SWAT dengan siklus hidrologi di alam ini.

Tabel 2.10

Pola Data *Input* ARCSWAT

SIKLUS HIDROLOGI	POLA DATA SWAT
<ul style="list-style-type: none"> Kejadian Hujan Hujan jatuh ke permukaan bumi, sebagai aliran permukaan yang mengalir di atas permukaan dengan jenis lahan yang berbeda-beda yaitu tataguna lahannya/<i>land cover/land use</i>, dan jenis tanahnya. Dimana pergerakan tersebut mengalir dan menggerus material material yang dilewatinya. 	<ul style="list-style-type: none"> Data Hujan dan Lokasi Stasiun Hujan Peta Topografi: Olahan data peta ini akan menghasilkan nilai-nilai slope lahan/kelerengan. Dengan nilai tersebut maka dapat ditentukan arah dan besar aliran yang akan mengalir di atasnya. (ingat: besaran aliran air dipengaruhi oleh kemiringan/<i>slope</i>)
<ul style="list-style-type: none"> Pada proses aliran permukaan juga terdapat proses lainnya yang terjadi secara bersamaan yaitu sering disebut dengan proses infiltrasi yaitu meresapnya air ke dalam tanah, dan mengisi kapasitas tampung tanah hingga 	<ul style="list-style-type: none"> Peta Tataguna Lahan: Olahan data peta ini akan menghasilkan nilai-nilai konstanta penutup lahan, di mana nilai tersebut menjadi faktor parameter hambatan aliran atau sering disebut sebagai angka kekasaran dapat berupa nilai n

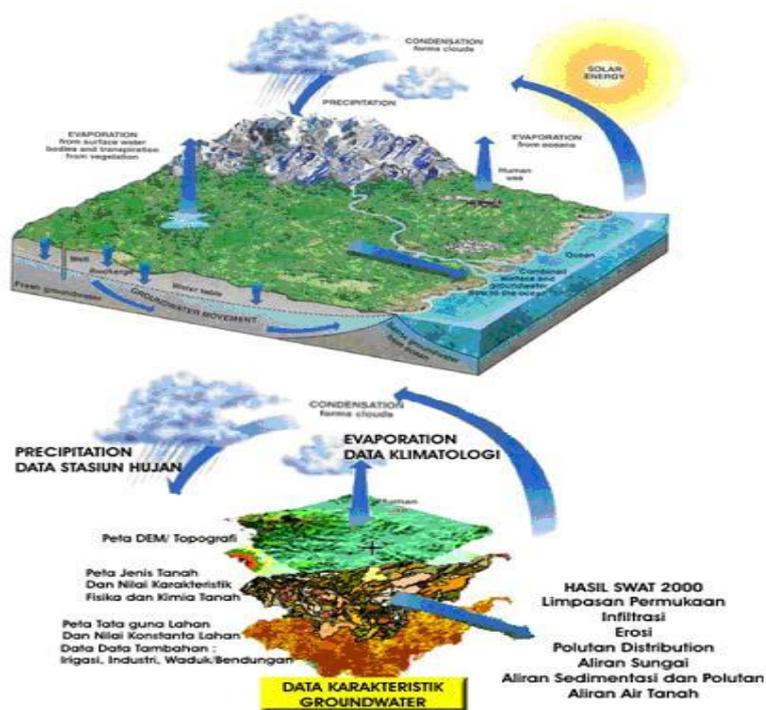
Lanjutan Tabel 2.10.
Pola Data *Input* ARCSWAT

SIKLUS HIDROLOGI	POLA DATA SWAT
<ul style="list-style-type: none"> akhirnya kapasitas tanah tersebut mencapai tingkat jenuh, sehingga terjadi limpasan di permukaan (<i>run off</i>), pergerakan air tersebut juga akan mengisi cekungan cekungan permukaan alam yang dilewatinya. 	<p><i>manning</i> atau koefisien lahan lainnya seperti <i>CN/ Curve Number</i> pada metode SCS. (ingat: formula <i>manning</i> $V = 1/n R^{2/3} S^{1/2}$)</p> <ul style="list-style-type: none"> Peta Jenis Tanah: Olahan data peta ini akan menghasilkan nilai-nilai konstanta untuk perhitungan kemampuan resapan/infiltrasi dan nilai-nilai konstanta erodibilitas tanah/kemampuan tahan terhadap erosi nilai K, nilai-nilai kandungan tanahnya seperti sifat kimia tanah dan tekstur fisik tanah.
<ul style="list-style-type: none"> Pergerakan air tersebut akan berakhir pada suatu tampungan yaitu laut dengan diawali mengalir pada jaringan- jaringan sungai. Sumber inflow daripada aliran yang ada di sungai adalah hujan, limpasan permukaan dan simpanan air tanah. 	<ul style="list-style-type: none"> Peta Jaringan Sungai dan Dimensi Sungai atau Waduk Peta Jaringan Sungai dan Dimensi Sungai Data Ground Water/Air Tanah
<ul style="list-style-type: none"> Semua proses pergerakan air baik yaitu di permukaan maupun di dalam tanah akan mengalami proses yang dinamakan evapotranspirasi/ penguapan yaitu proses terangkatnya air dari daratan maupun tampungan ke udara. Dan pada akhirnya kembali proses hujan akibat proses 	<ul style="list-style-type: none"> Data Klimatologi (suhu, penyinaran matahari, angin) dan Lokasi Stasiun Klimatologi

Lanjutan Tabel 2.10.
Pola Data *Input* ARCSWAT

SIKLUS HIDROLOGI	POLA DATA SWAT
kondensasi	

Sumber: <http://amartha-saturnus.blogspot.co.id/2009/12/siklus-hidrologi-dan-logika-pemodelan.html> (Diakses pada tanggal 1 Oktober 2017)



Gambar 2.12. Siklus Hidrologi, Data Dan Hasil Pemodelan Swat

Sumber: <http://amartha-saturnus.blogspot.co.id/2009/12/siklus-hidrologi-dan-logika-pemodelan.html> (Diakses pada tanggal 1 Oktober 2017)

2.15. Pembangunan Model Pada Aplikasi ArcSWAT

Analisis hidrologi daerah tangkapan air Waduk Lahor dilakukan dengan bantuan ArcSWAT. Pada analisis hidrologi ini disediakan data sebagai *input* dalam model ArcSWAT meliputi data tanah, data iklim dan data tata guna lahan.

a. Deliniasi Area Penelitian

Deliniasi area penelitian merupakan langkah awal dalam menjalankan ArcSWAT. Deliniasi dilakukan dengan menggunakan data DEM. Dalam ArcSWAT, daerah penelitian termasuk jaringan hidrologi dapat dideliniasi otomatis. Pada tahap ini DAS akan dibagi menjadi beberapa sub-basin dan akan ditentukan juga ukuran *threshold* dalam tiap km². Selain itu ditentukan juga posisi dari outlet sungai sebagai akhir dari aliran sungai pada

daerah yang dianalisa.

Untuk melakukan deliniasi diperlukan peta DAS dan DEM. Sebelum melakukan kegiatan *watershed deliniation* pada ArcSWAT, seluruh peta harus pada satuan yang sama seperti UTM dan *watershed deliniation* harus telah di *plugin* ke program ArcSWAT. *Output* dari tahap ini adalah bentuk aliran sungai menuju outlet dan batas dari beberapa sub-basin. Sub-basin terbentuk dari batas-batas yang dipengaruhi oleh bentuk topografi pada wilayah tersebut.

b. Pembentukan *Hidrology Response Unit* (HRU)

HRU merupakan unit analisis hidrologi yang mempunyai karakteristik tanah dan penggunaan lahan yang spesifik, sehingga dapat dipisahkan antara satu HRU dengan lainnya. HRU diperoleh melalui overlay peta kemiringan lahan, peta tanah, dan peta penggunaan lahan yang ketiganya telah di *reprojected*. HRU yang terbentuk oleh model dengan menggunakan metode *threshold by percentage*, untuk penggunaan lahan, jenis tanah serta kemiringan lereng.

c. Pembangkitan Data Iklim (*Weather Regeneration*)

Data WGN dibangun oleh data curah hujan, kecepatan angin, temperatur, kecepatan angin, radiasi matahari dalam kurun waktu 10 tahun. Data iklim digunakan untuk membangun generator cuaca. WGN berfungsi untuk mengisi kekosongan data curah hujan yang digunakan pada masing-masing penakar hujan.

d. Simulasi

Proses simulasi dijalankan setelah proses penggabungan HRU dengan data iklim selesai dilakukan. Simulasi hidrologi dijalankan berdasarkan periode harian. Persamaan yang digunakan dalam SWAT untuk memprediksi aliran permukaan adalah metode *SCS Curve Number*.

$$Q_{\text{surf}} = \frac{(R_{\text{day}} - I_a)^2}{(R_{\text{day}} - I_a + S)} \dots\dots\dots (2-37)$$

Dengan

Q_{surf} = jumlah aliran permukaan pada hari I (mm)

R_{day} = jumlah curah hujan pada hari ke I (mm)

I_a = kehilangan akibat resapan permukaan, intersepsi, dan infiltrasi

S = parameter retensi (mm)

Parameter retensi digitung berdasarkan persamaan berikut:

$$S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \dots\dots\dots (2-38)$$

Dengan:

CN = bilangan kurva (*curve number*)

CN diturunkan dari analisis spasial dimana peta tanah dikonversi menjadi *Hidrology Soil Group* dan di *overlay* dengan peta penutupan lahan masing-masing tiap tahun. CN digunakan untuk memprediksi nilai *runoff* atau infiltrasi. Sedangkan untuk aliran bawah tanah atau *base flow* (Q_{gw}) dihitung dari persamaan:

$$Q_{gw} = \frac{8000 \cdot K_{sat}}{L^2_{gw}} \times h_{wtbl} \dots\dots\dots (2-39)$$

Dengan:

K_{sat} = *hidraulic conductivity* (mm/hari)

L^2_{gw} = jarak sub DAS ke saluran utama (m)

h_{wtbl} = tinggi muka air tanah (m)

Perhitungan debit puncak limpasan menggunakan metode rasional dengan persamaan sebagai berikut:

$$q_{peak} = (1/36) C I A \dots\dots\dots (2-40)$$

Dengan:

q_{peak} = debit puncak limpasan (m³/detik)

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas sub DAS (km²)

C = koefisien aliran

3,6 = faktor konversi

Untuk konsep perhitungan dalam SWAT menggunakan konsep erosi dan sedimentasi yaitu sebagai berikut:

$$Sed = 11,8 (Q_{surf} \cdot q_{peak} \cdot Area_{hru})^{0,56} \cdot K_{usle} \cdot C_{usle} \cdot LS_{usle} \cdot CRFG \dots\dots\dots (2-41)$$

Dengan:

Q_{surf} = jumlah aliran permukaan pada hari I (mm)

q_{peak} = debit puncak limpasan (m³/detik)

$Area_{hru}$ = luas area hru (km²)

- K_{usle} = faktor erodibilitas
 C_{usle} = faktor vegetasi
 P_{usle} = faktor konservasi tanah
 LS_{usle} = faktor topografi
 $CRFG$ = faktor pecahan batuan kasar

e. Visualisasi hasil

Pada tahap ini, visualisasi hasil yang diinginkan dapat dilihat. Misalnya dengan memilih parameter *output* debit aliran bulanan atau bulanan/tahunan.

f. Kalibrasi

Kalibrasi dimaksudkan untuk melakukan proses pengecekan *output* dari ArcSWAT terhadap data-data yang tersedia di lapangan. Proses kalibrasi ini juga digunakan untuk mengetahui kesesuaian dari estimasi nilai parameter-parameter yang kita gunakan dengan nilai parameter yang sebenarnya di lapangan.

Parameter yang digunakan sebagai acuan dalam proses kalibrasi ini adalah nilai debit banjir pada outlet dari DAS daerah studi. Nilai debit banjir yang didapat dari pencatat tinggi permukaan air pada Waduk Lahor ini akan dicek dengan nilai debit model yang dihasilkan oleh perhitungan ArcSWAT.

Berdasarkan teori *Hydrologic Calibration*, jika hasil pemodelan hidrologi menunjukkan terlalu kecil *base flow* dan terlalu besar *surface runoff*, maka solusinya adalah sebagai berikut:

A. Langkah 1:

1. Menambah/ mengurangi bilangan kurva larian (*curve number*) dalam file (*.mgf)
2. Menambah/ mengurangi AWC (*Available Water Capacity*) dalam file (*.sol)
3. Menambah/ mengurangi faktor kompensasi evaporasi dalam file (*.hru)

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

B. Langkah 2:

1. Menambah/ mengurangi koefisien resap air tanah (GW_REVAP). Nilai maksimum 0,20 dan nilai minimum 0,02.
2. Menambah/ mengurangi angka kisaran kedalaman air pada *shallow aquifer* yang mengakibatkan terjadinya evaporasi (REVAPMN).
3. Menambah/ mengurangi angka kisaran kedalaman air pada *shallow aquifer* yang mengakibatkan terjadinya aliran dasar (GWQMN). Nilai minimum 0,00.

C. Langkah 3:

Mengulangi langkah 1 dan langkah 2 terus menerus

2.16. Beberapa Bagian Penting Dalam ArcSWAT

2.16.1. *Automatic Deliniation*

Automatic Deliniation digunakan untuk mendapatkan sungai sintetis dan definisi outlet yang ada pada suatu DAS. Sungai sintetis 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 sintetis lengkap dengan dimensinya (panjang, lebar, kedalaman sungai) dan menentukan lokasi outlet secara otomatis oleh program berdasarkan percabangan anak sungai sintetis untuk membagi DAS ke dalam 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. Pengguna dapat pula mendefinisikan suatu titik outlet sebagai *point source* (waduk/ dam/ bendungan), atau dapat pula didefinisikan sebagai inlet.

Untuk mempresentasikan bentuk permukaan bumi, *software* ARCSWAT 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 dalam ketelitian identifikasi 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 metode 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 karena bentuk persegi lebih mudah dalam perhitungan.

2.16.2. *HRU Distribution*

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

Pembagian DAS ke dalam sub-sub DAS mengakibatkan setiap sub DAS mempunyai informasi tata guna lahan dan klasifikasi tanah yang berbeda-beda. Hal ini memudahkan program untuk merefleksikan perbedaan antara evapotranspirasi dengan kondisi hidrologi lain untuk setiap penutup lahan dan jenis tanah di setiap sub DAS.

2.16.3. *Land Use & Soil Definition*

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

2.17. Hasil Simulasi (*Output Data*) ArcSWAT

Output ArcSWAT terangkum dalam *file-file output* yang terdiri dari file HRU, SUB dan RCH. File SUB informasi pada masing-masing sub DAS, HRU berisikan informasi pada masing-masing HRU, sedangkan RCH berisikan informasi pada masing-masing sungai utama dalam sub DAS. Informasi pada masing-masing sungai utama dalam RCH adalah jumlah aliran yang masuk ke sungai (*FLOW_IN*) dan aliran keluar (*FLOW_OUT*). Terdapat tiga file utama yang menjadi output dari *running simulation* ArcSWAT yaitu:

a. *Subbasin Output File (*.SUB)*

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 pada 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

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

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

- ORGN_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*)
- TOTALP_IN = P dalam air yang masuk saluran (*reach*)
- TOTALP_OUT = P dalam air yang keluar saluran (*reach*)

c. *SUB Output File (*.SUB)*

- ORG_N = N organik yang terangkut keluar sub DAS menuju aliran sungai
- ORG_P = P organik yang terangkut keluar sub DAS menuju aliran sungai
- NO₃L = Nitrat yang tercuci masuk ke dalam profil tanah
- NO₃GW = Nitrat yang terangkut bersama air tanah menuju aliran sungai
- SOL_P = P mineral yang terlarut dan terangkut ke sungai
- P_GW = P terlarut bersama aliran air tanah menuju sungai

Halaman ini sengaja dikosongkan

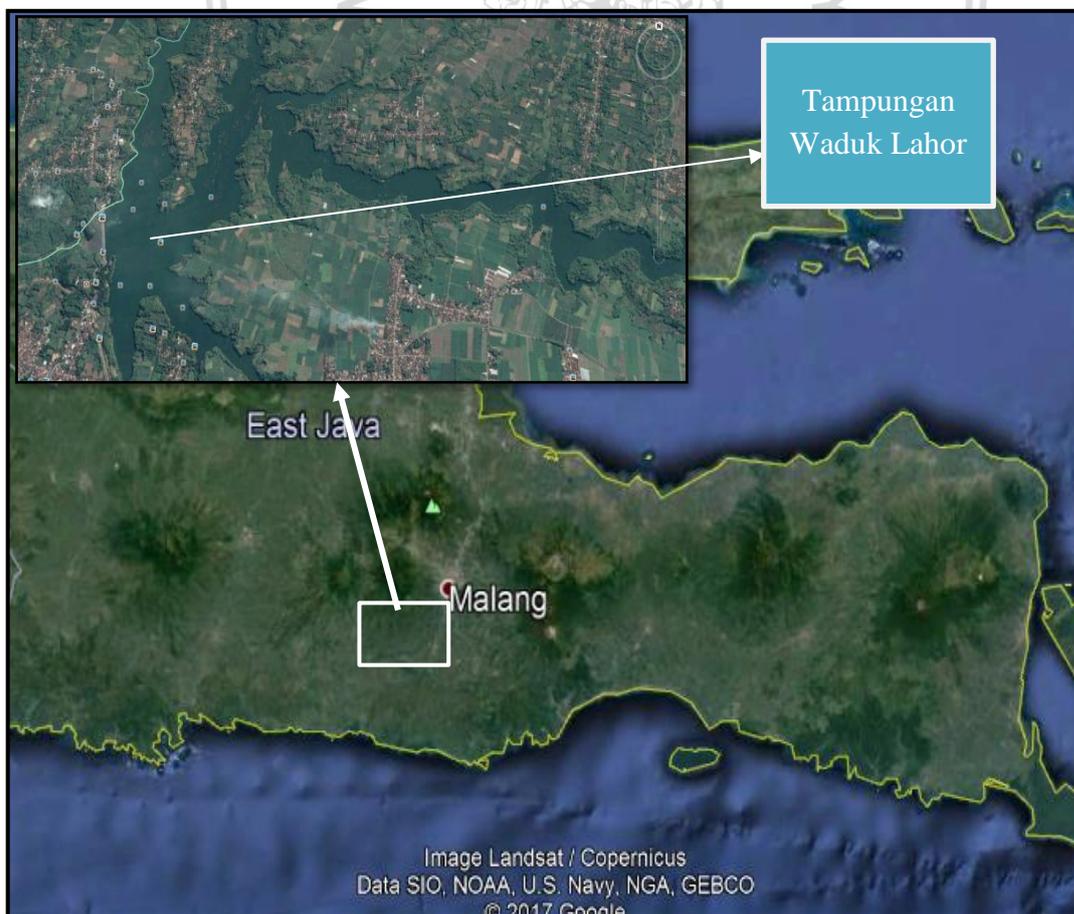


BAB III

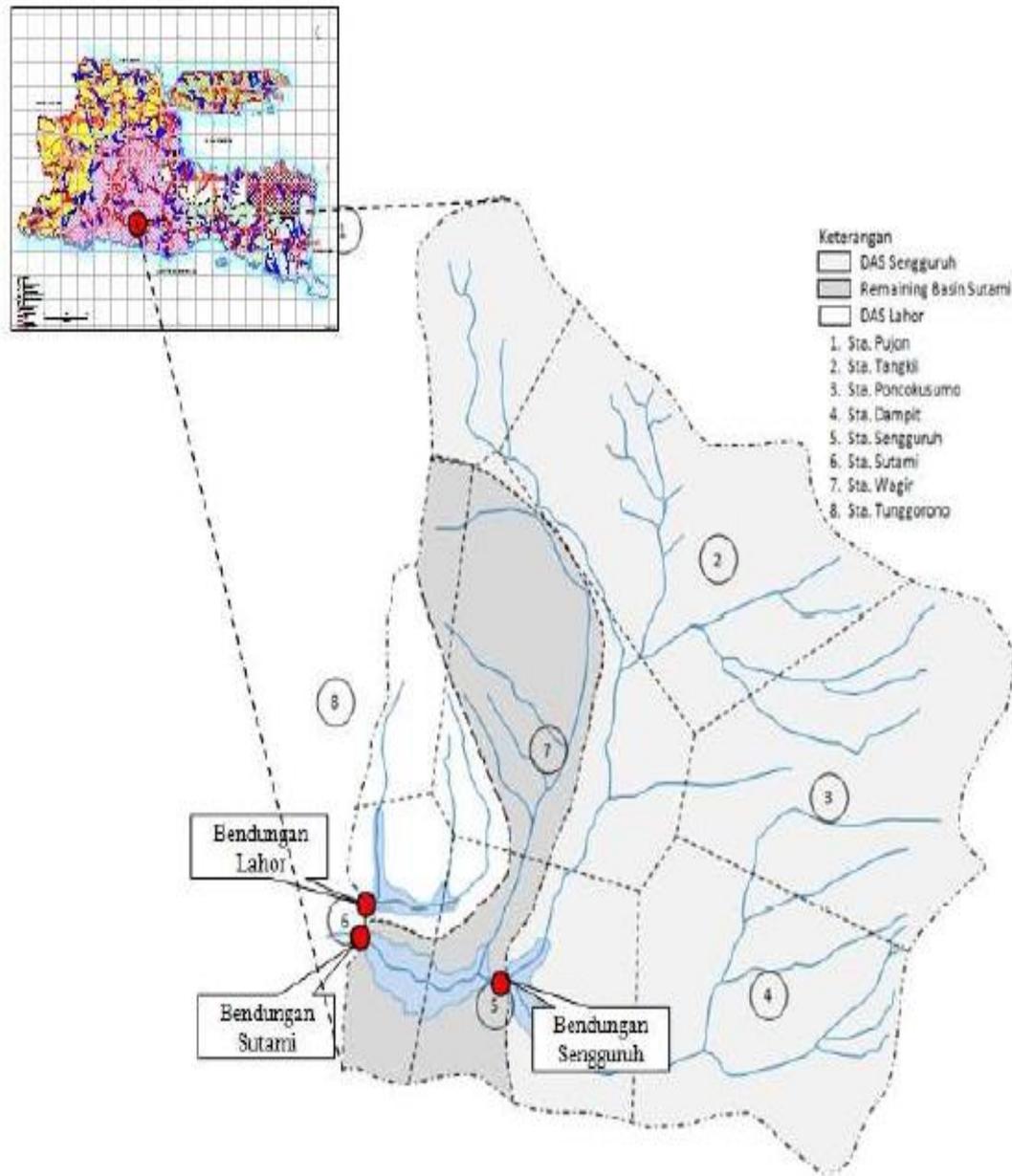
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Gambaran Umum Lokasi Studi

Lokasi penelitian adalah waduk Lahor yang terletak di Kecamatan Sumberpucung Kabupaten Malang, Jawa Timur. Waduk Lahor terletak di sungai Lahor (anak sungai Brantas), sehingga aktivitas di Daerah Pengaliran Sungai (DPS) ini yang diwakili oleh Desa Slorok dan Desa Ngajum Kecamatan Kromengan masuk dalam wilayah penelitian karena berbagai aktivitas di DPS ini kemungkinan akan memberikan dampak bagi kondisi lingkungan waduk Lahor. Waduk Lahor sebagai Proyek Karangates Tahap II terletak ± 32 km di sebelah selatan Kota Malang ke arah Kota Blitar, dibangun dengan tujuan sebagai pencegah banjir, pembangkit tenaga listrik, pensuplai air bagi kebutuhan irigasi pertanian, kegiatan perikanan darat, dan untuk kegiatan pariwisata serta berbagai tujuan lainnya yang bermanfaat bagi masyarakat yang berada di sekitar Waduk Lahor.



Gambar 3.1. Peta Lokasi Waduk Lahor Sumber: Google Earth, 2017
Sumber : Citra satelit, 2018



Gambar 3.2. Peta Bentuk Sub DAS Brantas Hulu dan Stasiun Hujan Terdekat
 Sumber : Halik, Gusfan, dkk. Model Ketersediaan Air Di Waduk Sutarni Akibat Perubahan Iklim.

3.1.1. Kondisi Topografi

Waduk Lahor terletak pada koordinat $8^{\circ}08'48,46''$ Selatan dan $112^{\circ}27'04,91''$ Timur dan berlokasi di Kecamatan Sumberpucung Kabupaten Malang sebuah kabupaten di Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Kecamatan Sumberpucung ini berbatasan dengan:

- a. Sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Kalipare;
- b. Sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang;
- c. Sebelah selatan dengan Kecamatan Kalipare; dan
- d. Kabupaten Blitar di sebelah barat.

3.1.2. Kondisi Penggunaan Lahan

penggunaan lahan di wilayah DTA Waduk Lahor didominasi oleh wilayah pertanian sawah irigasi dengan luas sebesar 11.748,257 Ha dengan presentase sebesar 71,376% dari luas wilayah pada tahun 2017. Untuk penggunaan lahan pada DTA Waduk Lahor selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1

Data Tata Guna Lahan di DTA Waduk Lahor

No	Tata Guna Lahan	2009		2017	
		Luas (Ha)	Luas (%)	Luas (Ha)	Luas (%)
1	Hutan	1917.709	11.651	2115.691	12.854
2	Perkebunan	1240.037	7.534	1240.037	7.534
3	Pemukiman	995.664	6.049	1141.806	6.937
4	Pertanian	12008.799	72.959	11748.257	71.376
5	Tubuh Air	166.665	1.013	168.402	1.023
6	Semak	130.721	0.794	45.402	0.276
	Total Luas	16460	100	16460	100

Sumber : Badan Pengelolaan DAS, 2017

3.2. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dalam penelitian kualitas air Waduk Lahor terhadap perubahan tata guna lahan pada Daerah Tangkapan Air Waduk Lahor adalah sebagai berikut:

3.2.1. Metode Pengumpulan Data

Dalam penyusunan studi ini diperlukan data-data yang mendukung. Data yang diperlukan dari studi ini adalah data sekunder, dimana data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi-instansi yang terkait dan pernah dilakukan pengukuran. Data yang diperlukan dalam pelaksanaan studi yang sesuai dengan batasan dan rumusan masalah yang telah disebutkan pada Bab I yang disertai dengan sumbernya yaitu sebagai berikut:

1. Data peta topografi wilayah DTA Waduk Lahor skala 1 : 25.000 dari Balai Pengelolaan DAS Brantas
2. Data peta tata guna lahan DTA Waduk Lahor tahun 2009 dan 2017 skala 1 : 25.000 dari Balai Pengelolaan DAS Brantas
3. Data peta jenis tanah DTA Waduk Lahor skala 1 : 25.000 dari Balai Pengelolaan DAS Brantas

4. Data hujan dan data klimatologi wilayah DTA Waduk Lahor Periode 15 tahun terakhir (2003-2017) dari Dinas PU Sumberdaya Air
5. Data parameter kualitas air pada sungai inlet Waduk Lahor didapatkan melalui Perum Jasa Tirta I
6. Data debit inflow Waduk Lahor selama 10 tahun terakhir (2008-2017) yang diperoleh melalui Perum Jasa Tirta I

3.2.1.1. Jenis dan Spesifikasi Data

▪ Data Sekunder

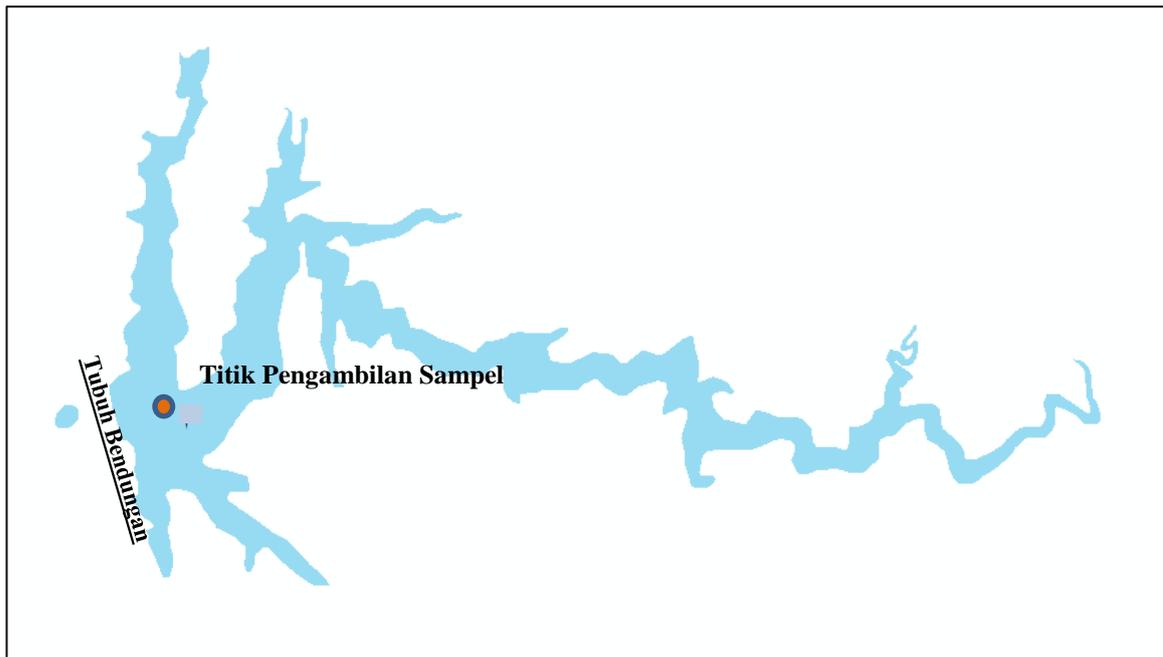
Data sekunder adalah data –data yang diperoleh dari instansi/ pengelola terkait. Data sekunder yang dibutuhkan dalam penyelesaian skripsi ini terdapat dua jenis data yang akan dilakukan analisa yaitu data pengukuran kualitas air pada Waduk Lahor pada tahun 2017, dan data-data yang digunakan sebagai *database* untuk meng-input program ArcSWAT untuk mengetahui pengaruh tata guna lahan terhadap pencemaran di waduk, spesifikasi data sekunder dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3

Tabel 3.2.

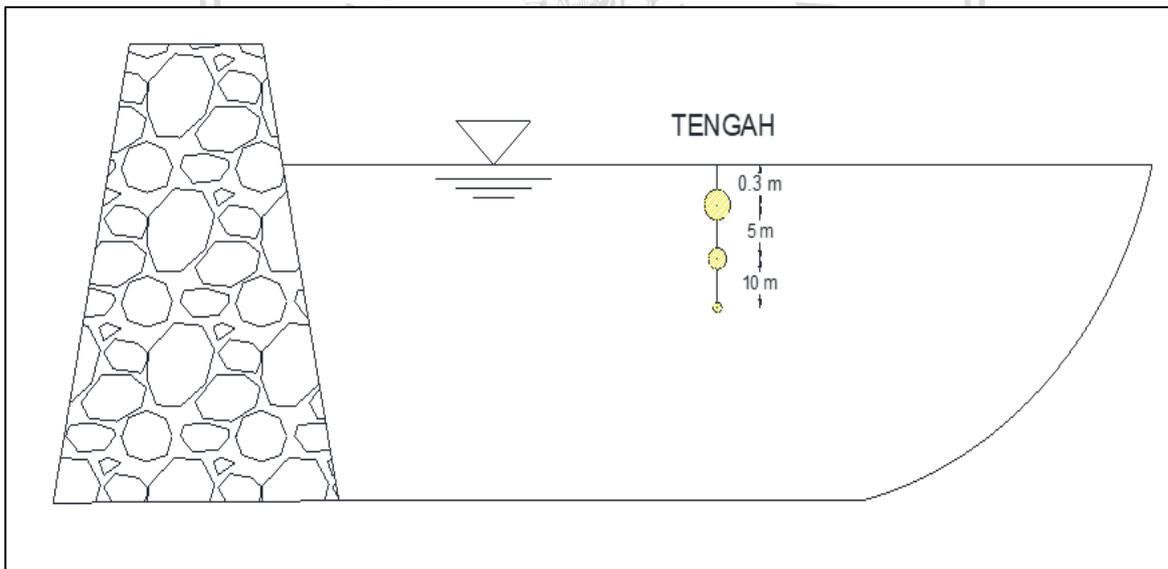
Spesifikasi Data Parameter Kualitas Air

Spesifikasi Data	Fungsi Data
Data Parameter Kualitas Air Titik Pengambilan Sampel Bulanan:	<ul style="list-style-type: none"> • Menentukan baku mutu kualitas air Waduk Lahor pada titik yang mendekati ketiga inlet sungai pada bendungan • Menentukan status mutu air waduk dengan metode Indeks Pencemaran
<ul style="list-style-type: none"> • Total-P • Nitrat (NO₃-N) • Amonia (NH₃-N) • Nitrit (NO₂-N) • BOD • DO • TSS 	

Titik pengambilan sampel terhadap data sekunder parameter-parameter untuk menentukan kualitas air pada Waduk Lahor diperoleh dari instansi Perum Jasa Tirta I dimana terdapat 1 titik pengambilan sampel pada tampungan Waduk Lahor yang berada tepat di tengah waduk dan terdapat tiga kedalaman yang berbeda yaitu 0,3 m, 5 m, dan 10 m. Berikut merupakan gambar lokasi titik pengambilan sampel oleh PJT I yang akan digunakan dalam analisa kualitas air di Waduk Lahor dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.



Gambar 3.3. Peta Titik Pengambilan Sampel Waduk Lahor
Sumber: Perum Jasa Tirta I, 2017



Gambar 3.4. Titik Pengambilan Sampel Parameter Kualitas Air Pada Waduk Lahor
Sumber: Perum Jasa Tirta I, 2017

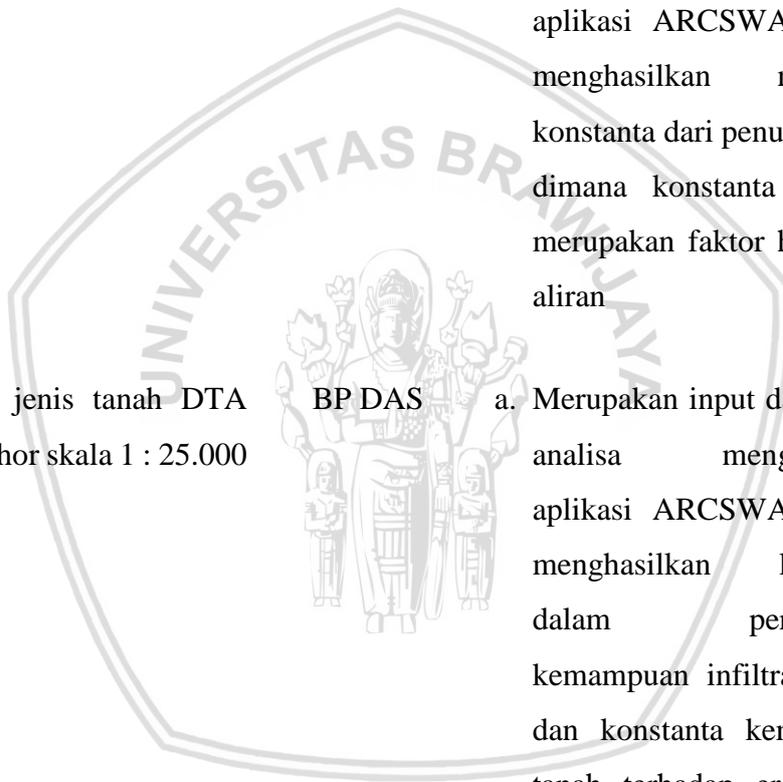
Tabel 3.3

Spesifikasi Data Sekunder Input ArcSWAT

No.	Spesifikasi Data	Sumber Data	Fungsi Data
1.	Data peta topografi wilayah DTA Waduk Lahor skala 1 : 25.000	BP DAS	a. Merupakan input data untuk analisa menggunakan aplikasi ARCSWAT untuk

Lanjutan Tabel 3.3.
Spesifikasi Data Sekunder Input ArcSWAT

No.	Spesifikasi Data	Sumber Data	Fungsi Data
			menentukan arah dan besar aliran yang mengalir pada sebuah DAS yang akan diteliti
2.	Data peta tata guna lahan DTA Waduk Lahor skala 1 : 25.000	BP DAS	a. Merupakan input data untuk analisa menggunakan aplikasi ARCSWAT untuk menghasilkan nilai-nilai konstanta dari penutup lahan dimana konstanta tersebut merupakan faktor hambatan aliran
3.	Data peta jenis tanah DTA Waduk Lahor skala 1 : 25.000	BP DAS	a. Merupakan input data untuk analisa menggunakan aplikasi ARCSWAT untuk menghasilkan konstanta dalam perhitungan kemampuan infiltrasi lahan dan konstanta kemampuan tanah terhadap erosi yang ada di lahan
4.	Data Hidrologi waduk Lahor Data tinggi curah hujan dan data klimatologi wilayah DTA Waduk Lahor Periode 10 tahun terakhir (2008-2017)	Dinas PU Sumberdaya Air	a. Merupakan input data untuk analisa menggunakan aplikasi ARCSWAT untuk proses masuk dan keluarnya aliran air di dalam suatu DAS.



3.2.2. Langkah-Langkah Penyelesaian Studi

3.2.2.1. Analisa Kualitas Mutu Air Waduk Lahor

Analisa kualitas mutu air waduk yaitu adalah membandingkan antara hasil pengukuran sampel terhadap parameter-parameter kualitas air terhadap baku mutu kelas II dalam PP No.82 Tahun 2001 untuk peruntukan perikanan kemudian diperoleh prosentase memenuhi atau tidaknya suatu parameter kualitas air yang ada di waduk. Untuk prosedur analisa kualitas air di waduk adalah sebagai berikut:

1. Mengklasifikasi musim menurut curah hujan bulanan pada stasiun hujan di DTA Waduk Lahor. Klasifikasi musim ini dibagi menurut pengklasifikasian musim di Indonesia yaitu musim basah dan musim kering. Untuk pembagian musim menggunakan metode yang diterapkan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) dimana curah hujan bulanan apabila kurang dari 60 mm maka bulan tersebut digolongkan menjadi bulan kering dan sebaliknya apabila lebih dari 60 mm maka digolongkan bulan basah.
2. Membandingkan hasil pengukuran parameter kualitas air di titik pengambilan sampel oleh Perum Jasa Tirta I terhadap baku mutu kualitas air kelas II peruntukkan perikanan PP No. 82 Tahun 2001 di tiap bulannya pada tahun 2017.
3. Memberi keterangan memenuhi atau tidak memenuhi tiap hasil pengukuran pada setiap hasil perbandingan terhadap baku mutu kualitas air.
4. Menghitung prosentase memenuhi dan tidak memenuhi pada tiap-tiap parameter.
5. Menentukan kualitas mutu air pada Waduk Lahor berdasarkan hasil rekapitulasi prosentase-prosentase perbandingan hasil pengukuran parameter kualitas air dengan baku mutu kualitas air.

3.2.2.2. Analisa Status Mutu Kualitas Air Metode Indeks Pencemaran

Perhitungan IP sesuai dengan pedoman yang ada pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 tahun 2003 dilakukan sesuai dengan prosedur berikut:

1. Menghitung harga Ci/Lij untuk tiap parameter pada setiap lokasi pengambilan sampel dengan Ci adalah konsentrasi hasil pengukuran dan Lij adalah baku mutu yang harus dipenuhi dalam PP No. 82 Tahun 2001 untuk peruntukan air kelas II.
2. Jika nilai Ci/Lij > 1, maka nilai konsentrasi parameter yang menurun menyatakan tingkat pencemaran meningkat, misal DO. Tentukan nilai teoritik atau nilai maksimum Cim (misal untuk DO, maka Cim merupakan nilai DO jenuh). Dalam kasus ini digunakan nilai Ci/Lij hasil pengukuran digantikan oleh nilai Ci/Lij hasil konsentrasi parameter

yang menurun menyatakan tingkat pencemaran meningkat, misal DO. Tentukan nilai teoritik atau nilai maksimum Cim (misal untuk DO, maka Cim merupakan nilai DO jenuh). Dalam kasus ini digunakan nilai Ci/Lij hasil pengukuran digantikan oleh nilai Ci/Lij hasil perhitungan dalam menentukan Ci/Lij.

$$(Ci/Lij)baru = \frac{Cim - Ci \text{ (Hasil Pengukuran)}}{\{(Lij)minimum - (Lij)rata-rata\}} \dots\dots\dots (3-1)$$

Jika dua nilai (Ci/Lij) berdekatan dengan nilai acuan 1,0, misal C1/L1j = 0,9 dan C2/L2j = 1,1 atau perbedaan yang sangat besar, misal C3/L3j = 5,0 dan C4/L4j = 10,0. Dalam contoh ini tingkat kerusakan badan air sulit ditentukan. Cara untuk mengatasi kesulitan ini adalah:

- a. Penggunaan nilai (Ci/Lij) hasil pengukuran apabila hasil perhitungan ini lebih kecil dari 1,0.
- b. Penggunaan nilai (Ci/Lij)baru jika nilai (Ci/Lij)hasil pengukuran lebih besar dari 1,0 maka perhitungan dengan mencari nilai (Ci/Lij)baru dapat dilihat pada persamaan berikut

$$(Ci/Lij)baru = 1,0 + P.log(Ci/Lij)hasil pengukuran \dots\dots\dots (3-2)$$

P merupakan konstanta dan nilainya ditentukan dengan bebas dan disesuaikan dengan hasil pengamatan lingkungan dan atau persyaratan yang dikehendaki untuk suatu peruntukan.

3. Menentukan nilai rata-rata dan nilai maksimum dari keseluruhan Ci/Lij ((Ci/Lij)R dan (Ci/Lij)M).
4. Menentukan harga PIj atau IP dengan persamaan berikut:

$$PIj = \sqrt{\frac{(Ci/Lij)^2 M + (Ci/Lij)^2 R}{2}} \dots\dots\dots (3-4)$$

Untuk Klasifikasi kriteria kualitas air berdasarkan dengan metode IP dapat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4
Klasifikasi kriteria kualitas air dengan metode IPA

Nilai IP	Keterangan Kondisi
0,0 ≤ IP ≤ 1,0	Memenuhi baku mutu
1 ≤ IP ≤ 5	Cemar ringan

Lanjutan Tabel 3.4
Klasifikasi kriteria kualitas air dengan metode

Nilai IP	Keterangan Kondisi
$5 \leq IP \leq 10$	Cemar sedang
$IP \geq 10$	Cemar berat

Sumber : (KepMenLH No. 115 Th. 2003)

3.2.2.3. Analisa Kualitas Air Menggunakan Program (*Software*) ArcSWAT

Langkah-langkah dalam menganalisa kualitas air menggunakan ArcSWAT adalah sebagai berikut:

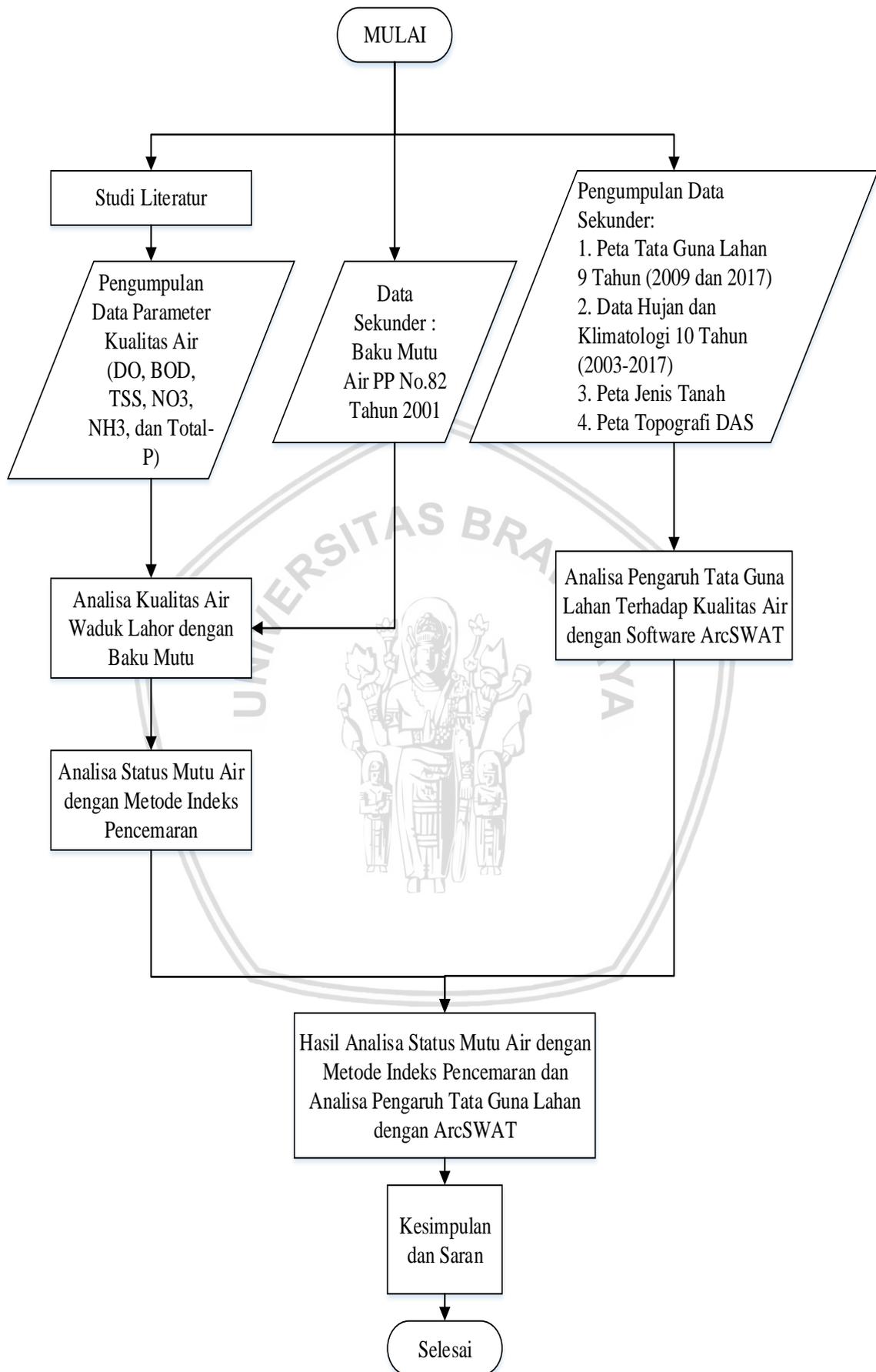
1. Mempersiapkan database yang sesuai dengan format ArcSWAT, agar program dapat menjalankan dengan baik semulainya. Data- data yang disesuaikan formatnya adalah :
 - a. Data curah hujan di ubah ke dalam format yang sesuai dengan database yang ada di ArcSWAT
 - b. Peta Tata Guna Lahan diubah ke format raster dalam bentuk grid
 - c. Peta jenis Tanah diubah ke format raster dalam bentuk grid
2. Input peta ke dalam program ArcSwat untuk watershed delineator, data yang perlu di input:
 - a. Peta DEM
 - b. Peta Jaringan Sungai
3. Membuat daerah tangkapan sungai (*catchment area*) dalam dialog box watershed delineation
 - a. karena peta jaringan sungai sudah didapatkan dalam bentuk *shp*, maka pada box burn masukan shp jaringan sungai yang sudah ada.
 - b. *Kilk Flow direction and accumulatin* untuk mengetahui luasan DAS
 - c. Pada dialog box *watershed delineation – outlet and inlet definition*, pilih perintah *add/remove/redefine* untuk mendefinisikan outlet utama dari DAS pada daerah studi dari point outlet pada peta jaringan sungai.
 - d. Pilih perintah *select whole watershed outlets*, kemudian pilih watershed delineation
 - e. Pada menu *calculation of subbasin parameters - calculate subbasin parameters*.
 - f. Didapatkan data dopografi berupa elevasi dan luas setiap *catchment area*.
4. Pengolahan Peta Tata Guna Lahan dan Peta Jenis Tanah dalam menu HRU *Analysis*

- a. Mengklasifikasikan *polyghon* peta tata guna lahan berdasarkan database
- b. Menjalankan *extension* ArcSWAT 10.2.2 dari perangkat lunak ArcMap 10.2.2
- c. Pada menu HRU Analysis, aka nada menu *land use dan soil definition* dari menu tersebut masukan peta tata guna lahan dan jenis tanah yang formatnya sudah grid.
- d. Kemudian klasifikasi ulang peta tata guna lahan dan peta jenis tanah sebelum overlay dengan peta kemiringan lereng yang akan ada pada menu selanjutnya.
- e. Didapatkan peta jenis tanah dan peta tata guna lahan yang sudah diklasifikasikan sesuai dengan database yang ada pada ArcSWAT.

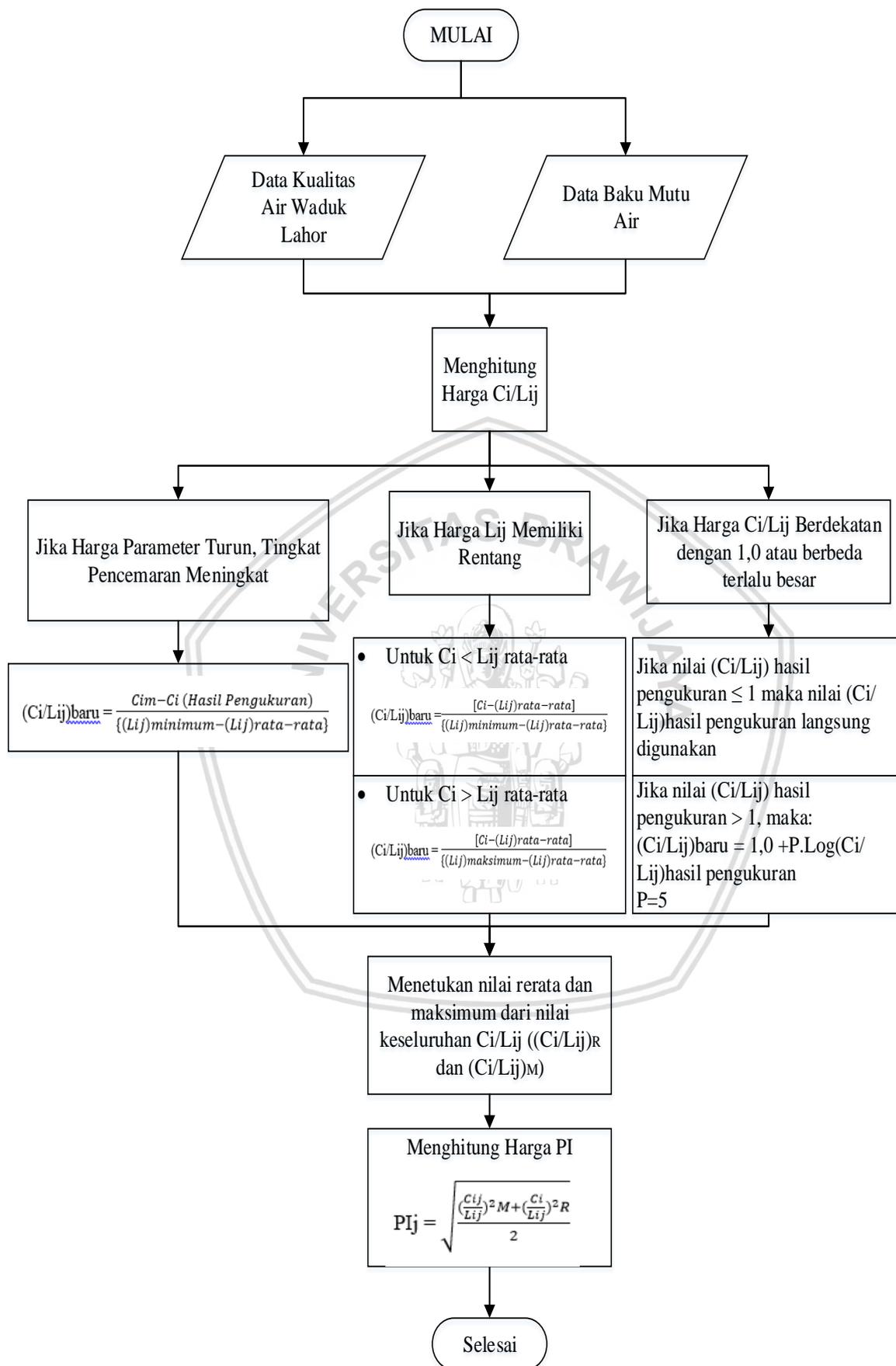
5. Pembentukan HRU (*Hydrologic Response Unit*)

Setelah didapatkan peta tata guna lahan dan jenis tanah, pada menu soil pilih multiple slope pilih *multiple slope*, kemudian kalsifikasikan kemiringan lereng berdasarkan kemiringan lereng yang ada pada daerah studi. Kalsifikasikan ulang *slope* tersebut. Kemudian centang *Create HRU map*. Selanjutnya *overlay* ketiga peta tersebut. Terbentuklah HRU berdasarkan peta jenis tanah, tata guna lahan dan kemiringan lereng.

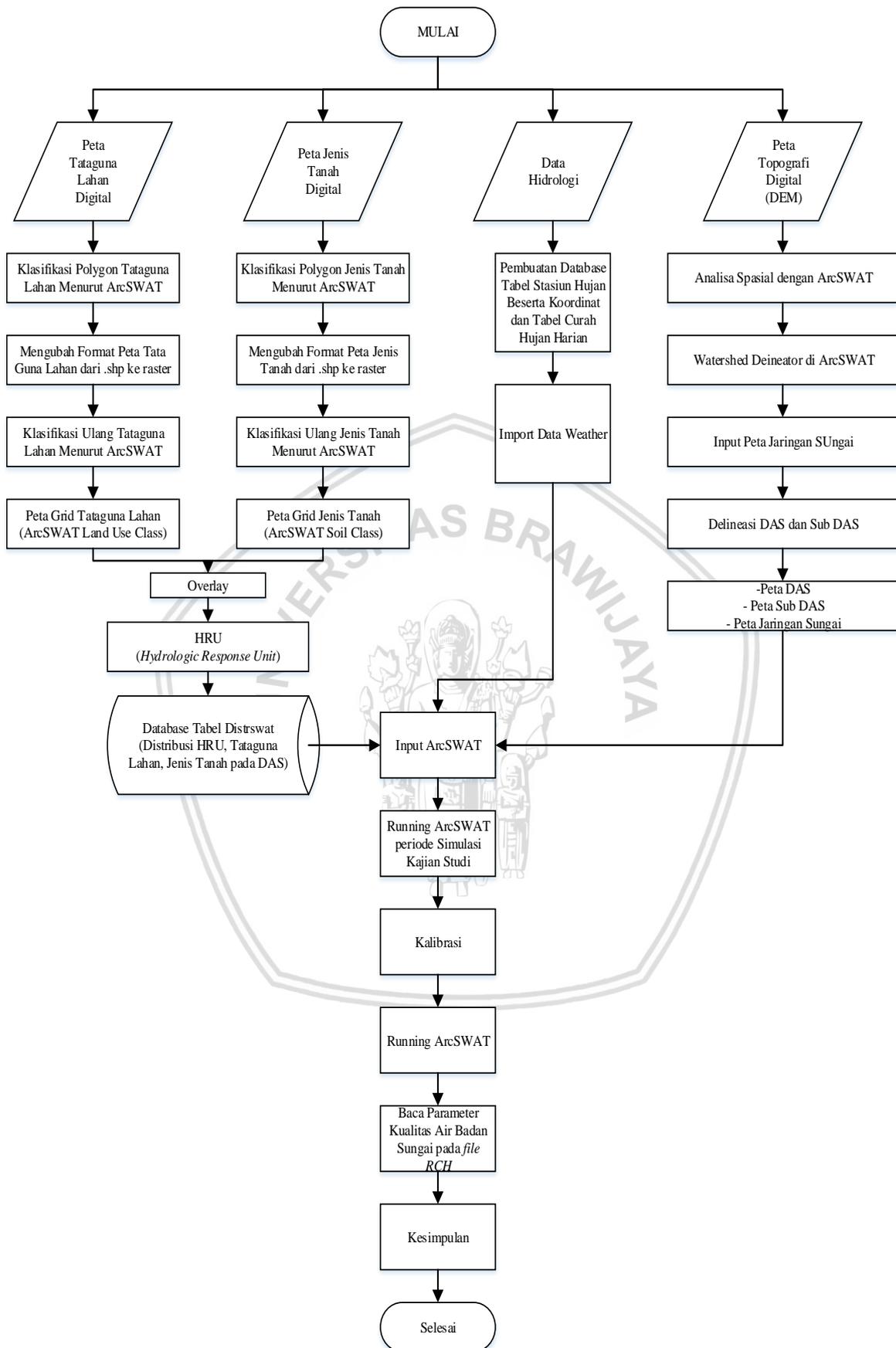
6. Input ArcSWAT dengan menjalankan menu *write input tables*, kemudian input data yang sudah diubah dalam format ArcSWAT.
7. Menjalankan menu *Run SWAT* dari menu *simulation* pada *toolbar* ArcSWAT
 - a. Melakukan *Set Up* untuk periode waktu simulasi, dan frekuensi waktu running
 - b. *Running* SWAT dari *tool SWAT Run*



Gambar 3.5. Diagram Alir Pengerjaan Skripsi



Gambar 3.6. Diagram Alir Penyelesaian Perhitungan Status Kualitas Air Metode Indeks Pencemaran



Gambar 3.7. Diagram Alir Penyelesaian Perhitungan Pengaruh Tata Guna Lahan Terhadap Kualitas Air Menggunakan ArcSWAT



Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB IV

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam penelitian merupakan data sekunder yang diperoleh dari instansi-instansi yang menangani Waduk Lahor dan Sub DAS Lahor. Data-data sekunder tersebut meliputi (data selengkapnya pada lampiran):

1. Data peta topografi wilayah DTA Waduk Lahor dari Badan Pengelolaan DAS Brantas
2. Data peta tata guna lahan tahun 2009 dan 2017 pada DTA Waduk Lahor dari Badan Pengelolaan DAS Brantas
3. Data peta jenis tanah DTA Waduk Lahor dari Badan Pengelolaan DAS Brantas
4. Data koordinat titik pengambilan sampel kualitas air Waduk Lahor yang diperoleh dari Perum Jasa Tirta I
5. Data hujan dan data klimatologi wilayah DTA Waduk Lahor Periode 10 tahun terakhir (2008-2017) serta koordinat stasiun hujan terdekat yang diperoleh dari Dinas PU Sumberdaya Air Kabupaten Malang
6. Data parameter kualitas air yang berpengaruh pada budidaya perikanan waduk meliputi yaitu DO, BOD, TSS, Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$), Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), dan Total-P pada Waduk Lahor didapatkan melalui Perum Jasa Tirta I

4.1.1. Data Sekunder Parameter Kualitas Air

Data sekunder mutu kualitas air Waduk Lahor diperoleh berdasarkan hasil pengamatan dan pengujian sampel air waduk pada laboratorium secara berkala yang dilakukan oleh Perum Jasa Tirta I yang dilakukan pada setiap bulan sekali guna mengetahui perkembangan kualitas air yang ada pada waduk dalam upaya pengembangan serta pengelolaan waduk merupakan wewenang Perum Jasa Tirta I.

Dalam penelitian kali ini membutuhkan data-data parameter kualitas air. Data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu data mutu air sepanjang tahun 2017. Parameter-parameter yang digunakan dalam penentuan status mutu kualitas air dalam penelitian ini yaitu DO (*Dissolve Oxygen*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$), Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$), dan Total-P.

Tabel 4.1

Data Parameter Kualitas Air Waduk Lahor Tahun 2017

Bulan	Satuan	Kedalaman 0,3 m							Kedalaman 5 m							Kedalaman 10 m						
		DO	BOD	TSS	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₃ -N	Total-P	DO	BOD	TSS	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₃ -N	Total-P	DO	BOD	TSS	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₃ -N	Total-P
Januari	mg/L	2.8	5.2	11.2	3.53	0.068	0.015	0.068	2.9	5.35	17.6	3.023	0.087	0.014	0.085	2.1	4.65	20.3	2.566	0.026	0.014	0.072
Februari	mg/L	3.4	5.05	10.1	1.533	0.014	0.049	0.163	2.6	5.25	12.1	1.706	0.009	0.001	0.152	2.1	4.2	33.1	2.368	0.003	0.016	0.153
Maret	mg/L	6.1	5.9	12.6	1.646	0.055	0.048	0.076	5.1	5.5	11.6	2.459	0.008	0.032	0.062	4.3	5.45	12.8	2.806	0.002	0.013	0.043
April	mg/L	5.1	5.55	5.3	1.751	0.041	0.157	0.036	4.6	5.1	15.9	2.693	0.063	0.089	0.036	3.1	4.3	12.3	3.174	0.074	0.066	0.039
Mei	mg/L	2.8	7.68	18.1	1.598	0.028	0.177	0.04	2.3	6.35	14.4	2.793	0.004	0.115	0.036	1.8	5	24.7	2.878	0.004	0.078	0.032
Juni	mg/L	5.6	8.6	15.8	3.088	0.012	0.128	0.007	3.2	6.25	8.2	2.947	0.018	0.118	0.013	0.9	5.6	10.2	3.966	0.024	0.108	0.04
Juli	mg/L	4.6	5.2	19.4	0.55	0.008	0.145	0.032	2.9	5.45	21.3	0.574	0.008	0.12	0.033	1.8	5.8	10.4	0.718	0.198	0.113	0.04
Agustus	mg/L	4.8	5.3	6.6	0.98	0.043	0.16	0.018	4.5	5.95	5.4	1.273	0.043	0.106	0.015	4	6.15	5.2	1.137	0.013	0.089	0.012
September	mg/L	5.2	5.75	9.4	1.476	0.134	0.228	0.02	4.7	5.33	5.6	1.661	0.151	0.145	0.012	4.5	4.85	31.8	1.272	0.055	0.096	0.017
Oktober	mg/L	5.2	4.98	8.2	0.645	0.034	0.07	0.12	4.8	5.8	5.7	0.78	0.496	0.062	0.029	3.8	6.45	6.3	0.779	0.107	0.061	0.062
November	mg/L	5.3	5.55	9.6	0.812	0.157	0.113	0.028	5	6.15	8.8	1.825	0.410	0.091	0.029	5	6.8	9.9	1.62	0.365	0.07	0.033
Desember	mg/L	5.6	7.4	10	1.516	0.022	0.101	0.018	5.1	5.7	7.9	1.964	0.004	0.089	0.021	4.8	8	16.5	2.198	0.003	0.077	0.041

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017

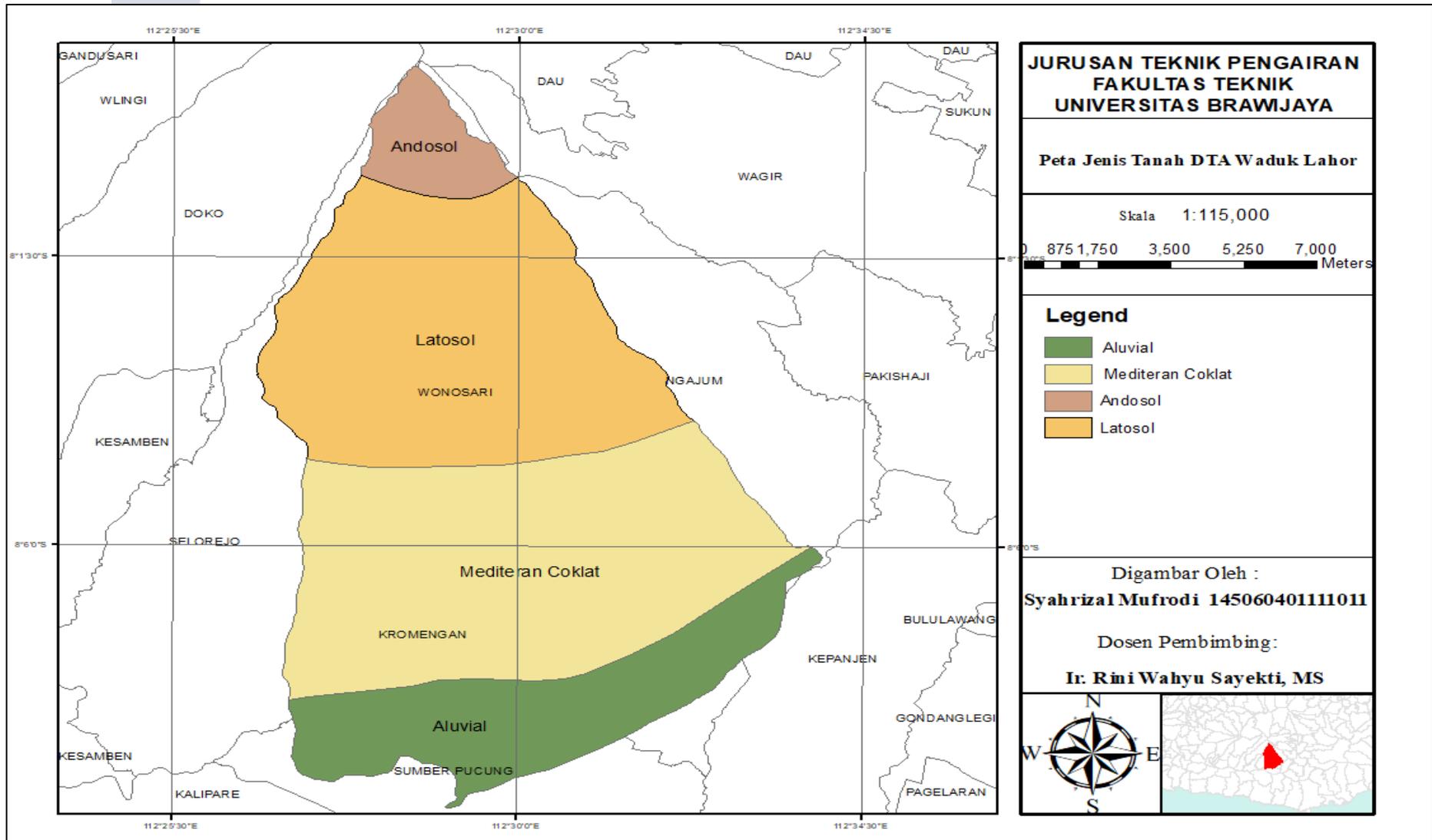
4.1.2. Data Jenis Tanah

Tanah adalah lapisan atas bumi yang terbentuk dari pelapukan batuan induk (anorganik) dan jasad tumbuhan, serta binatang yang mudah mati (organik). Akibat pengaruh temperatur, udara, angin, hujan yang mengakibatkan batuan dan jasad makhluk hidup menjadi lapuk. Mineralnya terlepas sehingga terbentuklah tanah. Jenis tanah antara daerah satu dengan lainnya berbeda-beda. Hal itu dikarenakan oleh batuan induk, curah hujan, penyinaran matahari, dan tumbuhan penutup tanah. Berikut ini merupakan jenis tanah yang ada di DTA Waduk Lahor :

Tabel 4.2
Jenis Tanah di DTA Waduk Lahor

No	Jenis Tanah	Luas (Ha)	(%)
1	Aluvial Coklat	2900	17.6185
2	Latosol	6052	36.7679
3	Kompleks Andosol	803	4.87849
4	Mediterran	6705	40.7351
	Jumlah	16460	100

Sumber : Badan Pengelolaan DAS, 2017



Gambar 4.1. Peta Jenis Tanah DTA Waduk Lahor
Sumber : BP DAS Brantas, 2017

4.1.3. Data Curah Hujan

Hujan memainkan peranan penting dalam siklus hidrologi. Lembaban dari laur menguap, berubah menjadi awan, terkumpul menjadi awan mendung, lalu turun kembali ke bumi dan akhirnya kembali ke laut melalui sungai dan anak sungai. Data hujan yang digunakan dalam analisis hidrologi dan laju erosi diambil dari 4 stasiun penakar hujan yaitu stasiun Sutami, Ngajum, Sumberpucung, dan Kepanjen. Data hujan yang dimaksudkan adalah data curah hujan harian dengan periode pengamatan tahun 2008 – tahun 2017. Rekapitulasi data hujan harian disajikan dalam bentuk data curah hujan harian maksimum tahunan yang dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3

Data Curah Hujan Tahunan Total Selama 10 Tahun (2008-2017)

Tahun	Data Curah Hujan Tahunan (mm)			
	St. Sutami	St. Ngajum	St. Sumberpucung	St. Kepanjen
2008	2554	2152	1846	2587
2009	1620	1682	1295	1827
2010	3382	3540	2756	3352
2011	1795	1800	1345	1784
2012	2282	2236	1587	2084
2013	2417	2894	2608	3054
2014	1832	1774	1968	1446
2015	1822	2198	2044	2041
2016	3197	3272	3231	3541
2017	1883	2305	2475	1769

Sumber: Dinas PU Sumberdaya Air Kabupaten Malang, 2018

4.2. Analisa Hidrologi

Hidrologi adalah bidang pengetahuan yang mempelajari kejadian-kejadian serta penyebab air alamiah di bumi. Faktor hidrologi yang berpengaruh pada wilayah hulu adalah curah hujan (presipitasi). Curah hujan pada suatu daerah merupakan salah satu faktor yang menentukan besarnya debit banjir yang terjadi pada daerah yang menerimanya (Soemarto, 1999). Analisis hidrologi dilakukan guna mendapatkan karakteristik hidrologi dan meteorologi Daerah Aliran Sungai. Tujuannya adalah untuk mengetahui karakteristik hujan, debit air yang ekstrim maupun yang wajar yang akan digunakan sebagai dasar analisis selanjutnya dalam penelitian kali ini.

4.2.1. Lokasi Titik Stasiun Hujan

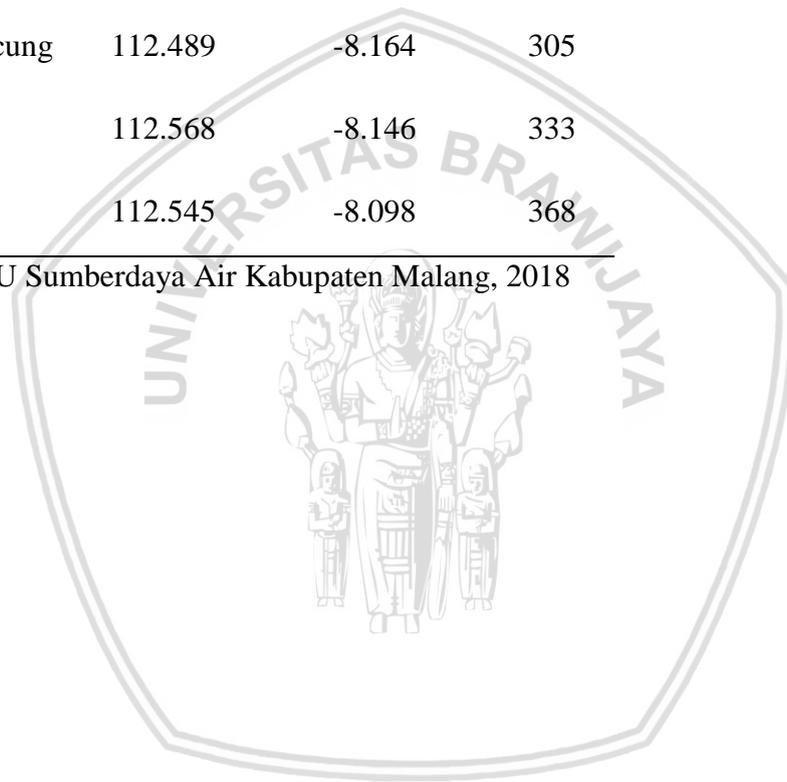
Data hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hujan di DTA Waduk Lahor dan sekitarnya yang diperoleh dari Dinas PU Sumberdaya Air Kabupaten Malang. Jumlah

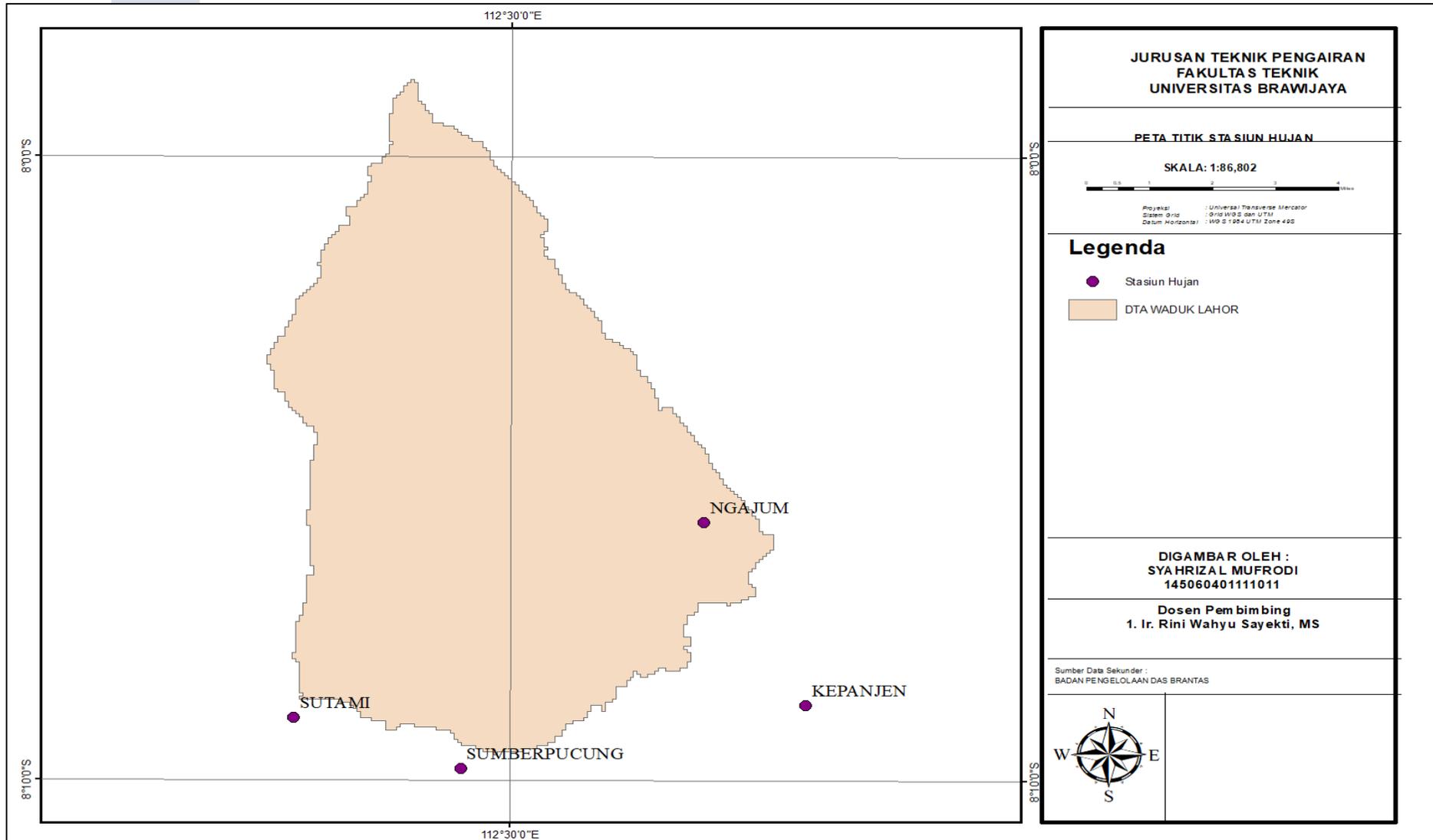
stasiun hujan yang ada dalam DTA Waduk Lahor ini ada 4 stasiun meliputi Stasiun Sutami, Stasiun Sumberpucung, Stasiun Kepanjen, dan Stasiun Ngajum. Dengan data curah hujan dengan jangka waktu 10 tahun, yaitu dari tahun 2008 sampai tahun 2017. Untuk data-data terkait stasiun hujan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4
Lokasi Stasiun Hujan DTA Waduk Lahor

No	Nama Stasiun	Bujur Timur	Lintang Selatan	Elevasi (mdpl)
1	Sutami	112.450	-8.150	281
2	Sumberpucung	112.489	-8.164	305
3	Kepanjen	112.568	-8.146	333
4	Ngajum	112.545	-8.098	368

Sumber: Dinas PU Sumberdaya Air Kabupaten Malang, 2018





Gambar 4.2. Peta Titik Stasiun Hujan DTA Waduk Lahor
 Sumber : Dinas PU Sumberdaya Air, 2017

4.2.2. Uji Konsistensi Kurva Massa Ganda

Salah satu cara untuk menguji konsistensi adalah dengan menggunakan analisis kurva massa ganda untuk data hujan musiman atau tahunan dari suatu daerah. Kurva massa ganda adalah salah satu metode grafis untuk alat identifikasi atau untuk menguji konsistensi dan kesamaan jenis data hidrologi dari suatu pos hidrologi (Soewarno, 2000 : 200). Langkah – langkah untuk melakukan uji konsistensi dengan menggunakan metode analisis kurva massa ganda yaitu sebagai berikut (contoh perhitungan untuk stasiun sutami, pada tahun 2008):

1. Menghitung curah hujan tahunan untuk masing – masing stasiun, disusun mulai tahun terbaru, dapat dilihat pada Tabel 4.11
2. Menghitung rata – rata hujan tahunan untuk stasiun pembanding,

$$\overline{CH}_{Pembanding} = \frac{(1846 + 2587)}{2} = 2217$$

3. Menghitung komulatif hujan tahunan untuk stasiun yang diuji.
Komulatif Stasiun Sutami = 2554 + 1620 = 4174
4. Menghitung komulatif tahunan untuk stasiun pembanding.
Komulatif Stasiun Pembanding = 2217 + 1561 = 3778
5. Menggambar dalam bentuk diagram pancar (scatter diagram) antara stasiun yang akan diuji dan stasiun pembanding. Stasiun yang akan diuji pada sumbu Y dan stasiun pembanding pada sumbu X. Penggambaran dilakukan dengan Autocad 2007.
6. Menganalisis konsistensi data hujan dengan cara membuat garis lurus pada diagram pancar dan menganalisis untuk menentukan apakah ada perubahan slope, maka titik yang mengalami perubahan tersebut perlu dikoreksi terhadap pencatatan data hujan dengan cara mengalikan dengan Faktor Koreksi (K) yang dihitung berdasarakan perbandingan slope setelah mengalami perubahan (S_2) dan slope sebelum mengalami perubahan (S_1).

$$\begin{aligned} \text{Nilai Curah Hujan Stasiun Sutami sesudah dikoreksi} &= K \times \overline{X} \\ &= 0,918 \times 2554 \\ &= 2346 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan pada Stasiun Sutami berikutnya untuk perhitungan nilai curah hujan tahunan total selama 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 4.5.

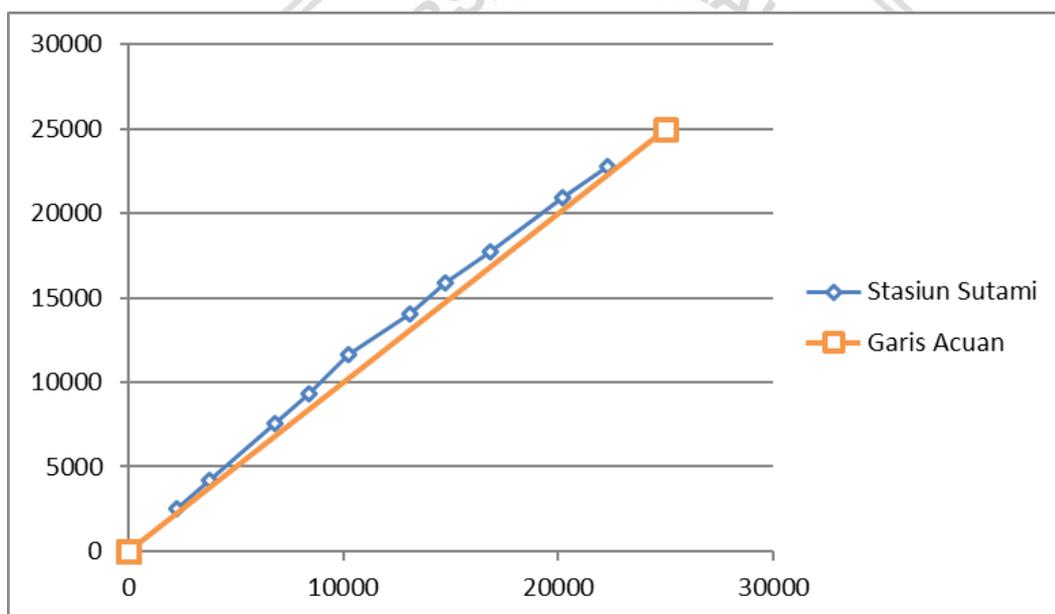
Tabel 4.5
Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Sutami

Tahun	St. Hujan Sutami		St. Hujan Pembanding	
	CH. Tahunan	CH. Komulatif	CH. Tahunan Rerata	CH. Komulatif
2008	2554	2554	2217	2217
2009	1620	4174	1561	3778

Lanjutan Tabel 4.5
Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Sutami

Tahun	St. Hujan Sutami		St. Hujan Pemanding	
	CH. Tahunan	CH. Komulatif	CH. Tahunan Rerata	CH. Komulatif
2010	3382	7556	3054	6832
2011	1795	9351	1565	8396
2012	2282	11633	1836	10232
2013	2417	14050	2831	13063
2014	1832	15882	1707	14770
2015	1822	17704	2043	16812
2016	3197	20901	3386	20198
2017	1883	22784	2122	22320

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.3. Grafik Uji Konsistensi Stasiun

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Tabel 4.6
Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Sutami Setelah di Koreksi

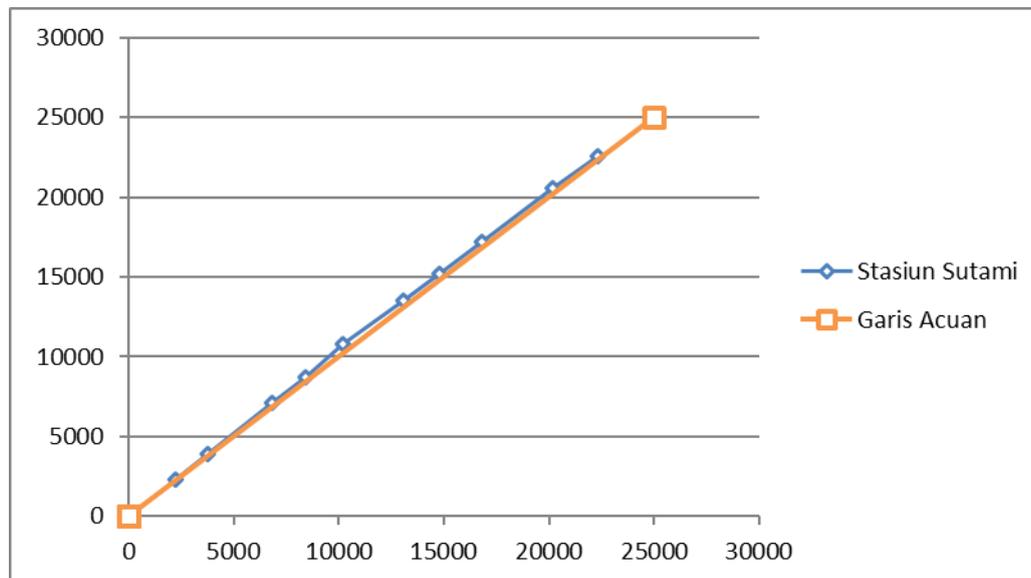
Tahun	Curah Hujan	Tan A	Tan α	Faktor Koreksi	Nilai Sekarang	Kumulatif Nilai Sekarang
2008	2554	45	49	0.918	2346	2346
2009	1620	45	46	0.978	1585	3930
2010	3382	45	48	0.938	3171	7101
2011	1795	45	49	0.918	1648	8749
2012	2282	45	51	0.882	2014	10763

Lanjutan Tabel 4.6

Uji Konsistensi Data Curah Hujan Stasiun Sutami Setelah di Koreksi

Tahun	Curah Hujan	Tan A	Tan α_c	Faktor Koreksi	Nilai Sekarang	Kumulatif Nilai Sekarang
2013	2417	45	40	1.125	2719	13482
2014	1832	45	47	0.957	1754	15236
2015	1822	45	42	1.071	1952	17188
2016	3197	45	43	1.047	3346	20534
2017	1883	45	42	1.071	2018	22551

Sumber: Hasil Perhitungan, 2017



Gambar 4.4. Grafik Uji Konsistensi Stasiun Sutami Setelah di Koreksi

Sumber : Hasil Analisa, 2018

Untuk perhitungan pada stasiun lainnya pada DTA Waduk Lahor dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7

Data Curah Hujan Baru yang sudah dikoreksi

Tahun	Data Curah Hujan Tahunan (mm)			
	St. Sutami	St. Ngajum	St. Sumberpucung	St. Kepanjen
2008	2346	2201	2373	2376
2009	1585	1610	1575	1678
2010	3171	3251	3352	3279
2011	1648	1653	1636	1708
2012	2014	1973	2040	2039
2013	2719	2831	2862	2924
2014	1754	1735	1807	1668
2015	1952	2104	2044	2041
2016	3346	3346	3635	3464

Lanjutan Tabel 4.7
Data Curah Hujan Baru yang sudah dikoreksi

Tahun	Data Curah Hujan Tahunan (mm)			
	St. Sutami	St. Ngajum	St. Sumberpucung	St. Kepanjen
2017	2018	2207	2101	1990

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

4.2.3. Uji Ketidakadaan Trend

Trend merupakan deret berkala yang nilainya menunjukkan gerakan yang berjangka panjang dan mempunyai kecenderungan menuju kesatu arah (arah naik atau turun). Umumnya meliputi gerakan yang lamanya lebih dari 10 tahun. Apabila dalam deret berkala menunjukkan adanya trend maka datanya tidak disarankan untuk digunakan dalam analisis hidrologi. Apabila deret berkala itu menunjukkan adanya trend, maka analisis hidrologi harus mengikuti garis trend yang dihasilkan. Ketidakadaan trend dapat diuji dengan banyak cara. Dalam studi ini di ambil uji korelasi Mann-Whitney

4.2.3.1. Uji *Mann-Whitney*

Uji *Mann* dan *Whitney* untuk menguji apakah dua kelompok data yang tidak berpasangan berasal dari populasi yang sama atau tidak. Uji ini menguji apakah satu set sampel data deret berkala menunjukkan adanya trend atau tidak dapat digunakan prosedur yang sama dengan cara membagi satu seri data deret berkala menjadi dua bagian yang jumlahnya sama (Soewarno, 1995 : 91).. Contoh perhitungan uji Mann-Whitney pada stasiun hujan sutami adalah sebagai berikut:

1. Mengurutkan data sesuai deret waktu
2. Membagi data menjadi dua bagian/ kelas yang jumlahnya sama
3. Membuat peringkat berdasarkan data hujan yang terkecil sampai terbesar

$$Ch = 2345 \text{ (tahun 2008)}$$

$$R = 4$$

4. Hitung nilai total rangking (R) tiap kelas

$$R_1 = 30$$

$$R_2 = 25$$

5. Mengambil nilai Rmaks untuk perhitungan selanjutnya

$$R_m = 30$$

6. Hitung nilai parameter statistic

$$U_1 = N_1 N_2 + \frac{N_1}{N_2} (N_1 + 1) - R_m$$

$$U_1 = 5 \times 5 + \frac{5}{5} (5+1) - 30$$

$$\begin{aligned}
 U_1 &= 10 \\
 U_2 &= N_1 N_2 - U_1 \\
 U_2 &= 5 \times 5 - 10 \\
 U_2 &= 15
 \end{aligned}$$

7. Hitung nilai uji Mann-Whitney sebagai nilai Z :

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{\frac{U - (N_1 N_2)}{2}}{\left(\frac{1}{12}\{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)\}\right)^{\frac{1}{2}}} \\
 Z &= \frac{\frac{10 - (5 \cdot 5)}{2}}{\left(\frac{1}{12}\{5 \cdot 5 (5 + 5 + 1)\}\right)^{\frac{1}{2}}} \\
 Z &= -0,52223
 \end{aligned}$$

8. Keputusan :

Berdasarkan hasil tabel nilai t_c untuk distribusi normal (Soewarno, 1995 :11), untuk derajat kepercayaan 5%, maka diperoleh nilai $Z_c = -1,96$, oleh karena $Z < Z_c$, maka hipotesis nol diterima. Dengan demikian data stasiun hujan sutami berasal dari populasi yang sama.

Berikut rekapitulasi uji ketidakadaan trend metode Mann-Whitney pada seluruh pos hujan dapat dilihat pada tabel 4.8

Tabel 4.8
Rekapitulasi Perhitungan Uji *Mann-Whitney*

No	Stasiun	zhitung	z kritis	Kesimpulan
1	Sutami	-0.52	±1.96	Data Diterima
2	Ngajum	-0.94		Data Diterima
3	Sumberpucung	-0.73		Data Diterima
4	Kepanjen	-0.31		Data Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

4.2.4. Uji Stasioner

Uji stasioner dimaksudkan untuk menguji kestabilan varian rata-rata dari data hujan yang akan dipakai. Pengujian nilai varian dari deret berkala dapat dilakukan dengan Uji-F. Data yang sudah ada dibagi menjadi dua kelompok atau lebih. Jika hipotesis nol untuk nilai varian tersebut menunjukkan stasioner

4.2.4.1. Uji Kestabilan Varian

Berikut ini adalah contoh perhitungan Uji Kestabilan Varian (Uji F) :

- 1 Data curah hujan kumulatif tahunan dikelompokkan menjadi 2 bagian.
- 2 Selanjutnya mencari rata-rata kelompok tersebut, contoh kelompok I

$$\bar{X} = \frac{2436 + 1585 + 3171 + 1648 + 2014}{5} = 2152,583$$

- 3 Kemudian menghitung simpangan baku (standar deviasi)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}{n - 1}} = 646,045$$

- 4 Berikutnya mencari nilai F

<u>Kelompok II</u>	<u>Kelompok I</u>
$n_2 = 5$	$n_1 = 5$
$X_2 = 2357,693$ mm/tahun	$X_1 = 2152,583$ mm/tahum
$S_2 = 661,754$ mm/tahun	$S_1 = 646,045$ mm/tahun

$$F = \frac{n_1 \cdot s_1^2 (n_2 - 1)}{n_2 \cdot s_2^2 (n_1 - 1)} = \frac{5 \times 646,045^2 (5 - 1)}{5 \times 661,754^2 (5 - 1)} = 0,953$$

- 5 Pada derajat kebebasan $dk_1 = n_1 - 1 = 4$ dan $dk_2 = n_2 - 1 = 4$ dan derajat kepercayaan 5% maka didapatkan f tabel sebesar 6,39
- 6 Nilai F perhitungan = 0,953 lebih kecil dari nilai F tabel = 6,39, maka hipotesa diterima. Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.10

4.2.4.2. Uji Kestabilan Nilai Rata-rata

Berikut ini adalah contoh perhitungan Uji Kestabilan Nilai Rata-rata (Uji-t):

- Parameter perhitungan uji kestabilan rata-rata sama dengan uji kestabilan varian, yaitu mencari simpangan baku dan rata-rata tiap kelompoknya. Contoh perhitungannya bisa dilihat pada perhitungan uji varian diatas.
- Selanjutnya mencari nilai signifikan α dengan rumus :

$$\alpha = \left(\frac{n_1 \cdot s_1^2 + n_2 \cdot s_2^2}{n_2 + n_2 - 2} \right)^{0,5} = \left(\frac{5(646,045)^2 + 5(661,754)^2}{5 + 5 - 2} \right)^{0,5} = 653,946$$

- Berikutnya mencari nilai t hitung dengan rumus:

$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sigma \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{0,5}} = \frac{2153 - 2358}{653,946 \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{5} \right)^{0,5}} = -0,496$$

- Mencari nilai t tabel, untuk derajat kebebasan $dk=8$, dan derajat kepercayaan 0,025 pada uji dua arah maka diperoleh nilai t tabel = 2,776

Karena nilai t hitung = -0,496 lebih kecil dari nilai t tabel=2,776, maka hipotesis diterima. Perhitungan selanjutnya dapat dilihat di tabel 4.11

Tabel 4.9
Perhitungan Uji Kestabilan Rata-Rata

No	Stasiun Hujan Sutami		Stasiun Hujan Ngajum		Stasiun Hujan Sumberpucung		Stasiun Hujan Kepanjen	
	Kelompok 1	Kelompok 2	Kelompok 1	Kelompok 2	Kelompok 1	Kelompok 2	Kelompok 1	Kelompok 2
	Hujan Total	Hujan Total	Hujan Total	Hujan Total	Hujan Total	Hujan Total	Hujan Total	Hujan Total
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	2346	2719	2201	2831	2373	2862	2376	2924
2	1585	1754	1610	1735	1575	1807	1678	1668
3	3171	1952	3251	2104	3352	2044	3279	2041
4	1648	3346	1653	3346	1636	3635	1708	3464
5	2014	2018	1973	2207	2040	2101	2039	1990
Rerata	2152.583	2357.716	2137.671	2444.854	2195.312	2490.015	2215.917	2417.530
S1	646.045	661.754	667.742	639.853	723.053	752.559	658.559	747.873
N1	5	5	5	5	5	5	5	5
D	653.946		653.946		737.953		704.632	
t	-0.496		-0.743		-0.631		-0.452	
t Tabel (5%)	2.776		2.776		2.776		2.776	
Kesimpulan	DITERIMA		DITERIMA		DITERIMA		DITERIMA	

Sumber: Hasil Perhitungan,2018

Tabel 4.10
Perhitungan Uji Kestabilan Varian

No	Stasiun Hujan Sutami		Stasiun Hujan Ngajum		Stasiun Hujan Sumberpucung		Stasiun Hujan Kepanjen	
	Kelompok 1	Kelompok 2	Kelompok 1	Kelompok 2	Kelompok 1	Kelompok 2	Kelompok 1	Kelompok 2
	Hujan Total	Hujan Total	Hujan Total	Hujan Total	Hujan Total	Hujan Total	Hujan Total	Hujan Total
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	2346	2719	2201	2831	2373	2862	2376	2924
2	1585	1754	1610	1735	1575	1807	1678	1668
3	3171	1952	3251	2104	3352	2044	3279	2041
4	1648	3346	1653	3346	1636	3635	1708	3464
5	2014	2018	1973	2207	2040	2101	2039	1990
Rerata	2152.583	2357.716	2137.671	2444.854	2195.312	2490.015	2215.917	2417.530
S1	646.045	661.754	667.742	639.853	723.053	752.559	658.559	747.873
n1 S1 (n2-1)	8347470.693		8917581.468		10456099.969		8673998.253	
n2 S2 (n1-1)	8758357.608		8188243.683		11326895.111		11186266.808	
F hitung	0.953		1.089		0.923		0.775	
F Tabel (5%)	6.39		6.39		6.39		6.39	
Kesimpulan	DITERIMA		DITERIMA		DITERIMA		DITERIMA	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.11
Rekapitulasi Pengujian Data Hujan

Stasiun Hujan	Jenis Pengujian		
	Ketiadaan Trend	Stasioner Uji F	Stasioner Uji t
Sutami	Diterima	Diterima	Diterima
Ngajum	Diterima	Diterima	Diterima
Sumberpucung	Diterima	Diterima	Diterima
Kepanjen	Diterima	Diterima	Diterima

Sumber: Hasil perhitungan, 2018

4.3. Analisa Kualitas Mutu Air Waduk Lahor

Analisa kualitas mutu air pada Waduk Lahor menggunakan data kualitas air pada tahun 2017 pada titik pengambilan sampel yang dilakukan oleh Perum Jasa Tirta I. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi teraktual dan perkembangan daripada kondisi mutu air pada Waduk Lahor selama setahun pada tahun 2017.

4.3.1. Pembagian Musim

Pembagian musim pada analisa ini diambil satu stasiun yang terdekat dengan Waduk Lahor yaitu Stasiun Hujan Sutami. Pembagian musim dilakukan dengan metode yang dilakukan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) pada data curah hujan selama periode tahun 2017.

Cara pengerjaan dari metode ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung total curah hujan harian pada setiap bulan
2. Menentukan kategori musim untuk setiap bulan pengamatan. Apabila melebihi 50 mm, maka dikategorikan sebagai musim basah. Sementara apabila dibawah nilai 50 mm, maka dikategorikan musim kering.

Contoh pengerjaan dari pembagian musim adalah sebagai berikut : Diketahui jumlah curah hujan harian tiap bulan dari Stasiun Hujan Sutami adalah sebagai berikut:

Tabel 4.12
Curah Hujan Bulanan Stasiun Sutami

No.	Bulan	Curah hujan bulanan (mm)
1	Januari-2017	464
2	Februari-2017	283
3	Maret-2017	143
4	April-2017	256
5	Mei-2017	30
6	Juni-2017	23
7	Juli-2017	58
8	Agustus-2017	2

Lanjutan Tabel 4.12
Curah Hujan Bulanan Stasiun Sutami

No.	Bulan	Curah hujan bulanan (mm)
9	September-2017	29
10	Oktober-2017	77
11	November-2017	328
12	Desember-2017	189

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017

Kemudian data curah hujan bulanan tersebut dianalisa sesuai dengan metode yang dilakukan BMKG dimana data curah hujan yang melampaui 60 mm adalah data curah hujan pada bulan Januari, Februari, Maret, April, Oktober, November, dan Desember sehingga dikategorikan sebagai musim basah. Sedangkan pada bulan Mei, Juni, Juli, Agustus, dan September dikategorikan sebagai bulan kering dikarenakan curah hujan bulannya dibawah 60 mm. Berikut rekapitulasi pembagian musim pada tabel 4.13

Tabel 4.13
Hasil Analisis Klasifikasi Mudim pada Stasiun Sutami

No.	Bulan	curah hujan bulanan (mm)	Klasifikasi Musim
1	Januari-2017	464	basah
2	Februari-2017	283	basah
3	Maret-2017	143	basah
4	April-2017	256	basah
5	Mei-2017	30	kering
6	Juni-2017	23	kering
7	Juli-2017	58	kering
8	Agustus-2017	2	kering
9	September-2017	29	kering
10	Oktober-2017	77	basah
11	November-2017	328	basah
12	Desember-2017	189	basah

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

4.3.2. Analisa Perbandingan Hasil Pengukuran Tiap Parameter Dengan Baku Mutu

4.3.2.1. Analisa Baku Mutu Kualitas Air

Untuk mengetahui kondisi kualitas air Waduk Lahor, hasil pengukuran parameter di lapangan dapat dibandingkan langsung dengan baku mutunya. Dalam penelitian kali ini dalam upaya mengetahui kualitas air terhadap budidaya perikanan maka digunakan baku mutu air kelas II peruntukkan untuk perikanan sesuai dengan PP No. 82 Tahun 2001 pada tahun 2017 dapat dilihat pada tabel berikut:

a. Parameter DO

Tabel 4.14

Perbandingan Hasil Pengukuran DO dengan Baku Mutu pada Kedalaman 0,3 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	DO (mg/L)	Keterangan
1	BASAH	Jan-17	01/05/2017	4	2.8	TIDAK MEMENUHI
2		Feb-17	02/01/2017	4	3.4	TIDAK MEMENUHI
3		Mar-17	03/06/2017	4	6.1	MEMENUHI
4		Apr-17	04/06/2017	4	5.1	MEMENUHI
5	KERING	Mei-17	05/05/2017	4	2.8	TIDAK MEMENUHI
6		Jun-17	06/09/2017	4	5.6	MEMENUHI
7		Jul-17	07/07/2017	4	4.6	MEMENUHI
8		Agu-17	08/04/2017	4	4.8	MEMENUHI
9		Sep-17	09/06/2017	4	5.2	MEMENUHI
10	BASAH	Okt-17	10/04/2017	4	5.2	MEMENUHI
11		Nov-17	11/02/2017	4	5.3	MEMENUHI
12		Des-17	12/06/2017	4	5.6	MEMENUHI
					Memenuhi	71%
Prosentase Musim Basah					Tidak Memenuhi	29%
					Memenuhi	80%
Prosentase Musim Kering					Tidak Memenuhi	20%

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017

Tabel 4.15

Perbandingan Hasil Pengukuran DO dengan Baku Mutu pada Kedalaman 5 m Tahun 2017

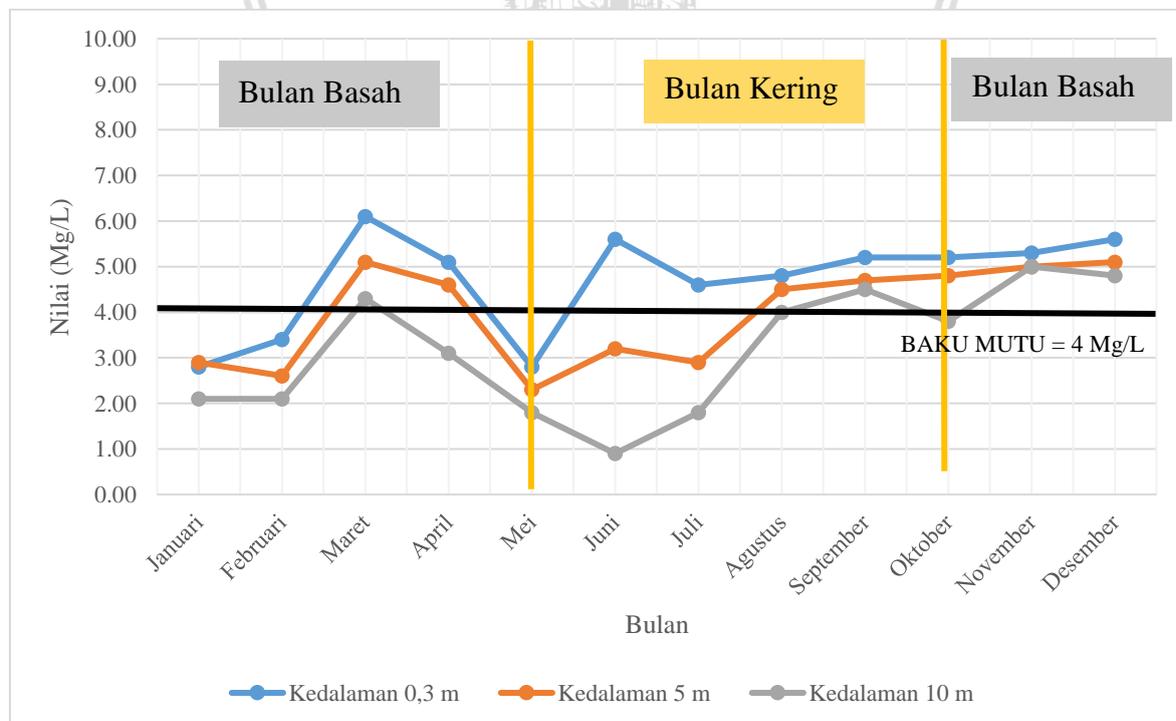
No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	DO (mg/L)	Keterangan
1	BASAH	Jan-17	01/05/2017	4	2.9	TIDAK MEMENUHI
2		Feb-17	02/01/2017	4	2.6	TIDAK MEMENUHI
3		Mar-17	03/06/2017	4	5.1	MEMENUHI
4		Apr-17	04/06/2017	4	4.6	MEMENUHI
5	KERING	Mei-17	05/05/2017	4	2.3	TIDAK MEMENUHI
6		Jun-17	06/09/2017	4	3.2	TIDAK MEMENUHI
7		Jul-17	07/07/2017	4	2.9	TIDAK MEMENUHI
8		Agu-17	08/04/2017	4	4.5	MEMENUHI
9		Sep-17	09/06/2017	4	4.7	MEMENUHI
10	BASAH	Okt-17	10/04/2017	4	4.8	MEMENUHI
11		Nov-17	11/02/2017	4	5	MEMENUHI
12		Des-17	12/06/2017	4	5.1	MEMENUHI
					Memenuhi	71%
Prosentase Musim Basah					Tidak Memenuhi	29%
					Memenuhi	40%
Prosentase Musim Kering					Tidak Memenuhi	60%

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017

Tabel 4.16
Perbandingan Hasil Pengukuran DO dengan Baku Mutu pada Kedalaman 10 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	DO (mg/L)	Keterangan
1	BASA	Jan-17	01/05/2017	4	2.1	TIDAK MEMENUHI
2		Feb-17	02/01/2017	4	2.1	TIDAK MEMENUHI
3		Mar-17	03/06/2017	4	4.3	MEMENUHI
4		Apr-17	04/06/2017	4	3.1	TIDAK MEMENUHI
5	KERING	Mei-17	05/05/2017	4	1.8	TIDAK MEMENUHI
6		Jun-17	06/09/2017	4	0.9	TIDAK MEMENUHI
7		Jul-17	07/07/2017	4	1.8	TIDAK MEMENUHI
8		Agu-17	08/04/2017	4	4	TIDAK MEMENUHI
9		Sep-17	09/06/2017	4	4.5	MEMENUHI
10		Okt-17	10/04/2017	4	3.8	TIDAK MEMENUHI
11		Nov-17	11/02/2017	4	5	MEMENUHI
12		Des-17	12/06/2017	4	4.8	MEMENUHI
Prosentase Musim Basah					Memenuhi	43%
					Tidak Memenuhi	57%
Prosentase Musim Kering					Memenuhi	20%
					Tidak Memenuhi	80%

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017



Gambar 4.5. Perbandingan Nilai DO pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Berdasarkan Gambar 4.5, menunjukkan bahwa adanya fluktuasi kadar oksigen terlarut pada Waduk Lahor. Namun dapat dilihat bahwa DO cenderung mengikuti perubahan musim, dimana perubahan musim ini berkaitan dengan perubahan suhu pada waduk, dimana ketika ada peningkatan suhu umumnya terjadi pada musim kering maka nilai DO akan berkurang. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan Haslam (1995) dalam Effendi (2003), bahwa peningkatan suhu akan mengurangi kelarutan gas, salah satunya adalah oksigen. Selain itu kadar oksigen terlarut juga berfluktuasi Karena pencampuran (mixing) dan pergerakan (turbulence) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah (effluent) yang masuk ke badan air (Effendi, 2003)

Sumber oksigen terlarut dapat berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer (sekitar 35%) dan aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton . Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik juga dapat mengurangi kadar oksigen terlarut yang ada di perairan.

Perubahan konsentrasi DO dalam air dapat dipengaruhi oleh temperatur. Peningkatan temperatur akan meningkatkan reaksi kimia yang menggunakan oksigen sehingga level DO cenderung kritis.

Masalah ini akan menjadi lebih sulit lagi saat musim kering karena aliran sungai biasanya akan menurun, sehingga total kuantitas oksigen juga akan ikut menurun (Metcalf & Eddy, 2003). Peningkatan suhu sebesar 1°C akan meningkatkan konsumsi oksigen sebesar 10% (Brown, 1987 dalam Effendi, 2003).

Dapat dilihat juga pada Gambar 4.5. menunjukkan besar fluktuasi DO pada tiap-tiap kedalaman dimana nilai DO terbesar terletak pada kedalaman 0,3 m dan nilai DO terendah terletak pada kedalaman 10 m. perbedaan kuantitas oksigen ini dapat disebabkan adanya reaksi kimia yang membutuhkan oksigen

Proses amonifikasi dan nitrifikasi yang tinggi pada kedalaman waduk yang masih terus berlangsung sehingga oksigen pada kedalaman 10 m menurun kadarnya. Sedangkan pada kedalaman 0,3 m hasil parameter dari nilai DO menunjukkan angka sangat tinggi hal ini dikarenakan pada daerah kedalaman tersebut hanya terjadi reaksi kimia atau oksidasi yang sangat rendah..

Kandungan oksigen terlarut yang rendah pada daerah perairan dapat menyebabkan penurunan daya hidup ikan, mempengaruhi kecepatan makan ikan, dan menurunkan proses metabolisme ikan, bahkan pada tingkat konsentrasi yang sangat rendah dapat membunuhikan dan biota air lainnya (Hickling, 1962, dala Suhaili Aswawi, 1984, dalam Cahyono, 2001).

b. Parameter BOD

Tabel 4.17

Perbandingan Hasil Pengukuran BOD dengan Baku Mutu pada Kedalaman 0,3 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	BOD (mg/L)	Keterangan
1	BASAH	Jan-17	01/05/2017	3	5.2	TIDAK MEMENUHI
2		Feb-17	02/01/2017	3	5.05	TIDAK MEMENUHI
3		Mar-17	03/06/2017	3	5.9	TIDAK MEMENUHI
4		Apr-17	04/06/2017	3	5.55	TIDAK MEMENUHI
5	KERING	Mei-17	05/05/2017	3	7.68	TIDAK MEMENUHI
6		Jun-17	06/09/2017	3	8.6	TIDAK MEMENUHI
7		Jul-17	07/07/2017	3	5.2	TIDAK MEMENUHI
8		Agu-17	08/04/2017	3	5.3	TIDAK MEMENUHI
9		Sep-17	09/06/2017	3	5.75	TIDAK MEMENUHI
10	BASAH	Okt-17	10/04/2017	3	4.98	TIDAK MEMENUHI
11		Nov-17	11/02/2017	3	5.55	TIDAK MEMENUHI
12		Des-17	12/06/2017	3	7.4	TIDAK MEMENUHI
Prosentase Musim Basah					Memenuhi	0%
					Tidak Memenuhi	100%
Prosentase Musim Kering					Memenuhi	0%
					Tidak Memenuhi	100%

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017

Tabel 4.18

Perbandingan Hasil Pengukuran BOD dengan Baku Mutu pada Kedalaman 5 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	BOD (mg/L)	Keterangan
1	BASAH	Jan-17	01/05/2017	3	5.35	TIDAK MEMENUHI
2		Feb-17	02/01/2017	3	5.25	TIDAK MEMENUHI
3		Mar-17	03/06/2017	3	5.5	TIDAK MEMENUHI
4		Apr-17	04/06/2017	3	5.1	TIDAK MEMENUHI
5	KERING	Mei-17	05/05/2017	3	6.35	TIDAK MEMENUHI
6		Jun-17	06/09/2017	3	6.25	TIDAK MEMENUHI
7		Jul-17	07/07/2017	3	5.45	TIDAK MEMENUHI
8		Agu-17	08/04/2017	3	5.95	TIDAK MEMENUHI
9		Sep-17	09/06/2017	3	5.33	TIDAK MEMENUHI
10	BASAH	Okt-17	10/04/2017	3	5.8	TIDAK MEMENUHI
11		Nov-17	11/02/2017	3	6.15	TIDAK MEMENUHI
12		Des-17	12/06/2017	3	5.7	TIDAK MEMENUHI
Prosentase Musim Basah					Memenuhi	0%
					Tidak Memenuhi	100%
Prosentase Musim Kering					Memenuhi	0%
					Tidak Memenuhi	100%

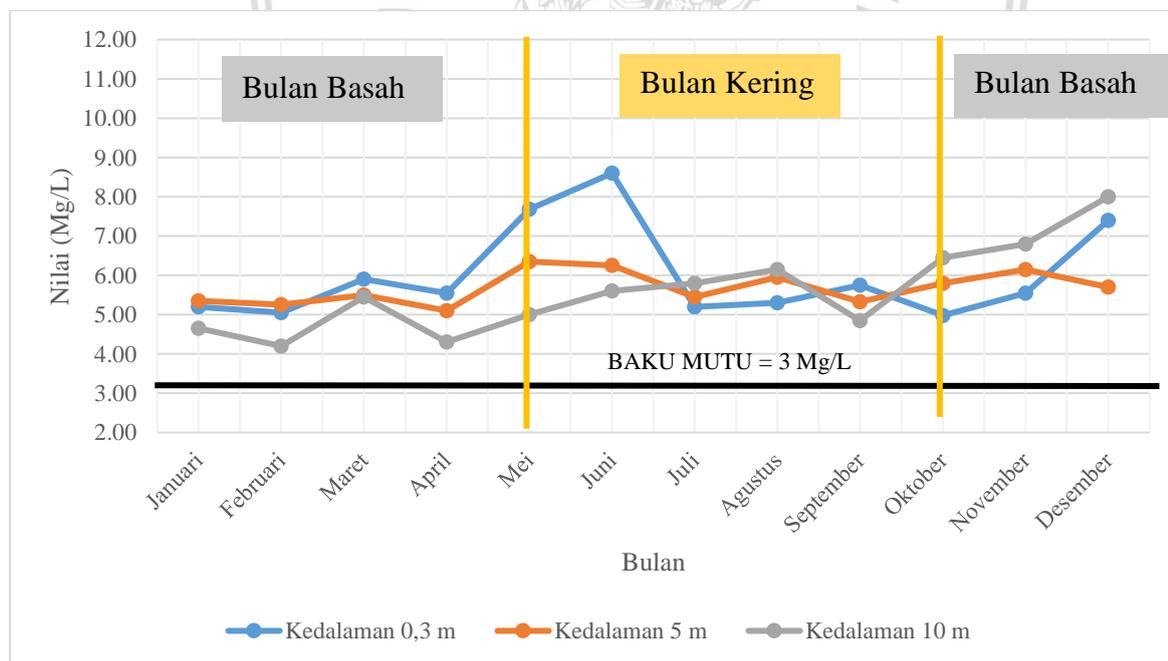
Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017

Tabel 4.19

Perbandingan Hasil Pengukuran BOD dengan Baku Mutu pada Kedalaman 10 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	BOD (mg/L)	Keterangan
1	BASAH	Jan-17	01/05/2017	3	4.65	TIDAK MEMENUHI
2		Feb-17	02/01/2017	3	4.2	TIDAK MEMENUHI
3		Mar-17	03/06/2017	3	5.45	TIDAK MEMENUHI
4		Apr-17	04/06/2017	3	4.3	TIDAK MEMENUHI
5	KERING	Mei-17	05/05/2017	3	5	TIDAK MEMENUHI
6		Jun-17	06/09/2017	3	5.6	TIDAK MEMENUHI
7		Jul-17	07/07/2017	3	5.8	TIDAK MEMENUHI
8		Agu-17	08/04/2017	3	6.15	TIDAK MEMENUHI
9		Sep-17	09/06/2017	3	4.85	TIDAK MEMENUHI
10	BASAH	Okt-17	10/04/2017	3	6.45	TIDAK MEMENUHI
11		Nov-17	11/02/2017	3	6.8	TIDAK MEMENUHI
12		Des-17	12/06/2017	3	8	TIDAK MEMENUHI
Prosentase Musim Basah				Memenuhi	0%	
				Tidak Memenuhi	100%	
Prosentase Musim Kering				Memenuhi	0%	
				Tidak Memenuhi	100%	

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017



Gambar 4.6. Perbandingan Nilai BOD pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Berdasarkan Gambar 4.6. Perbandingan Nilai BOD pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor, diketahui bahwa konsentrasi BOD dalam perairan Waduk Lahor dominan melebihi baku mutu kualitas air untuk perikanan air tawar

sehingga dianggap kadar BOD pada Waduk Lahor tidak memenuhi dalam baku mutu kelas II peruntukan perikanan. Tingginya kadar BOD pada perairan Waduk Lahor dipengaruhi oleh berkurangnya kadar oksigen terlarut dalam air dan bercampurnya polutan/ bahan organik dari lahan pertanian ke perairan waduk yang menyebabkan tingginya aktivitas biologis dalam air yang merupakan kegiatan penguraian oleh organisme dalam waduk yang membutuhkan oksigen terlarut sehingga menyebabkan nilai BOD menjadi sangat tinggi dan tidak memenuhi baku mutu yang diijinkan.

Pengaruh tata guna lahan di Daerah Tangkapan Air Waduk Lahor yang dominan yaitu pertanian menyebabkan zat-zat organik yang terkandung dalam pupuk tanaman/ unsur hara masuk ke perairan waduk sangat tinggi dari pertanian dan menyebabkan meningkatnya aktivitas biologis seperti aktivitas oksidasi dan reduksi zat organik oleh bakteri yang ada di perairan waduk, meningkatnya aktivitas organisme di perairan ini menyebabkan nilai BOD menjadi tinggi.

Untuk konsentrasi BOD pada Gambar 4.6 pada tahun 2017 Hasil Analisis menunjukkan pada musim kemarau polutan BOD mengalami peningkatan pada bagian tengah waduk tepatnya pada bulan Juni, hal ini dikarenakan akumulasi polutan berkumpul pada bagian tengah waduk. Sedangkan pada musim penghujan konsentrasi polutan BOD mengalami penurunan pada bagian hulu hingga bagian hilir waduk. Hal tersebut dipengaruhi oleh kecepatan air/ arus pada waduk pada tiap-tiap musimnya yang berbeda yang mempengaruhi pergerakan oksigen dalam air.

Nilai BOD yang tinggi menyebabkan berkurangnya kadar DO menjadi rendah dan apabila kadar DO rendah pada daerah perairan, dapat menyebabkan penurunan daya hidup ikan, mempengaruhi kecepatan makan ikan, dan menurunkan proses metabolisme ikan, bahkan pada tingkat konsentrasi DO yang rendah dapat membunuh ikan dan biota air lainnya (Hickling, 1962, dala Suhaili Aswawi, 1984, dalam Cahyono, 2001).

c. Parameter TSS

Tabel 4.20

Perbandingan Hasil Pengukuran TSS dengan Baku Mutu pada Kedalaman 0,3 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	TSS (mg/L)	Keterangan
1	BASAH	Jan-17	01/05/2017	50	11.2	MEMENUHI
2		Feb-17	02/01/2017	50	10.1	MEMENUHI
3		Mar-17	03/06/2017	50	12.6	MEMENUHI
4		Apr-17	04/06/2017	50	5.3	MEMENUHI
5	KERING	Mei-17	05/05/2017	50	18.1	MEMENUHI
6		Jun-17	06/09/2017	50	15.8	MEMENUHI

Lanjutan Tabel 4.20

Perbandingan Hasil Pengukuran TSS dengan Baku Mutu pada Kedalaman 0,3 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	TSS (mg/L)	Keterangan
7	KERING	Jul-17	07/07/2017	50	19.4	MEMENUHI
8		Agu-17	08/04/2017	50	6.6	MEMENUHI
9		Sep-17	09/06/2017	50	9.4	MEMENUHI
10	BASAHA	Okt-17	10/04/2017	50	8.2	MEMENUHI
11		Nov-17	11/02/2017	50	9.6	MEMENUHI
12		Des-17	12/06/2017	50	10	MEMENUHI
Prosentase Musim Basah					Memenuhi	100%
					Tidak Memenuhi	0%
Prosentase Musim Kering					Memenuhi	100%
					Tidak Memenuhi	0%

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017

Tabel 4.21

Perbandingan Hasil Pengukuran TSS dengan Baku Mutu pada Kedalaman 5 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	TSS (mg/L)	Keterangan
1	BASAHA	Jan-17	01/05/2017	50	17.6	MEMENUHI
2		Feb-17	02/01/2017	50	12.1	MEMENUHI
3		Mar-17	03/06/2017	50	11.6	MEMENUHI
4		Apr-17	04/06/2017	50	15.9	MEMENUHI
5	KERING	Mei-17	05/05/2017	50	14.4	MEMENUHI
6		Jun-17	06/09/2017	50	8.2	MEMENUHI
7		Jul-17	07/07/2017	50	21.3	MEMENUHI
8		Agu-17	08/04/2017	50	5.4	MEMENUHI
9		Sep-17	09/06/2017	50	5.6	MEMENUHI
10	BASAHA	Okt-17	10/04/2017	50	5.7	MEMENUHI
11		Nov-17	11/02/2017	50	8.8	MEMENUHI
12		Des-17	12/06/2017	50	7.9	MEMENUHI
Prosentase Musim Basah					Memenuhi	100%
					Tidak Memenuhi	0%
Prosentase Musim Kering					Memenuhi	100%
					Tidak Memenuhi	0%

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017

Tabel 4.22

Perbandingan Hasil Pengukuran TSS dengan Baku Mutu pada Kedalaman 10 m Tahun 2017

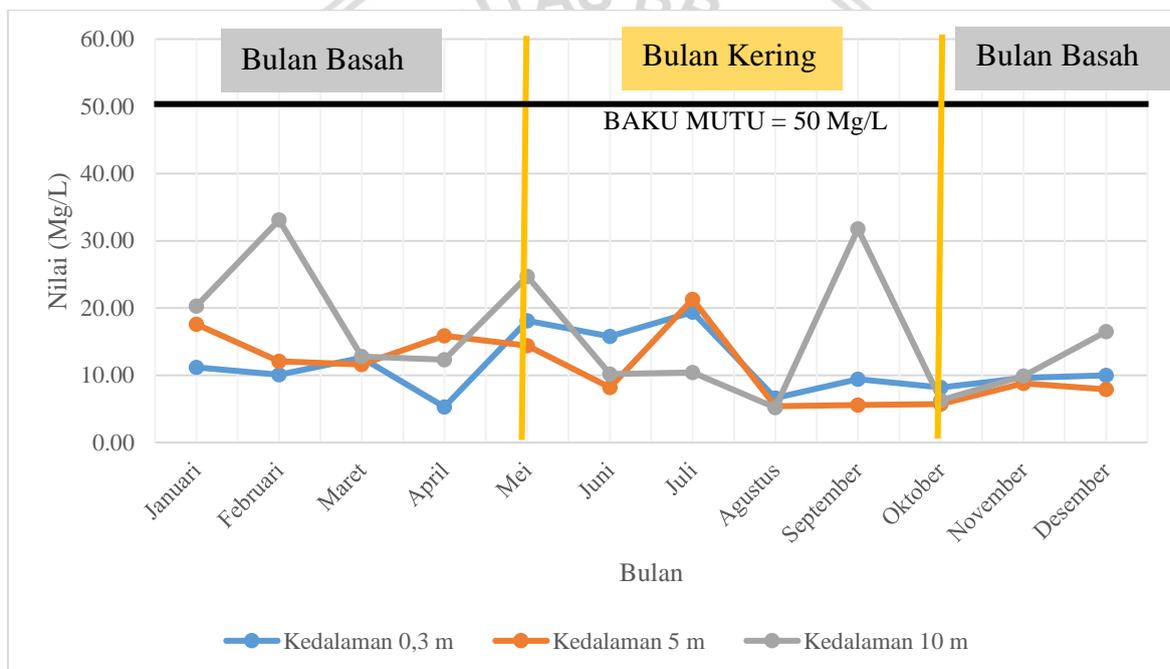
No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	TSS (mg/L)	Keterangan
1	BASAHA	Jan-17	01/05/2017	50	20.3	MEMENUHI
2		Feb-17	02/01/2017	50	33.1	MEMENUHI
3		Mar-17	03/06/2017	50	12.8	MEMENUHI
4		Apr-17	04/06/2017	50	12.3	MEMENUHI
5	KERING	Mei-17	05/05/2017	50	24.7	MEMENUHI
6		Jun-17	06/09/2017	50	10.2	MEMENUHI
7		Jul-17	07/07/2017	50	10.4	MEMENUHI

Lanjutan Tabel 4.22

Perbandingan Hasil Pengukuran TSS dengan Baku Mutu pada Kedalaman 10 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	TSS (mg/L)	Keterangan
8	KERING	Agu-17	08/04/2017	50	5.2	MEMENUHI
9		Sep-17	09/06/2017	50	31.8	MEMENUHI
10		Okt-17	10/04/2017	50	6.3	MEMENUHI
11	BASAH	Nov-17	11/02/2017	50	9.9	MEMENUHI
12		Des-17	12/06/2017	50	16.5	MEMENUHI
					Memenuhi	100%
Prosentase Musim Basah					Tidak Memenuhi	0%
					Memenuhi	100%
Prosentase Musim Kering					Tidak Memenuhi	0%

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017



Gambar 4.7. Perbandingan Nilai TSS pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid atau TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter $>1\mu\text{m}$) yang tertahan pada saringan milipore dengan diameter pori $0,45\mu\text{m}$. TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh erosi tanah yang terbawa ke badan air (Effendi, 2017).

Berdasarkan Gambar 4.7. Perbandingan Nilai TSS pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor, diketahui bahwa konsentrasi TSS (*Total*

Suspended Solid) dalam perairan Waduk Lahor tidak pernah melebihi baku mutu kualitas air untuk perikanan air tawar sehingga dianggap kadar TSS pada Waduk Lahor masih memenuhi dalam baku mutu kelas II peruntukkan perikanan.

Berdasarkan hasil penelitian, kandungan TSS di perairan waduk Lahor tergolong rendah. Padatan tersuspensi yang terlarut pada perairan tidak bersifat toksik tapi menurut Pitwell (1976) dan Hawkes (1976) dalam Samino, dkk (2004), padatan tersuspensi di perairan dapat meningkatkan turbiditas sehingga selanjutnya akan menurunkan penetrasi cahaya matahari di perairan yang dapat menurunkan produktivitas produsen di perairan (mikroalga dan makrofit) dan juga akan mempengaruhi rantai makanan. Cahaya merupakan faktor penting bagi kehidupan ikan dalam pemangsa, tingkah laku reproduksi, mencari perlindungan, orientasi migrasi, pola pertumbuhan, dan fase metabolisme ikan. Kemampuan sinar matahari pada kondisi cerah dapat diabsorpsi sebanyak 1% pada kedalaman 100 meter dan untuk perairan yang keruh hanya mencapai kedalaman 10-30 meter dan tiga meter pada perairan (Brotowidjoyo et al., 1995).

Sumber utama masuknya padatan tersuspensi pada perairan waduk diakibatkan oleh erosi lahan sehingga lumpur, pasir halus dan jasad-jasad renik yang berada di lahan terkikis oleh hujan dan erosi membawanya menuju daerah perairan waduk (Effendi, 2003). Pada DTA Waduk Lahor, jenis penggunaan lahan yang berupa pertanian merupakan penyumbang terbesar padatan tersuspensi di perairan waduk, selebihnya berasal dari perkebunan dan hutan yang ada pada DTA Waduk Lahor.

Untuk konsentrasi TSS pada Gambar 4.7 pada tahun 2017 menunjukkan kadar TSS yang fluktuatif yang terjadi pada tiap bulannya. pada musim kemarau polutan TSS mengalami peningkatan pada kedalaman 10 m waduk tepatnya pada Bulan September pada saat musim kering. Suatu kenaikan signifikan pada padatan tersuspensi dapat disebabkan dari pergerakan air berupa arus pasang akan mampu mengaduk sedimen yang ada. Selain itu pada Bulan Februari juga terjadi kenaikan pada kedalaman 10 m, hal ini kemungkinan diakibatkan oleh erosi tanah akibat hujan yang tinggi lalu kandungan TSS yang tinggi mengendap pada dasar perairan waduk.

d. Parameter $\text{NO}_3\text{-N}$

Tabel 4.23

Perbandingan Hasil Pengukuran $\text{NO}_3\text{-N}$ dengan Baku Mutu pada Kedalaman 0,3 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/L)	Keterangan
1		Jan-17	01/05/2017	10	3.53	MEMENUHI
2	BASAH	Feb-17	02/01/2017	10	1.533	MEMENUHI
3		Mar-17	03/06/2017	10	1.646	MEMENUHI

Lanjutan Tabel 4.23

Perbandingan Hasil Pengukuran NO₃-N dengan Baku Mutu pada Kedalaman 0,3 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	Keterangan
4	BASAH	Apr-17	04/06/2017	10	1.751	MEMENUHI
5		Mei-17	05/05/2017	10	1.598	MEMENUHI
6		Jun-17	06/09/2017	10	3.088	MEMENUHI
7	KERING	Jul-17	07/07/2017	10	0.55	MEMENUHI
8		Agu-17	08/04/2017	10	0.441	MEMENUHI
9		Sep-17	09/06/2017	10	1.476	MEMENUHI
10		Okt-17	10/04/2017	10	0.645	MEMENUHI
11	BASAH	Nov-17	11/02/2017	10	0.812	MEMENUHI
12		Des-17	12/06/2017	10	1.516	MEMENUHI
Prosentase Musim Basah					Memenuhi	100%
					Tidak Memenuhi	0%
Prosentase Musim Kering					Memenuhi	100%
					Tidak Memenuhi	0%

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017

Tabel 4.24

Perbandingan Hasil Pengukuran NO₃-N dengan Baku Mutu pada Kedalaman 5 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	Keterangan
1		Jan-17	01/05/2017	10	3.023	MEMENUHI
2	BASAH	Feb-17	02/01/2017	10	1.706	MEMENUHI
3		Mar-17	03/06/2017	10	2.459	MEMENUHI
4		Apr-17	04/06/2017	10	2.693	MEMENUHI
5		Mei-17	05/05/2017	10	2.793	MEMENUHI
6		Jun-17	06/09/2017	10	2.947	MEMENUHI
7	KERING	Jul-17	07/07/2017	10	0.574	MEMENUHI
8		Agu-17	08/04/2017	10	1.273	MEMENUHI
9		Sep-17	09/06/2017	10	1.661	MEMENUHI
10		Okt-17	10/04/2017	10	0.78	MEMENUHI
11	BASAH	Nov-17	11/02/2017	10	1.825	MEMENUHI
12		Des-17	12/06/2017	10	1.964	MEMENUHI
Prosentase Musim Basah					Memenuhi	100%
					Tidak Memenuhi	0%
Prosentase Musim Kering					Memenuhi	100%
					Tidak Memenuhi	0%

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017

Tabel 4.25

Perbandingan Hasil Pengukuran NO₃-N dengan Baku Mutu pada Kedalaman 10 m Tahun 2017

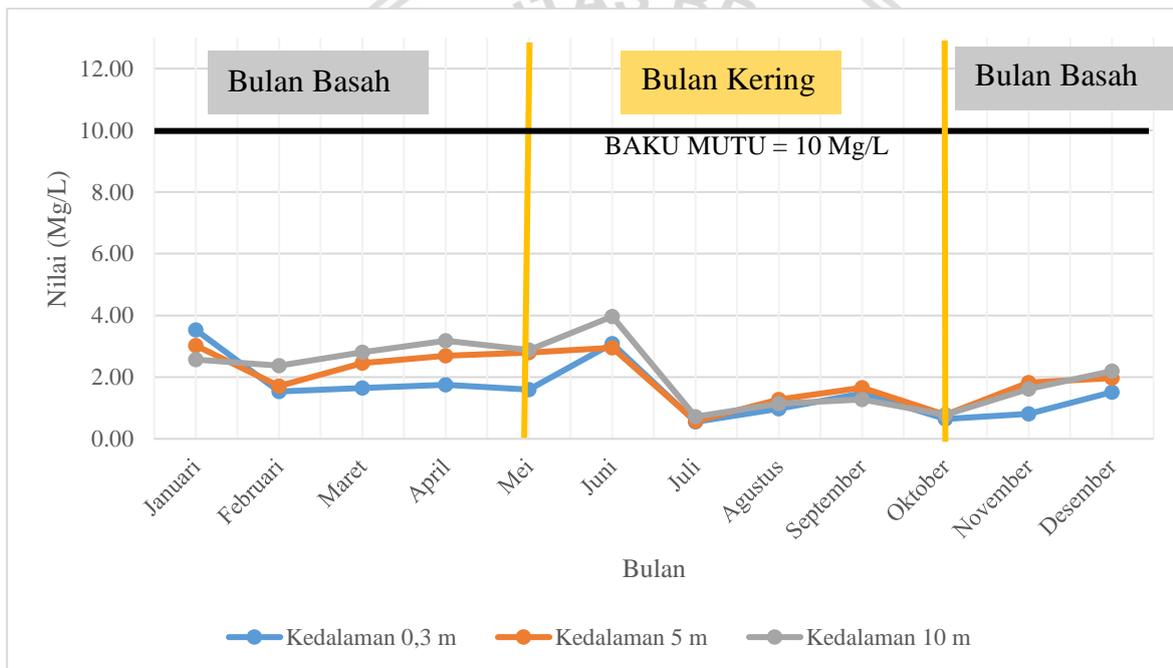
No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	Keterangan
1		Jan-17	01/05/2017	10	2.566	MEMENUHI
2	BASAH	Feb-17	02/01/2017	10	2.368	MEMENUHI
3		Mar-17	03/06/2017	10	2.806	MEMENUHI
4		Apr-17	04/06/2017	10	3.174	MEMENUHI

Lanjutan Tabel 4.25

Perbandingan Hasil Pengukuran $\text{NO}_3\text{-N}$ dengan Baku Mutu pada Kedalaman 10 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/L)	Keterangan
5	KERING	Mei-17	05/05/2017	10	2.878	MEMENUHI
6		Jun-17	06/09/2017	10	3.966	MEMENUHI
7		Jul-17	07/07/2017	10	0.718	MEMENUHI
8		Agu-17	08/04/2017	10	1.137	MEMENUHI
9		Sep-17	09/06/2017	10	1.272	MEMENUHI
10	BASAH	Okt-17	10/04/2017	10	0.779	MEMENUHI
11		Nov-17	11/02/2017	10	1.62	MEMENUHI
12		Des-17	12/06/2017	10	2.198	MEMENUHI
Prosentase Musim Basah					Memenuhi	100%
					Tidak Memenuhi	0%
Prosentase Musim Kering					Memenuhi	100%
					Tidak Memenuhi	0%

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017

Gambar 4.8.. Perbandingan Nilai $\text{NO}_3\text{-N}$ pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) adalah bentuk utama nitrogen dalam perairan waduk dan merupakan nutrient utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen yaitu proses nitrifikasi yang merubah ammonia menjadi nitrit dan nitrat (Effendi, 2003)

Berdasarkan Gambar 4.8. Perbandingan Nilai $\text{NO}_3\text{-N}$ pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor, dapat dilihat bahwa kandungan nitrat terus mengalami fluktuasi. Diketahui bahwa konsentrasi $\text{NO}_3\text{-N}$ dalam perairan Waduk

Lahor tidak pernah melebihi baku mutu kualitas air untuk perikanan air tawar sehingga dianggap kadar $\text{NO}_3\text{-N}$ pada Waduk Lahor masih memenuhi dalam baku mutu kelas II peruntukkan perikanan. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi DO yang dibutuhkan untuk proses nitrifikasi tersedia dalam jumlah kecil dalam waduk sehingga kandungan $\text{NO}_3\text{-N}$ cenderung rendah

Nitrat sendiri tidak berdampak toksik langsung pada hewan air. Namun keberadaan nitrat seiring dengan meningkatnya fosfat dapat mendukung pertumbuhan alga. Fluktuasi nitrat pada perairan waduk diakibatkan adanya perubahan temperatur air waduk dimana kondisi temperatur yang tinggi dapat mengakibatkan peningkatan metabolisme pada hewan air sehingga kotoran yang dikeluarkan menjadi lebih banyak dalam waktu yang lebih singkat dari kondisi normal. Tinja hewan ini merupakan faktor penyumbang besar meningkatnya nitrat (Effendi, 2017).

Kadar nitrat dalam perairan waduk berasal dari berbagai sumber yaitu dapat berasal dari air tanah, air hujan dan pada perairan yang menerima limpasan air dari daerah pertanian yang dominan yang banyak mengandung pupuk, kadar nitrat dapat mencapai 1000 mg/ liter (Davis dan Cornwell, 1991 dalam Effendi, 2003). Pada DTA Waduk Lahor yang didominasi oleh pertanian padi yang secara keseluruhan menggunakan pupuk.

e. Parameter $\text{NO}_2\text{-N}$

Tabel 4.26

Perbandingan Hasil Pengukuran $\text{NH}_3\text{-N}$ dengan Baku Mutu pada Kedalaman 0,3 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	$\text{NO}_2\text{-N}$ (mg/L)	Keterangan
1	BASAH	Jan-17	5/1/2017	0.06	0.068	TIDAK MEMENUHI
2		Feb-17	1/2/2017	0.06	0.014	MEMENUHI
3		Mar-17	6/3/2017	0.06	0.055	MEMENUHI
4		Apr-17	6/4/2017	0.06	0.041	MEMENUHI
5	KERING	Mei-17	5/5/2017	0.06	0.028	MEMENUHI
6		Jun-17	9/6/2017	0.06	0.012	MEMENUHI
7		Jul-17	7/7/2017	0.06	0.008	MEMENUHI
8		Agu-17	4/8/2017	0.06	0.043	MEMENUHI
9		Sep-17	6/9/2017	0.06	0.134	TIDAK MEMENUHI
10		Okt-17	4/10/2017	0.06	0.034	MEMENUHI
11		Nov-17	2/11/2017	0.06	0.157	TIDAK MEMENUHI
12		Des-17	6/12/2017	0.06	0.022	MEMENUHI
Prosentase Musim Basah					Memenuhi	71%
					Tidak Memenuhi	29%
Prosentase Musim Kering					Memenuhi	80%
					Tidak Memenuhi	20%

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017

Tabel 4.27

Perbandingan Hasil Pengukuran NO₂-N dengan Baku Mutu pada Kedalaman 5 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu mg/L	NO ₂ -N (mg/L)	Keterangan
1	BASAH	Jan-17	5/1/2017	0.06	0.087	TIDAK MEMENUHI
2		Feb-17	1/2/2017	0.06	0.009	MEMENUHI
3		Mar-17	6/3/2017	0.06	0.008	MEMENUHI
4		Apr-17	6/4/2017	0.06	0.063	TIDAK MEMENUHI
5	KERING	Mei-17	5/5/2017	0.06	0.004	MEMENUHI
6		Jun-17	9/6/2017	0.06	0.018	MEMENUHI
7		Jul-17	7/7/2017	0.06	0.008	MEMENUHI
8		Agu-17	4/8/2017	0.06	0.043	MEMENUHI
9		Sep-17	6/9/2017	0.06	0.151	TIDAK MEMENUHI
10	BASAH	Okt-17	4/10/2017	0.06	0.496	TIDAK MEMENUHI
11		Nov-17	2/11/2017	0.06	0.41	TIDAK MEMENUHI
12		Des-17	6/12/2017	0.06	0.004	MEMENUHI
Prosentase Musim Basah					Memenuhi	43%
					Tidak Memenuhi	57%
Prosentase Musim Kering					Memenuhi	80%
					Tidak Memenuhi	20%

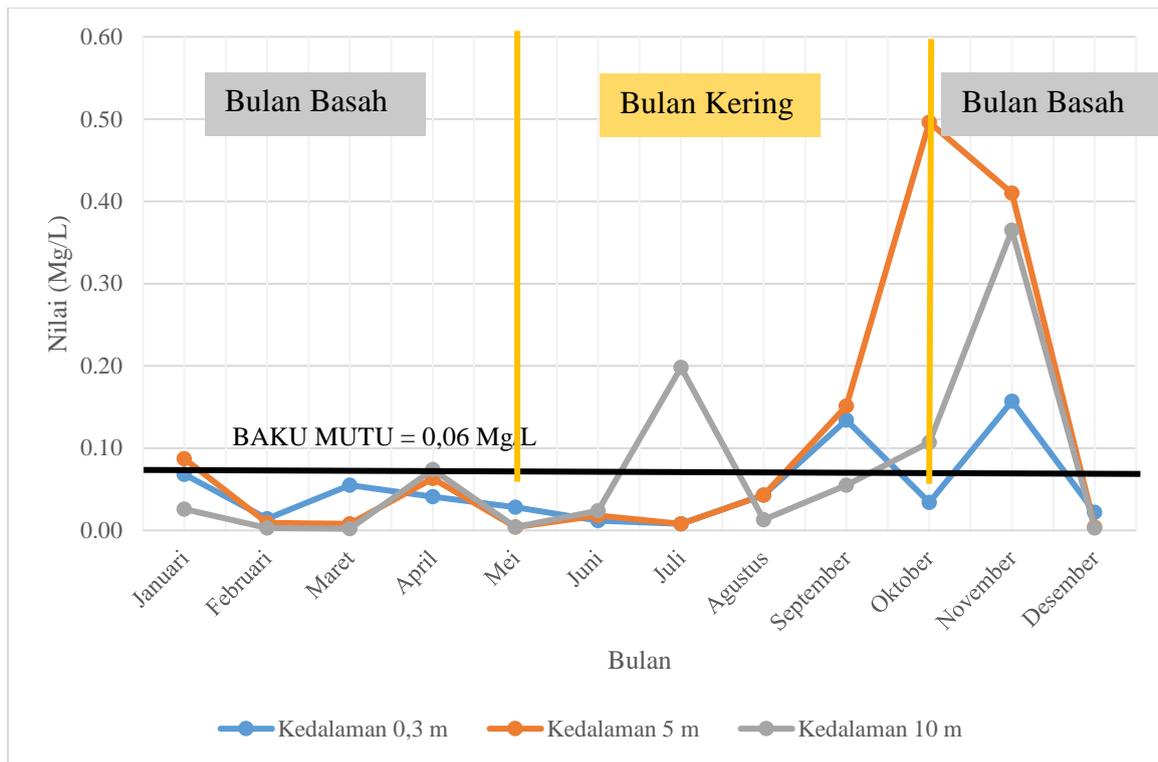
Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017

Tabel 4.28

Perbandingan Hasil Pengukuran NO₂-N dengan Baku Mutu pada Kedalaman 10 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	Keterangan
1	BASAH	Jan-17	5/1/2017	0.06	0.026	MEMENUHI
2		Feb-17	1/2/2017	0.06	0.003	MEMENUHI
3		Mar-17	6/3/2017	0.06	0.002	MEMENUHI
4		Apr-17	6/4/2017	0.06	0.074	TIDAK MEMENUHI
5	KERING	Mei-17	5/5/2017	0.06	0.004	MEMENUHI
6		Jun-17	9/6/2017	0.06	0.024	MEMENUHI
7		Jul-17	7/7/2017	0.06	0.198	TIDAK MEMENUHI
8		Agu-17	4/8/2017	0.06	0.013	MEMENUHI
9		Sep-17	6/9/2017	0.06	0.055	MEMENUHI
10	BASAH	Okt-17	4/10/2017	0.06	0.107	TIDAK MEMENUHI
11		Nov-17	2/11/2017	0.06	0.365	TIDAK MEMENUHI
12		Des-17	6/12/2017	0.06	0.003	MEMENUHI
Prosentase Musim Basah					Memenuhi	57%
					Tidak Memenuhi	43%
Prosentase Musim Kering					Memenuhi	80%
					Tidak Memenuhi	20%

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017



Gambar 4.9. Perbandingan Nilai NO₂-N pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Nitrit (NO₂-N) biasanya ditemukan dalam jumlah yang sangat sedikit, lebih sedikit daripada nitrat, karena bersifat tidak stabil dengan keberadaan oksigen. Menurut Leatemia M. (2013), Nitrit merupakan bentuk peralihan antara amonia dan nitrat (nitrifikasi), dan antara nitran dan gas oksigen (denitrifikasi). Kadar nitrit pada perairan relatif kecil karena segera dioksidasi menjadi nitrat.

Berdasarkan analisa diatas diketahui bahwa konsentrasi NO₂-N dalam perairan Waduk Lahor mengalami fluktuasi yang cenderung memenuhi baku mutu kualitas air untuk perikanan air tawar pada Waduk Lahor. Menurut Effendi (2003) , kadar nitrit pada perairan relatif kecil, lebih kecil dari pada nitrat, karena segera dioksidasi menjadi nitrat. Sumber nitrit berasal dari limbah industri dan limbah domestic serta hasil oksidasi dari ammonia sebelum dioksidasi kembali menjadi nitrat. Perairan alami mengandung nitrit sekitar 0,001 mg/lt dan sebaiknya tidak melebihi 0,06 mg/l baku mutu kelas II. Berdasarkan sebaran konsentrasi nitrit dalam titik pengambilan sampel berkisar antara 0,003 – 0,496 mg/l. mengindikasikan bahwa air sungai sudah tidak berada pada kondisi alamiahnya dan jika dibandingkan dengan kriteria mutu air kelas II sebesar 0,06 mg/l, maka kondisi kualitas air pada Waduk Lahor untuk parameter Nitrit pada tahun 2017 masih dapat digunakan sesuai peruntukannya.

f. Parameter $\text{NH}_3\text{-N}$

Tabel 4.29

Perbandingan Hasil Pengukuran $\text{NH}_3\text{-N}$ dengan Baku Mutu pada Kedalaman 0,3 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)	Keterangan
1	BASAH	Jan-17	01/05/2017	0.02	0.015	MEMENUHI
2		Feb-17	02/01/2017	0.02	0.049	TIDAK MEMENUHI
3		Mar-17	03/06/2017	0.02	0.048	TIDAK MEMENUHI
4		Apr-17	04/06/2017	0.02	0.157	TIDAK MEMENUHI
5	KERING	Mei-17	05/05/2017	0.02	0.177	TIDAK MEMENUHI
6		Jun-17	06/09/2017	0.02	0.128	TIDAK MEMENUHI
7		Jul-17	07/07/2017	0.02	0.145	TIDAK MEMENUHI
8		Agu-17	08/04/2017	0.02	0.16	TIDAK MEMENUHI
9		Sep-17	09/06/2017	0.02	0.228	TIDAK MEMENUHI
10	BASAH	Okt-17	10/04/2017	0.02	0.07	TIDAK MEMENUHI
11		Nov-17	11/02/2017	0.02	0.113	TIDAK MEMENUHI
12		Des-17	12/06/2017	0.02	0.101	TIDAK MEMENUHI
					Memenuhi	14%
Prosentase Musim Basah					Tidak Memenuhi	86%
					Memenuhi	0%
Prosentase Musim Kering					Tidak Memenuhi	100%

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017

Tabel 4.30

Perbandingan Hasil Pengukuran $\text{NH}_3\text{-N}$ dengan Baku Mutu pada Kedalaman 5 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)	Keterangan
1	BASAH	Jan-17	01/05/2017	0.02	0.014	MEMENUHI
2		Feb-17	02/01/2017	0.02	0.001	MEMENUHI
3		Mar-17	03/06/2017	0.02	0.032	TIDAK MEMENUHI
4		Apr-17	04/06/2017	0.02	0.089	TIDAK MEMENUHI
5	KERING	Mei-17	05/05/2017	0.02	0.115	TIDAK MEMENUHI
6		Jun-17	06/09/2017	0.02	0.118	TIDAK MEMENUHI
7		Jul-17	07/07/2017	0.02	0.12	TIDAK MEMENUHI
8		Agu-17	08/04/2017	0.02	0.106	TIDAK MEMENUHI
9		Sep-17	09/06/2017	0.02	0.145	TIDAK MEMENUHI
10	BASAH	Okt-17	10/04/2017	0.02	0.062	TIDAK MEMENUHI
11		Nov-17	11/02/2017	0.02	0.091	TIDAK MEMENUHI
12		Des-17	12/06/2017	0.02	0.089	TIDAK MEMENUHI
					Memenuhi	29%
Prosentase Musim Basah					Tidak Memenuhi	71%
					Memenuhi	0%
Prosentase Musim Kering					Tidak Memenuhi	100%

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017

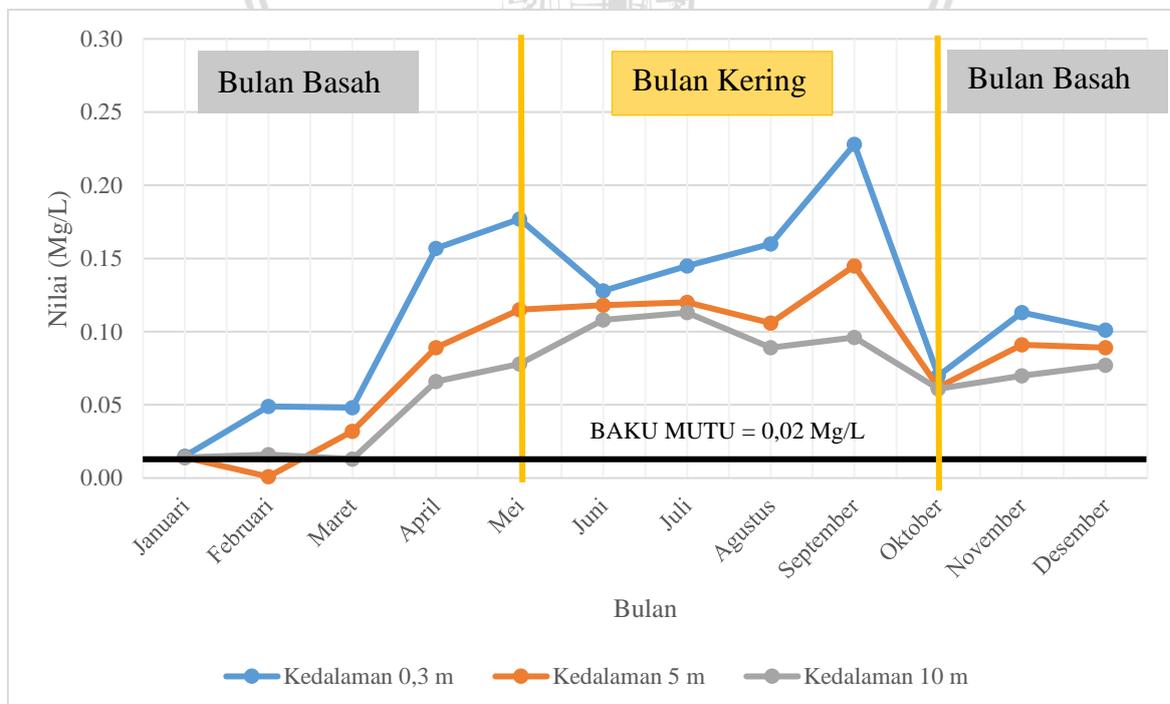
Tabel 4.31

Perbandingan Hasil Pengukuran $\text{NH}_3\text{-N}$ dengan Baku Mutu pada Kedalaman 10 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)	Keterangan
1	BASAH	Jan-17	01/05/2017	0.02	0.014	MEMENUHI
2		Feb-17	02/01/2017	0.02	0.016	MEMENUHI
3		Mar-17	03/06/2017	0.02	0.013	MEMENUHI
4		Apr-17	04/06/2017	0.02	0.066	TIDAK MEMENUHI
5	KERING	Mei-17	05/05/2017	0.02	0.078	TIDAK MEMENUHI
6		Jun-17	06/09/2017	0.02	0.108	TIDAK MEMENUHI
7		Jul-17	07/07/2017	0.02	0.113	TIDAK MEMENUHI
8		Agu-17	08/04/2017	0.02	0.089	TIDAK MEMENUHI
9		Sep-17	09/06/2017	0.02	0.096	TIDAK MEMENUHI
10	BASAH	Okt-17	10/04/2017	0.02	0.061	TIDAK MEMENUHI
11		Nov-17	11/02/2017	0.02	0.07	TIDAK MEMENUHI
12		Des-17	12/06/2017	0.02	0.077	TIDAK MEMENUHI

Prosentase Musim Basah	Memenuhi	43%
	Tidak Memenuhi	57%
Prosentase Musim Kering	Memenuhi	0%
	Tidak Memenuhi	100%

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017



Gambar 4.10.. Perbandingan Nilai $\text{NH}_3\text{-N}$ pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Berdasarkan Gambar 4.10. Perbandingan Nilai $\text{NH}_3\text{-N}$ pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor, diketahui bahwa konsentrasi kandungan $\text{NH}_3\text{-N}$ dalam perairan Waduk Lahor lebih dominan melebihi baku mutu kualitas air kelas II PP No. 82 Tahun 2001r untuk perikanan air tawar sehingga hal ini berarti dianggap kadar $\text{NH}_3\text{-N}$ pada Waduk Lahor tidak memenuhi dalam baku mutu kelas II peruntukan perikanan pada waduk..

Kadar $\text{NH}_3\text{-N}$ yang tinggi diakibatkan oleh tingginya tata guna lahan dalam segi pertanian. Hal ini menyebabkan nutrien-nutrien khususnya $\text{NH}_3\text{-N}$ yang merupakan zat yang berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik seperti pupuk tanaman/ urea pada pertanian yang kemudian terbawa aliran air oleh erosi yang ditimbulkan dari hujan dan masuk menuju sungai dan akan berakhir serta terakumulasi pada waduk.

Kordi (2009) dalam Silaban et al (2012), yang menyatakan bahwa presentase amonia dalam perairan akan semakin meningkat seiring meningkatnya pH air. Pada saat kadar pH dalam air tinggi, kandungan amonia yang terbentuk tidak dapat terionisasi dan bersifat toksik pada ikan. Peningkatan nilai pH di perairan disebabkan konsentrasi di dalam perairan rendah.

Gas yang dihasilkan selama proses respirasi tidak dapat terhidrolisa menjadi hidrogen yang merupakan unsur asam dan bikarbonat yang merupakan unsur alkali hal tersebut menyebabkan pH meningkat. amonia yang baik untuk pertumbuhan dan perkembangan ikan mas yaitu kurang dari 0,1 mg/l.

Menurut Jangkaru (1996) dalam Minggawati dan Saptono (2012), kadar amonia bebas yang melebihi 0,2 mg/L bersifat racun bagi beberapa jenis ikan, selain itu kadar ammonia yang tinggi dapat di jadikan sebagai indikasi adanya pencemaran bahan organik yang sumbernya berasal dari limbah-limbah domestik maupun limpasan pupuk yang berasal dari pertanian. Adapun sumber kandungan ammonia yang ada di perairan adalah hasil dari pemecahan nitrogen organik berupa tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati.

Apabila tiap-tiap kedalaman dibandingkan, dapat ditunjukkan pada Gambar 4.5. bahwa kandungan $\text{NH}_3\text{-N}$ yang dominan terdapat pada kedalaman 0,3 m sedangkan yang paling rendah kandungan Total-P terdapat pada kedalaman 10 m. Hal ini dipengaruhi oleh proses *upwelling*, fenomena ini biasa terjadi di suatu wilayah perairan seperti danau/waduk dan lautan/samudra yang dipengaruhi oleh *wind-driven motion* (angin bergerak) yang kuat, dingin yang biasanya membawa massa air yang kaya akan nutrien ke arah permukaan waduk. (Carbonel, 2003).

g. Parameter Total-P

Tabel 4.32

Perbandingan Hasil Pengukuran Total-P dengan Baku Mutu pada Kedalaman 0,3 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	TOTAL-P (mg/L)	Keterangan
1	BASAH	Jan-17	01/05/2017	0.20	0.068	MEMENUHI
2		Feb-17	02/01/2017	0.20	0.163	MEMENUHI
3		Mar-17	03/06/2017	0.20	0.076	MEMENUHI
4		Apr-17	04/06/2017	0.20	0.036	MEMENUHI
5	KERING	Mei-17	05/05/2017	0.20	0.04	MEMENUHI
6		Jun-17	06/09/2017	0.20	0.007	MEMENUHI
7		Jul-17	07/07/2017	0.20	0.032	MEMENUHI
8		Agu-17	08/04/2017	0.20	0.018	MEMENUHI
9		Sep-17	09/06/2017	0.20	0.02	MEMENUHI
10	BASAH	Okt-17	10/04/2017	0.20	0.12	MEMENUHI
11		Nov-17	11/02/2017	0.20	0.028	MEMENUHI
12		Des-17	12/06/2017	0.20	0.018	MEMENUHI
Prosentase Musim Basah					Memenuhi	100%
					Tidak Memenuhi	0%
Prosentase Musim Kering					Memenuhi	100%
					Tidak Memenuhi	0%

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017

Tabel 4.33

Perbandingan Hasil Pengukuran Total-P dengan Baku Mutu pada Kedalaman 5 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	TOTAL-P (mg/L)	Keterangan
1	BASAH	Jan-17	01/05/2017	0.20	0.085	MEMENUHI
2		Feb-17	02/01/2017	0.20	0.152	MEMENUHI
3		Mar-17	03/06/2017	0.20	0.062	MEMENUHI
4		Apr-17	04/06/2017	0.20	0.036	MEMENUHI
5	KERING	Mei-17	05/05/2017	0.20	0.036	MEMENUHI
6		Jun-17	06/09/2017	0.20	0.013	MEMENUHI
7		Jul-17	07/07/2017	0.20	0.033	MEMENUHI
8		Agu-17	08/04/2017	0.20	0.015	MEMENUHI
9		Sep-17	09/06/2017	0.20	0.012	MEMENUHI
10	BASAH	Okt-17	10/04/2017	0.20	0.029	MEMENUHI
11		Nov-17	11/02/2017	0.20	0.029	MEMENUHI
12		Des-17	12/06/2017	0.20	0.021	MEMENUHI
Prosentase Musim Basah					Memenuhi	100%
					Tidak Memenuhi	0%
Prosentase Musim Kering					Memenuhi	100%
					Tidak Memenuhi	0%

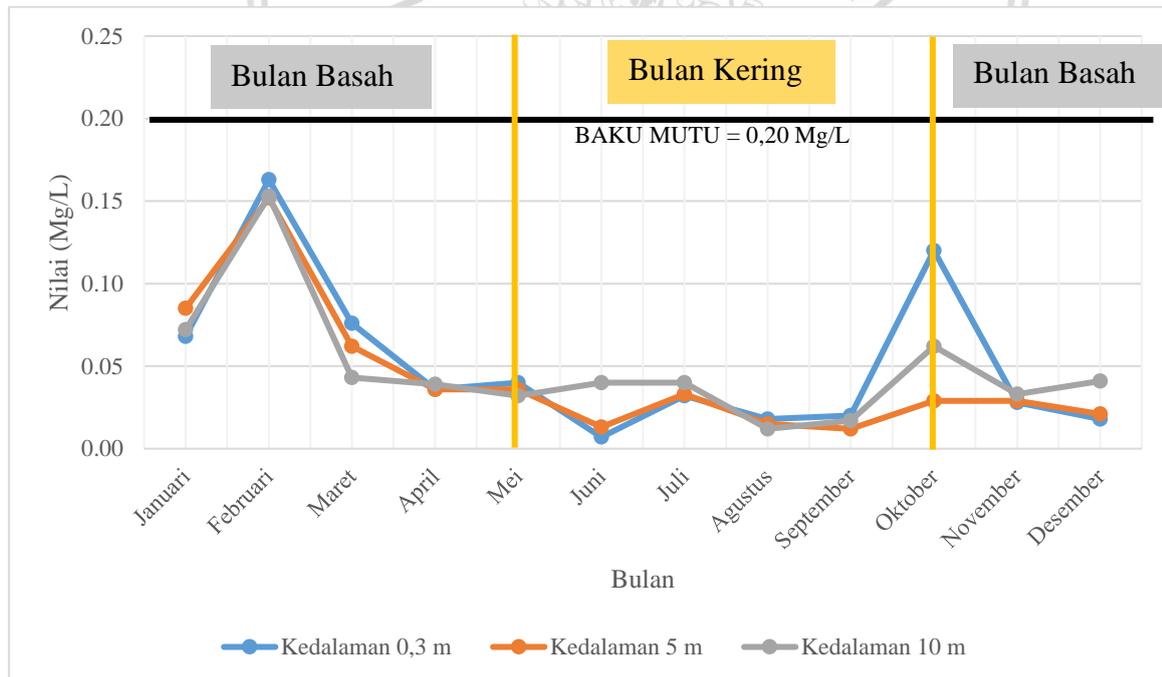
Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017

Tabel 4.34

Perbandingan Hasil Pengukuran Total-P dengan Baku Mutu pada Kedalaman 10 m Tahun 2017

No.	Klasifikasi Musim	Bulan	Tanggal	Baku Mutu (mg/L)	TOTAL-P (mg/L)	Keterangan
1	BASAH	Jan-17	01/05/2017	0.20	0.072	MEMENUHI
2		Feb-17	02/01/2017	0.20	0.153	MEMENUHI
3		Mar-17	03/06/2017	0.20	0.043	MEMENUHI
4		Apr-17	04/06/2017	0.20	0.039	MEMENUHI
5	KERING	Mei-17	05/05/2017	0.20	0.032	MEMENUHI
6		Jun-17	06/09/2017	0.20	0.04	MEMENUHI
7		Jul-17	07/07/2017	0.20	0.04	MEMENUHI
8		Agu-17	08/04/2017	0.20	0.012	MEMENUHI
9		Sep-17	09/06/2017	0.20	0.017	MEMENUHI
10	BASAH	Okt-17	10/04/2017	0.20	0.062	MEMENUHI
11		Nov-17	11/02/2017	0.20	0.033	MEMENUHI
12		Des-17	12/06/2017	0.20	0.041	MEMENUHI
Prosentase Musim Basah					Memenuhi	100%
					Tidak Memenuhi	0%
Prosentase Musim Kering					Memenuhi	100%
					Tidak Memenuhi	0%

Sumber : Perum Jasa Tirta I, 2017



Gambar 4.11.. Perbandingan Nilai Total-P pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Total-P menggambarkan jumlah total fosfor, baik berupa partikulat maupun terlarut, anorganik maupun organik. Fosfor organik banyak terdapat pada perairan waduk yang terdapat banyak bahan organik. Oleh karena itu, pada perairan yang memiliki kadar bahan

organic tinggi sebaiknya ditentukan juga kadar Total-P nya (Mackereth *et al.*, 1989 dalam Effendi, 2003)

Berdasarkan Gambar 4.11. Perbandingan Nilai Total-P pada Kedalaman 0,3 m, 5 m, 10 m dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor, diketahui bahwa konsentrasi Total-P dalam perairan Waduk Lahor tidak pernah melebihi baku mutu kualitas air untuk perikanan air tawar sehingga dianggap kadar Total-P pada Waduk Lahor masih memenuhi dalam baku mutu kelas II peruntukkan perikanan.

Apabila tiap-tiap kedalaman dibandingkan, dapat ditunjukkan pada Gambar 4.11. bahwa kandungan Total-P yang dominan terdapat pada kedalaman 0,3 m sedangkan yang paling rendah kandungan Total-P terdapat pada kedalaman 10 m. Sama seperti parameter $\text{NH}_3\text{-N}$, hal ini mungkin dipengaruhi oleh proses *upwelling*, yang mengakibatkan gerakan massa air secara vertikal dapat terjadi karena adanya stratifikasi densitas air waduk karena penambahan kedalaman mengakibatkan suhu menurun dan densitas meningkat. Oleh karena itu kadar Total-P terjadi penumpukan pada kedalaman yang yang lebih dekat dengan permukaan.

Sumber antropogenik fosfor adalah limbah industri dan domestik, yakni fosfor yang berasal dari dari detergen. Limpasan yang berasal dari daerah pertanian yang menggunakan pupuk juga memberikan kontribusi yang sangat besar bagi keberadaan fosfor (Effendi, 2003). Hal ini yang terjadi pada wilayah Daerah Tangkapan Air Waduk Lahor dominasi pertanian yang terdapat pada wilayah ini menjadikan daerah pertanian sebagai sumbangsi terbesar terhadap kandungan Total-P pada wilayah perairan dan akan terakumulasi pada Waduk Lahor.

Keberadaan fosfor secara berlebihan yang disertai dengan keberadaan nitrogen dapat menstimulir ledakan pertumbuhan algae di perairan (*algae bloom*). Algae yang berlimpah dapat membentuk lapisan pada permukaan air yang selanjutnya dapat penetrasi oksigen dan cahaya matahari sehingga kurang menguntungkan bagi ekosistem di perairan waduk (Effendi, 2003)

4.3.3.2 Rekapitulasi Kualitas Air Waduk Lahor

Tabel 4.35

Rekapitulasi Prosentase Baku Mutu Kualitas Air Waduk Lahor

Parameter	Kedalaman	Kategori Musim			
		Basah		Kering	
		Memenuhi	Tidak Memenuhi	Memenuhi	Tidak Memenuhi
DO	0,3 m	71%	29%	80%	20%
	5 m	71%	29%	40%	60%
	10 m	43%	57%	20%	80%

Lanjutan Tabel 4.35
Rekapitulasi Prosentase Baku Mutu Kualitas Air Waduk Lahor

Parameter	Kedalaman	Kategori Musim			
		Basah		Kering	
		Memenuhi	Tidak Memenuhi	Memenuhi	Tidak Memenuhi
BOD	0,3 m	0%	100%	0%	100%
	5 m	0%	100%	0%	100%
	10 m	0%	100%	0%	100%
TSS	0,3 m	100%	0%	100%	0%
	5 m	100%	0%	100%	0%
	10 m	100%	0%	100%	0%
NO ₃ -N	0,3 m	100%	0%	100%	0%
	5 m	100%	0%	100%	0%
	10 m	100%	0%	100%	0%
NO ₂ -N	0,3 m	71%	29%	80%	20%
	5 m	43%	57%	80%	20%
	10 m	57%	43%	80%	20%
NH ₃ -N	0,3 m	14%	86%	0%	100%
	5 m	29%	71%	0%	100%
	10 m	43%	57%	0%	100%
Total-P	0,3 m	100%	0%	100%	0%
	5 m	100%	0%	100%	0%
	10 m	100%	0%	100%	0%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Berdasarkan tabel 4.35 Rekapitulasi Prosentase Baku Mutu Kualitas Air Waduk Lahor, polutan yang tinggi dan mendominasi dalam melebihi baku mutu kelas II menurut PP No. 82 Tahun 2001 pada perairan Waduk Lahor berupa Nilai BOD, DO (rendah), dan NH₃-N (amonia) dimana parameter ini mengalami fluktuasi tinggi dan hampir pada setiap musim pada tahun 2017 parameter-parameter ini mengalami kadar selalu melebihi batas ambang baku mutu yang diterima pada kelas II sehingga berpotensi bahaya pada keberlangsungan organisme pengairan khususnya pada budidaya perikanan yang ada di waduk dimana akan mengganggu .

Hal ini bisa terjadi disebabkan karena pada faktor terindikasinya penurunan kadar oksigen terlarut dan tingginya polutan organik yang masuk pada perairan waduk yang disebabkan oleh adanya buangan dari pertanian ataupun domestik dari pemukiman penduduk dimana pada DTA Waduk Lahor tata guna lahan yang dominan merupakan daerah pertanian sehingga zat-zat nutrien nitrogen seperti amonia yang berasal dari pupuk/ urea dapat mencemari waduk dan mengganggu proses keberlangsungan hidup organisme di Waduk Lahor.

4.3.2.2. Analisa Status Mutu Kualitas Air Dengan Metode Indeks Pencemaran

Metode ini merupakan metode pengklasifikasian status mutu kualitas air yang ditentukan untuk suatu peruntukan, kemudian dapat dikembangkan untuk beberapa

peruntukan bagi seluruh bagian badan air atau sebagian dari suatu sungai (Kepmen No. 115 Tahun 2003).

Contoh Perhitungan:

Diketahui : Data mutu air Waduk Lahor Tahun 2017

Ditanya : Status mutu kualitas air dengan Metode Indeks Pencemaran

Penyelesaian :

1. Indeks pencemaran dihitung dari data mutu air (C_i) setiap bulannya pada keseluruhan parameter kualitas air dengan membandingkan dengan baku mutu Indeks Pencemaran kelas II (Lix)
2. Dihitung C_i/Lix dan C_i/Lix baru
3. Dihitung nilai rata-rata ($(C_i/L_i)R$) dan nilai maksimum ($(C_i/L_i)M$) dari keseluruhan C_i/L_i baru
4. Menghitung nilai PIj
5. Menentukan status mutu airnya sesuai dengan nilai evaluasi terhadap nilai PI. Berikut adalah hasil perhitungan status mutu air Metode Indeks Pencemaran pada Waduk Lahor
Berikut adalah Hasil Analisis nilai PIj per kedalaman pada titik pengambilan sampel kualitas air Waduk Lahor:

Tabel 4.36
Rekapitulasi Status Mutu Kualitas Air Metode Indeks Pencemaran Kedalaman 0,3 m

Tahun 2017				
No.	Bulan	Klasifikasi Musim	Indeks Pencemaran	Status Mutu Kualitas Air
1	Januari	BASAH	1.686	CEMAR RINGAN
2	Februari		2.223	CEMAR RINGAN
3	Maret		2.183	CEMAR RINGAN
4	April		3.990	CEMAR RINGAN
5	Mei	KERING	4.214	CEMAR RINGAN
6	Juni		3.688	CEMAR RINGAN
7	Juli		3.858	CEMAR RINGAN
8	Agustus		4.016	CEMAR RINGAN
9	September	BASAH	4.619	CEMAR RINGAN
10	Oktober		2.747	CEMAR RINGAN
11	November		3.550	CEMAR RINGAN
12	Desember		3.314	CEMAR RINGAN

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.37

Rekapitulasi Status Mutu Kualitas Air Metode Indeks Pencemaran Kedalaman 5 m

Tahun 2017				
No.	Bulan	Klasifikasi Musim	Indeks Pencemaran	Status Mutu Kualitas Air
1	Januari	BASAH	1.754	CEMAR RINGAN
2	Februari		1.647	CEMAR RINGAN
3	Maret		1.743	CEMAR RINGAN
4	April		3.136	CEMAR RINGAN
5	Mei		3.535	CEMAR RINGAN
6	Juni	KERING	3.565	CEMAR RINGAN
7	Juli		3.585	CEMAR RINGAN
8	Agustus		3.391	CEMAR RINGAN
9	September		3.929	CEMAR RINGAN
10	Oktober		4.149	CEMAR RINGAN
11	November	BASAH	3.893	CEMAR RINGAN
12	Desember		3.101	CEMAR RINGAN

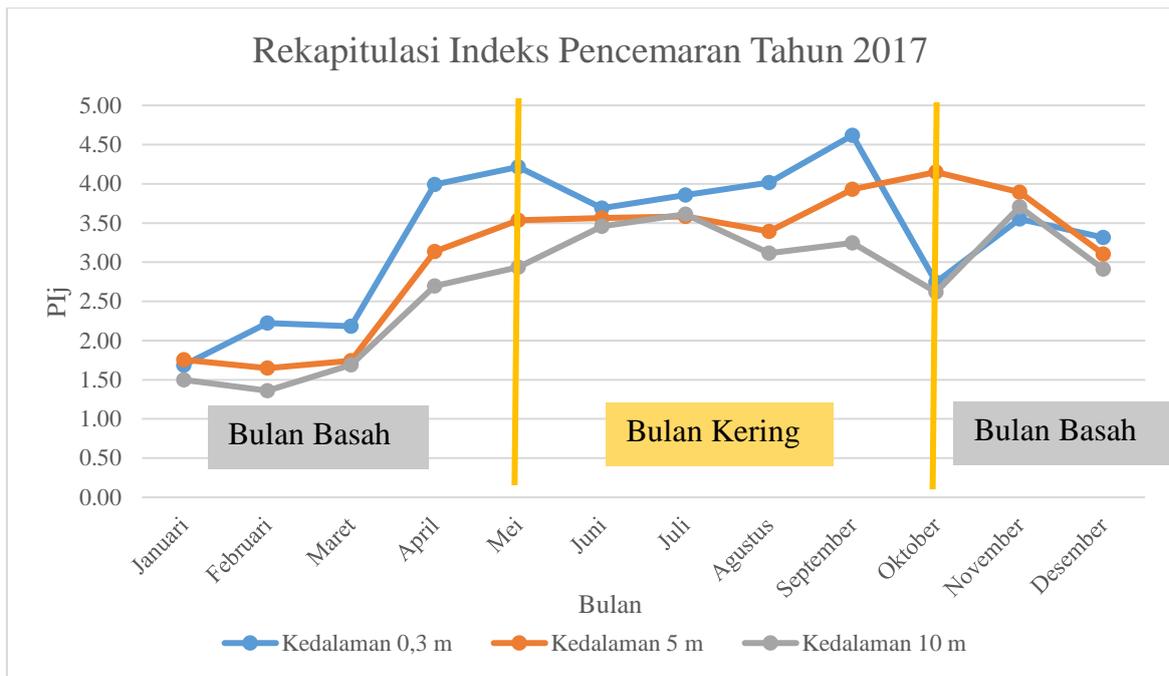
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.38

Rekapitulasi Status Mutu Kualitas Air Metode Indeks Pencemaran Kedalaman 10 m

Tahun 2017				
No.	Bulan	Klasifikasi Musim	Indeks Pencemaran	Status Mutu Kualitas Air
1	Januari	BASAH	1.497	CEMAR RINGAN
2	Februari		1.360	CEMAR RINGAN
3	Maret		1.690	CEMAR RINGAN
4	April		2.694	CEMAR RINGAN
5	Mei		2.935	CEMAR RINGAN
6	Juni	KERING	3.455	CEMAR RINGAN
7	Juli		3.613	CEMAR RINGAN
8	Agustus		3.114	CEMAR RINGAN
9	September		3.247	CEMAR RINGAN
10	Oktober		2.619	CEMAR RINGAN
11	November	BASAH	3.705	CEMAR RINGAN
12	Desember		2.910	CEMAR RINGAN

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.12. Grafik Rekapitulasi Nilai Indeks Pencemaran Tahun 2017 dengan Baku Mutu Kelas II pada Waduk Lahor
Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Berdasarkan Tabel 4.36, 4.37, dan 4.38. Tentang Rekapitulasi Status Mutu Air dengan Menggunakan Metode Indeks Pencemaran diperoleh bahwa pada kedalaman 0,3 m, 5 m, dan 10 m pada Waduk Lahor memiliki nilai Indeks Pencemaran dalam rentang 1,00 – 5,00 hal ini menyatakan bahwa status mutu air pada Waduk Lahor yaitu TERCEMAR RINGAN terhadap baku mutu kelas II pada PP No. 82 tahun 2001.

Kemudian apabila tiap-tiap kedalaman dibandingkan, dapat ditunjukkan pada Gambar 4.12. bahwa angka Indeks Pencemaran yang tertinggi terdapat pada kedalaman 0,3 m sedangkan yang paling rendah terdapat pada kedalaman 10 m. Hal ini dipengaruhi banyak faktor salah satu faktornya adalah proses *upwelling* yang disebabkan oleh pergerakan arus pada kedalaman perairan waduk dimana membuat terangkatnya zat-zat seperti parameter kualitas air di dasar menuju ke permukaan. Hal ini yang mengakibatkan pada kedalaman yang mendekati permukaan memiliki nilai Indeks Pencemaran yang tinggi dan mendekati tercemar sedang.

Perbandingan pada tiap-tiap musim berdasarkan Gambar 4.7, menunjukkan bahwa pada Bulan Kering terjadi peningkatan Indeks Pencemaran yang sangat signifikan pada bulan Mei hingga September sebelum turun kembali pada setelah Bulan Oktober karena memasuki bulan basah. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu peningkatan konsentrasi pada saat musim kering dimana suhu meningkat sehingga kadar oksigen dalam air terus meningkat sehingga terjadi peningkatan konsentrasi pada parameter-parameter kualitas air

akibat tingginya aktivitas biota air. Selain itu juga dipengaruhi oleh pergerakan arus yang cenderung stabil karena tidak ada penambahan air yang signifikan akibat hujan menyebabkan terjadinya pengakumulasian kandungan parameter-parameter kualitas air pada saat musim kering.

4.4. Pengaruh Tata Guna Lahan Terhadap Kualitas Air Waduk

Data tata guna lahan merupakan data yang menggambarkan bentuk penggunaan tanah yang ada hubungannya dengan lingkungan, geografi dan aktivitas manusia. Data tata guna lahan yang di pakai dalam penelitian ini adalah data tata guna lahan pada tahun 2009 dan 2017 di DTA Waduk Lahor. Berdasarkan peta tata guna lahan di DTA Waduk Lahor diperoleh jenis tata guna lahan dan luasan sebagai berikut:

Tabel 4.39
Data Tata Guna Lahan di DTA Waduk Lahor

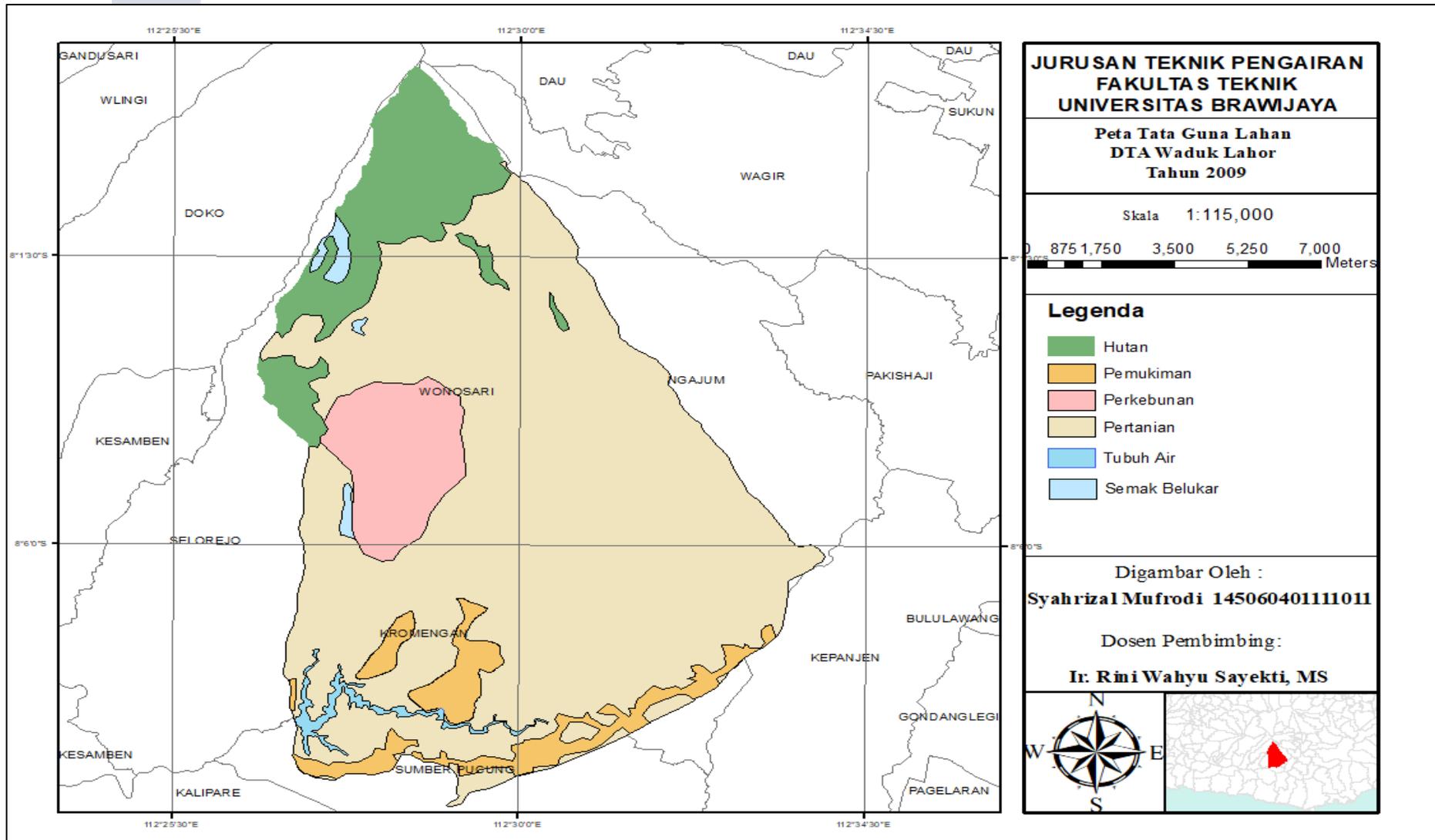
No	Tata Guna Lahan	2009		2017		Peningkatan/ Penurunan (%)
		Luas (Ha)	Luas (%)	Luas (Ha)	Luas (%)	
1	Hutan	1917.709	11.651	2115.691	12.854	10.324
2	Perkebunan	1240.037	7.534	1240.037	7.534	0.000
3	Pemukiman	995.664	6.049	1141.806	6.937	14.678
4	Pertanian	12008.799	72.959	11748.257	71.376	-2.170
5	Tubuh Air	166.665	1.013	168.402	1.023	1.042
6	Semak Belukar	130.721	0.794	45.402	0.276	-65.268
Total Luas		16460	100	16460	100	

Sumber : Badan Pengelolaan DAS, 2017

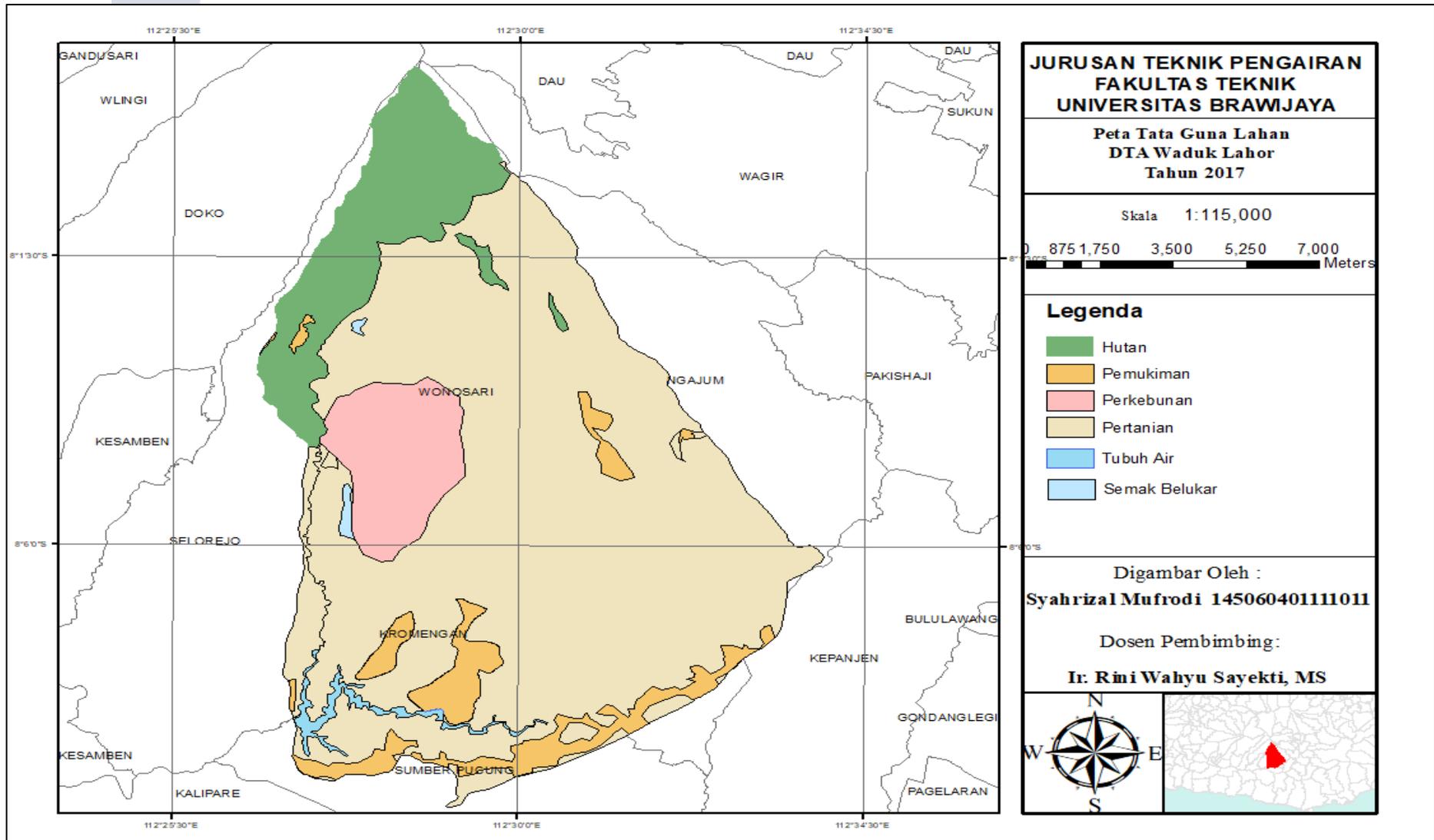
Berdasarkan Tabel 4.39 tentang data tata guna lahan di DTA Waduk Lahor, selama tahun 2009 hingga tahun 2017 di DTA Waduk Lahor terdapat beberapa jenis penggunaan lahan dimana tiap-tiap tata guna lahan memiliki peran dalam masuknya suatu jenis polutan ke waduk. Jenis tata guna lahan pada Daerah Tangkapan Air (DTA) Waduk Lahor jika ditinjau dari luasannya, tata guna lahan yang menyumbang polutan terbesar yang ada di Waduk Lahor merupakan didominasi oleh pertanian pada penggunaan lahannya dimana pertanian pada daerah ini mencapai 70% hingga tahun 2017. Jenis pertanian pada daerah ini merupakan jenis pertanian sawah irigasi dimana sistem pengaliran airnya berasal dari sungai atau waduk. Selanjutnya untuk pemanfaatan air di DTA Waduk Lahor selain pada pertanian juga dimanfaatkan untuk daerah perkebunan seluas 1240,037 Ha pada tahun 2017. Jenis perkebunan pada daerah ini sangat bervariasi tanamannya ada perkebunan tebu, kebun salak, rambutan, durian, cengkeh dan lain lain yang sama pengaruhnya dengan pertanian sebagai sumber polutan organik ke waduk.

Selanjutnya jika ditinjau dari perubahan pada luasan tiap-tiap jenis tata guna lahan, berdasarkan Tabel 4.39 tentang data tata guna lahan di DTA Waduk Lahor selama tahun 2009 hingga tahun 2017 pada DTA Waduk Lahor jenis tata guna lahan yang mengalami peningkatan adalah luas hutan yang mengalami peningkatan sebesar 10.324% dan pemukiman dimana mengalami perluasan wilayah sebesar 14,678%. Pengaruh peningkatan luasan dari jenis tata guna lahan ini tentu akan berbanding lurus dengan peningkatan jumlah polutan yang masuk ke perairan dan tentu akan terakumulasi di Waduk Lahor. Jenis polutan yang berasal dari pemukiman salah satunya adalah limbah yang berasal dari rumah tangga, warung makan, restoran yang mengandung bahan organik seperti nitrogen dan total fosfat. Pencemaran oleh limbah organik ditandai dengan meningkatnya padatan tersuspensi, kekeruhan, meningkatnya nilai BOD, serta meningkatnya senyawa racun dalam air yang akan mempengaruhi kehidupan organisme di perairan. Terbentuknya senyawa organik yang berlebih akan menjadi racun bagi organisme dalam air sebagai akibat dari kurangnya oksigen terlarut dalam air karena penguraian bahan organik dalam jumlah berlebih yang membutuhkan oksigen sehingga terjadi deplesi oksigen.

Dalam menganalisa pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap perubahan kandungan nilai polutan di perairan khususnya di Waduk Lahor dari tahun 2009 hingga tahun 2017 digunakan pemodelan menggunakan ArcSWAT, jenis tata guna lahan yang ada di DTA Waduk Lahor pada tahun 2009 dan tahun 2017 kemudian dianalisis kandungan suatu polutannya pada tiap-tiap subdas di tiap tata guna lahannya sehingga diperoleh gambaran pengaruh suatu tata guna lahan terhadap kadar polutan yang masuk ke perairan dan kemudian akan terakumulasi di waduk. Untuk peta tata guna lahan pada tahun 2009 dan 2017 yang akan dianalisa dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan 4.14 berikut:



Gambar 4.13. Peta Tata Guna Lahan DTA Waduk Lahor Tahun 2009
 Sumber : BP DAS Brantas 2017



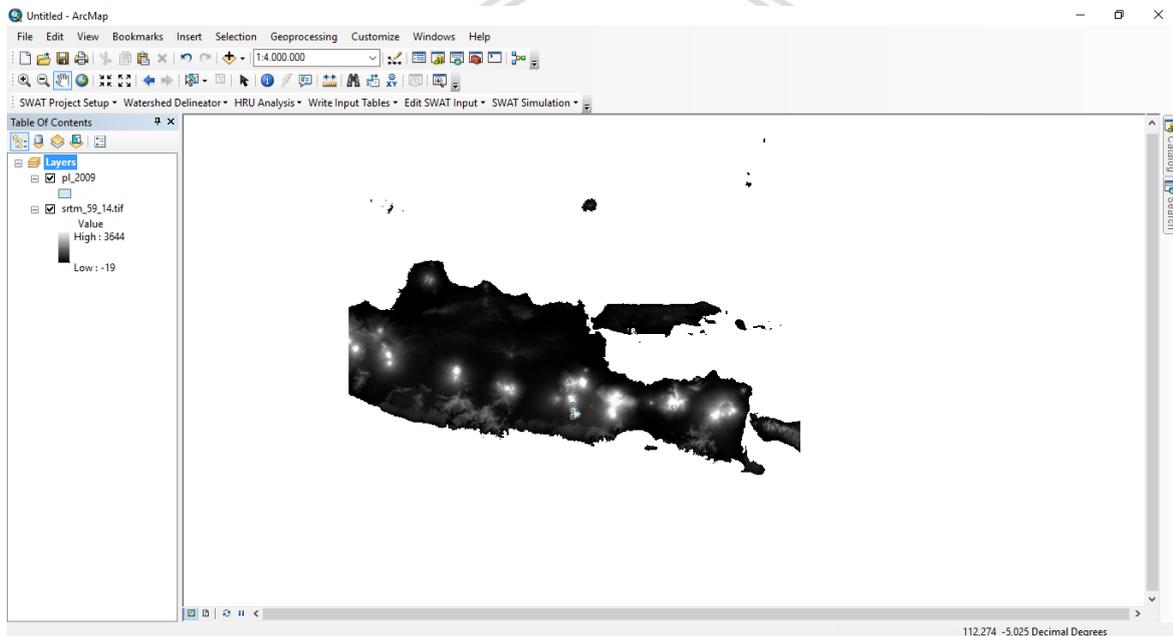
Gambar 4.14. Peta Tata Guna Lahan DTA Waduk Lahor Tahun 2017
 Sumber : BP DAS Brantas 2017

4.5. Analisa Pemodelan Kualitas Air dengan ArcSWAT

4.5.1. Penentuan Batas Daerah Tangkapan Air (DTA)

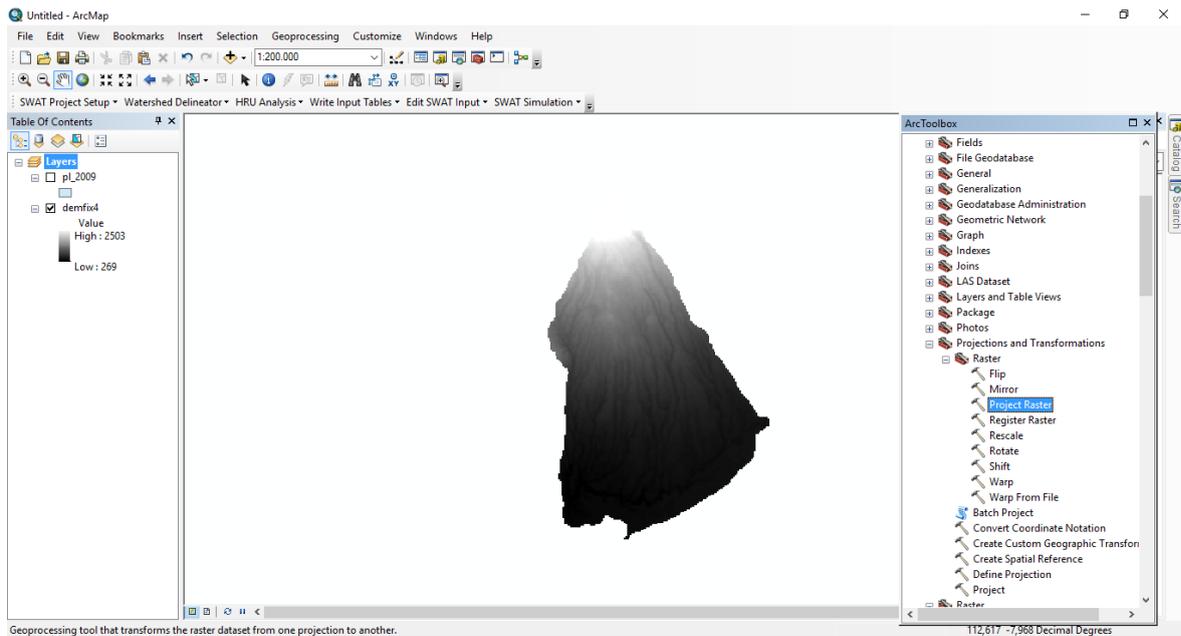
Penentuan batas DTA merupakan tahap menentukan besarnya wilayah pengaliran air yang terdapat pada suatu outlet, yang pada penelitian kali ini merupakan Waduk Lahor. Dalam penelitian kali ini penentuan batas DTA menggunakan bantuan *software* ArcGIS 10.2.2 Untuk membuat batas DTA dibutuhkan data DEM. Berikut ini merupakan tahapan yang harus dilakukan dalam penggambaran penentuan batas DTA :

1. Menyiapkan data DEM dari SRTM yang; bisa di download di srtm.csi.cgiar.org. SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) merupakan misi untuk mendapatkan data topografi dari permukaan bumi dengan menggunakan sistem radar pada pesawat ulang alik. Peta DEM yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 4.15. Tampilan Data DEM (*Digital Elevation Model*) Pulau Jawa
Sumber : Hasil Analisis, 2018

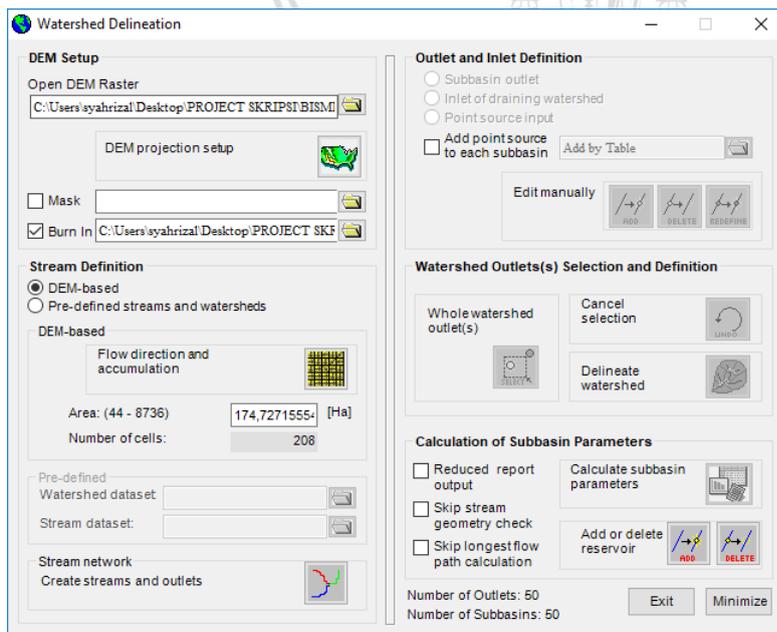
2. Memotong (*clip*) data DEM sesuai dengan lokasi penelitian yaitu DTA Waduk Lahot dengan menggunakan *clip tools*. Pada menu *arctoolbox*, pilih *Data management tools - raster - raster processing - clip*. Berikut ini merupakan tampilan dari DEM yang sudah dipotong sesuai dengan lokasi daerah tangkapan air pada wilayah penelitian:



Gambar 4.16. Tampilan DEM (Digital Elevation Model) yang sudah di-clip

Sumber : Hasil Analisis, 2018

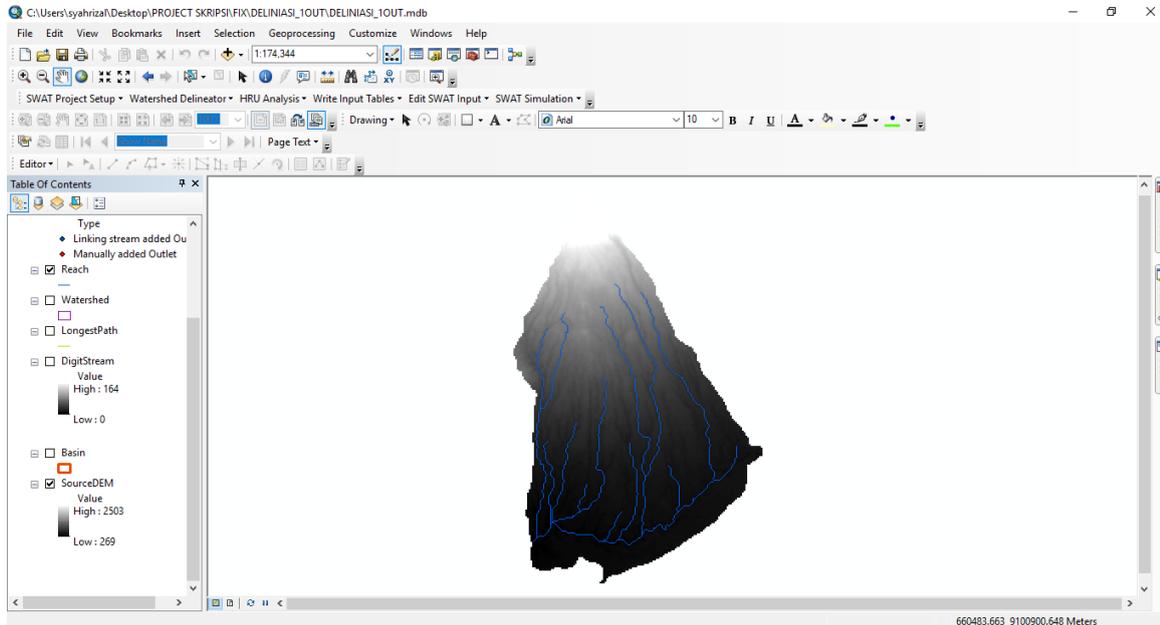
- Setelah peta DEM sudah terbentuk sesuai dengan wilayah penelitian, tahapan selanjutnya adalah membuat batas Daerah Aliran Sungai dengan Tools yang sudah di instal dalam ArcGIS yaitu ArcSWAT. Setelah itu Membuat *New Project* pada ArcSwat, setelah pembentukan *new project* perintah *Automatic Watershed Delineation* akan terbuka kemudian input peta DEM lalu masukan peta jaringan sungai, pada stream definition klik tombol *flow direction and accumulation*. Tampilan menu tersebut seperti gambar berikut



Gambar 4.17. Tampilan Menu *Watershed Deliniation*

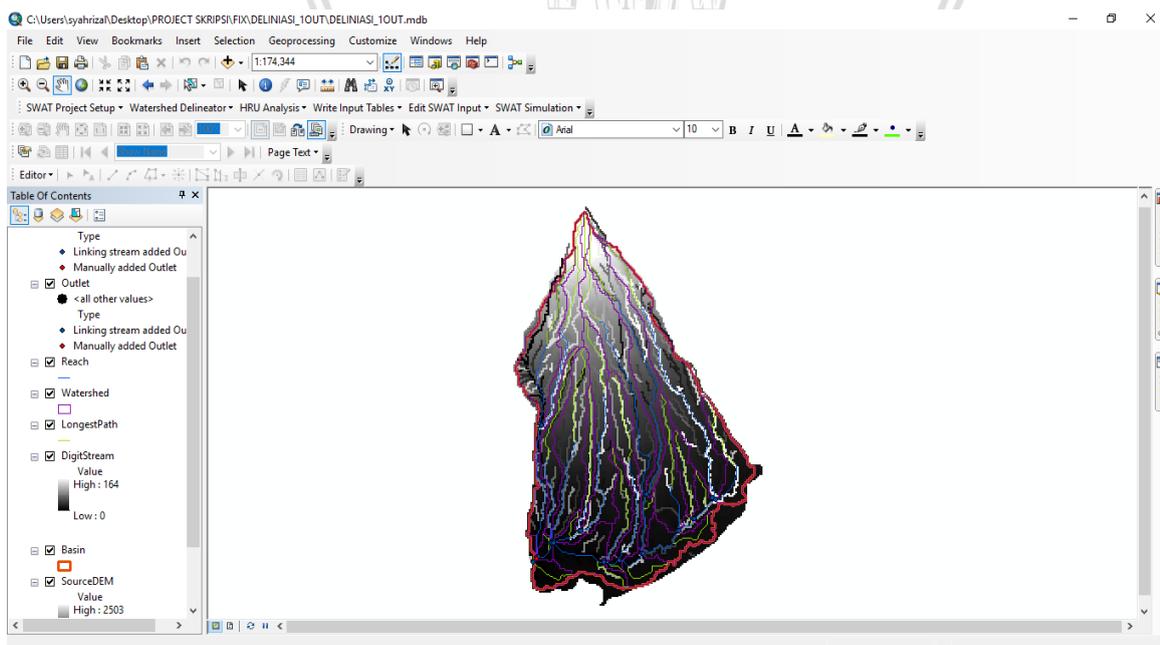
Sumber : Hasil Analisia, 2018

4. Pembentukan *Stream Network*, pada tools *create stream and network*. Apabila pada proses ini outlet tidak terbentuk, jika terdapat outlet yang tidak diharapkan maka bisa dilakukan penghapusan outlet dengan cara pilih *delete* pada *toolbar watershed delineation*. Hasil dari proses ini adalah sebagai berikut :



Gambar 4.18. Hasil Jaringan Sungai
Sumber : Hasil Analisis,2018

5. Selanjutnya pada *text box* pilih *whole watershed outlet(s)*, kemudian pilih perintah *delineate watershed* yang akan menghasilkan batas DAS daerah yang diteliti, berikutnya pilih *calculate subbasin parameters* dan akan menghasilkan *output* seperti gambar berikut

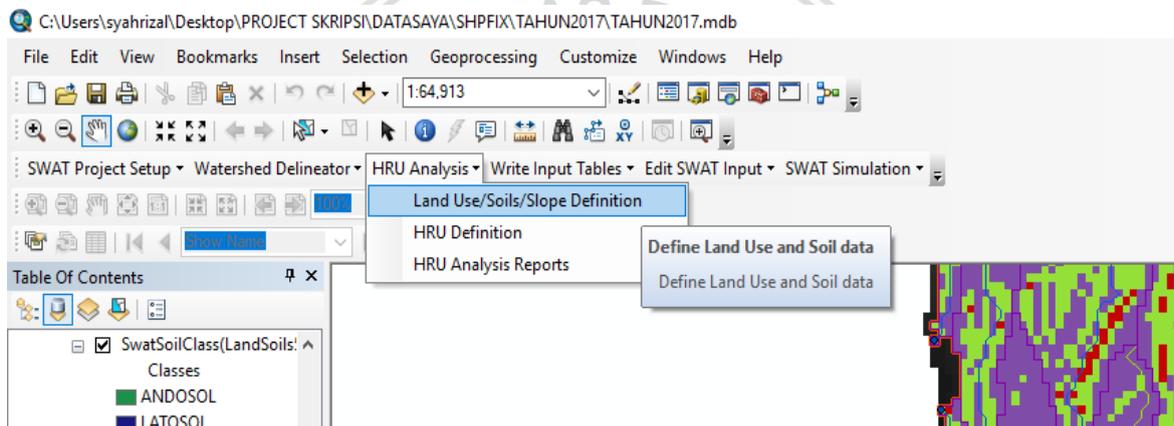


Gambar 4.19. Hasil Jaringan Sungai
Sumber : Hasil Analisis ArcSWAT, 2018

4.5.2 Format input data dan pembuatan database ArcSWAT

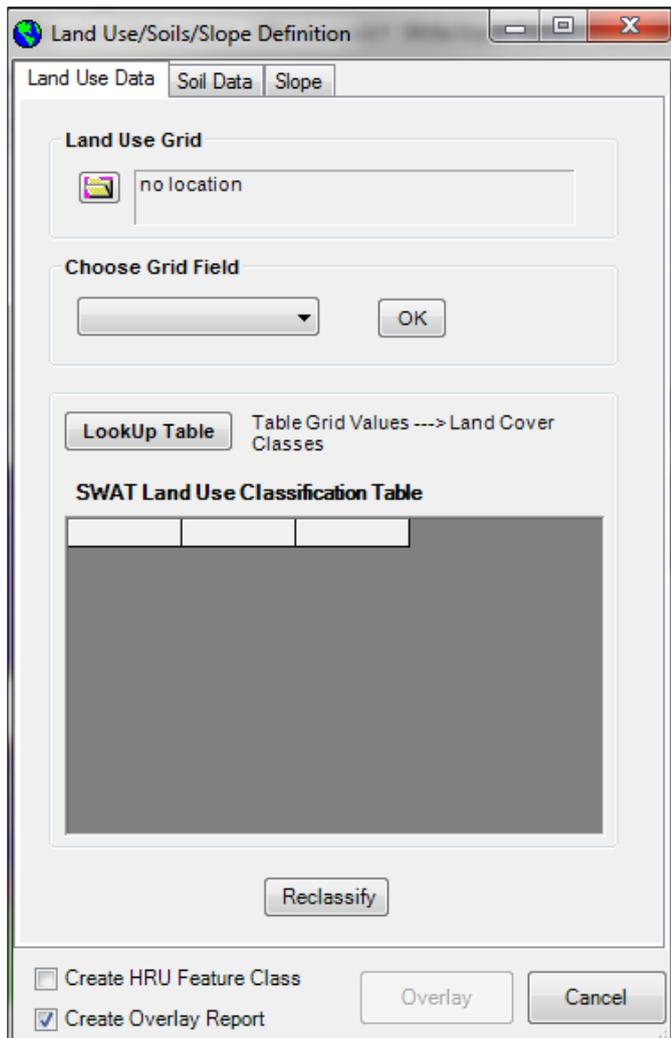
4.5.2.1. Penggambaran tema tata guna lahan

Program permodelan ArcSWAT membutuhkan informasi-informasi mengenai data berupa peta tata guna lahan, peta jenis tanah dan kemiringan lereng daerah yang diteliti. ArcSWAT mempunyai menu HRU *analysis*, yang di dalamnya ada *tools Land Use/Soil/Slope Definition*. Tools ini berfungsi untuk mengakses dialog box untuk memasukan peta tata guna lahan, peta jenis tanah dan kemiringan lereng yang akan menghubungkan peta ke SWAT database kemudian akan mengoverlay ketiga peta tersebut membentuk HRU (*Hidrology Responsive Unit*). Tools ini akan otomatis jika proses watershed delination berhasil dengan menghasilkan sub-sub DAS yang akan dianalisis. untuk memulai proses tersebut langsung pilih HRU *Analysis*, setelah HRU *analysis* di klik *tools Land Use/Soil/Slope Definition*, maka akan muncul tampilan seperti gambar 4.20



Gambar : 4.20. Tampilan menu HRU Analysis

Sumber : ArcSWAT, 2017



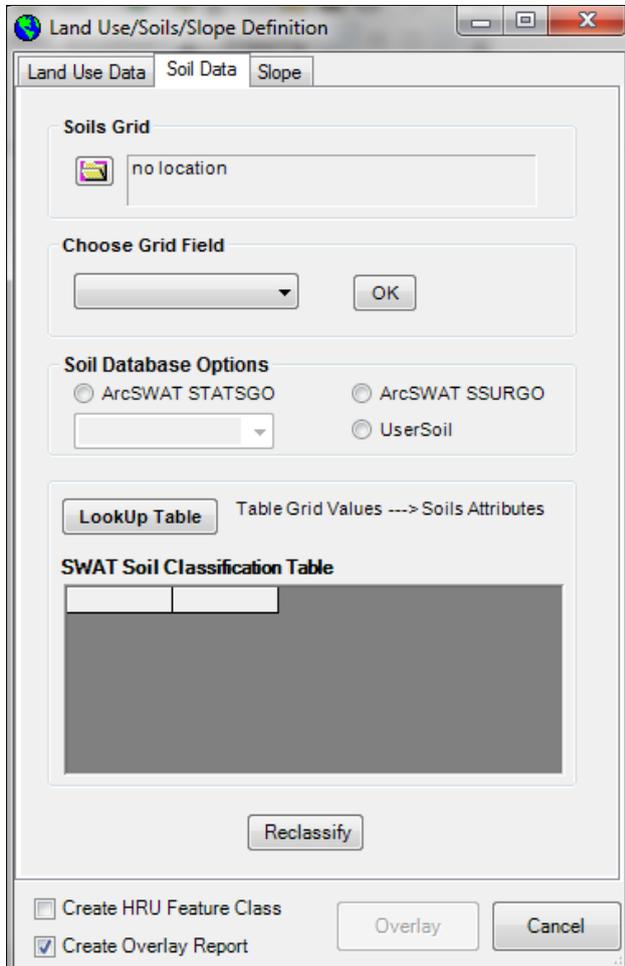
Gambar 4.21. Jendela dialog “land use data”
Sumber : ArcSWAT, 2017

Pilih peta yang tata guna lahan yang akan digunakan untuk simulasi, format peta tata guna lahan harus berformat grid. Setelah peta tata guna lahan dimasukkan klik *choose Grid Field* Pilih *Value* klik Ok. Luasan tata guna lahan akan otomatis muncul. Selanjutnya *LookUp Table format* tata guna lahan eksisting sudah dimasukkan pada database SWAT. Setelah semua data tata guna lahan yang diminta sudah selesai dimasukkan, selanjutnya klik *reclassificassy*. Berikut ini adalah contoh penggolongan tema tata guna lahan DTA Waduk Lahor yang sesuai dengan database SWAT, penggolongan tema peta tata guna lahan tersebut disajikan dalam atribut symbol-simbol dan angka 1,2,3 dan seterusnya berformat (*.dbf) dan (*.txt).

4.5.2.2. Penggolongan tema jenis tanah

Proses yang dilakukan dalam penggolongan teman jenis tanah sama saja dengan penggolongan tema tata guna lahan. berikut ini Gambar 4.4 adalah jendela dialog jenis tanah,

pilih peta jenis tanah daerah penelitian, kemudian dalam *choose grid field* pilih *value* dan klik *OK*. Dalam menu *soil database option* pilih *usersoil*. Klik *LookUp Table*, selanjutnya pilih data jenis tanah yang sudah disesuaikan dengan format database SWAT. Setelah semua data yang diminta dimasukkan, klik *reclassify*.



Gambar 4.22. Jendela dialog “soil data”

Sumber : ArcSWAT, 2017

Berikut ini adalah contoh penggolongan tema jenis tanah DTA Waduk Lahor yang sesuai dengan database SWAT, penggolongan tema jenis tanah tersebut disajikan dalam atribut symbol-simbol dan angka 1,2,3 dan seterusnya berformat (*.dbf) dan (*.txt).

4.5.2.3. Kemiringan Lereng (*slope*)

Kemiringan lereng/lahan adalah perbandingan antara beda tinggi (jarak vertikal) suatu lahan dengan jarak mendatarnya. Besarnya kemiringan lereng dapat dinyatakan dengan beberapa satuan, diantaranya dengan % (persen) dan ° (derajat). Informasi spasial kelerengan mendeskripsikan kondisi permukaan lahan, seperti datar, landau atau kemiringannya curam. Panjang lereng dihitung mulai dari titik pangkal aliran permukaan sampai pada suatu titik

dimana air masuk kedalam saluran atau sungai, atau kemiringan lereng yang berkurang sedemikian rupa sehingga kecepatan aliran air berubah (Arsyad, 2010:114). Berikut ini merupakan klasifikasi kemiringan lereng menurut Asdak pada Tabel 4.40

Tabel 4.40

Klasifikasi kemiringan lahan

No	Kemiringan lereng	Klasifikasi
1	0 % - 8 %	Datar
2	8 % - 15 %	Landai
3	15% - 25%	Agak Curam
4	25 - 45 %	Curam
5	> 45 %	Sangat Curam

Sumber : Asdak, (2004,p.415)

4.5.2.4. Input data hujan sesuai format ArcSWAT

Data hujan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data hujan stasiun stasiun hujan di daerah DTA Waduk Lahor. Banyaknya stasiun hujan yang berjumlah 9 stasiun hujan, dengan jangka waktu 10 tahun. Input data hujan dalam ArcSWAT digunakan untuk memperoleh presipitasi, standar deviasi dan kepengcangan, probabilitas, dan curah hujan maksimum. Data hujan dikelompokkan dalam susunan bulanan selama jangka waktu 10 tahun, berikut ini merupakan contoh tabel pengelompokan data hujan :

Data Curah Hujan Harian DTA Waduk Lahor

Koordinat XPR = 659746 YPR =9098833
 Nama Stasiun Sutami
 Elevasi 281
 Tipe Alat Manual
 Pemilik Dinas PU SDA

Tanggal	2008					
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	→
1	0	79	3	1	1	→
2	1	10	2	7	5	→
3	20	1	6	3	0	→
4	1	13	4	2	0	→
5	1	0	18	0	27	→
↓	↓	↓	↓	↓	↓	

Data Curah Hujan Harian DTA Waduk Lahor

Koordinat XPR = 659746 YPR =9098833
 Nama Stasiun Sutami
 Elevasi 281
 Tipe Alat Manual
 Pemilik Dinas PU SDA

Tanggal	2009					
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	—>
1	8	61	0	3	0	—>
2	3	29	0	0	0	—>
3	0	15	36	31	0	—>
4	11	18	3	32	0	—>
5	42	3	7	0	0	—>
↓	↓	↓	↓	↓	↓	

Tanggal	Bulan Januari					
	2008	2009	2010	2011	2012	—>
1	0	8	1	9	22	—>
2	1	3	10	4	4	—>
3	20	0	6	6	39	—>
4	1	11	10	0	4	—>
5	1	42	1	3	14	—>
↓	↓	↓	↓	↓	↓	

Gambar 4.23. Contoh Pengelompokan data hujan
 Sumber : Hasil perhitungan, 2017

Setelah pengelompokan data curah hujan harian menurut bulan selesai, dilakukan perhitungan – perhitungan statistic pada data hujan untuk mendapatkan :

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)

Tabel 4.41

Contoh perhitungan susunan data hujan bulanan stasiun Sutami

Tanggal	Bulan Januari									
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	0	8	1	9	22	2	18.5	0	0	2
2	1	3	10	4	4	50	6	10	3.8	0
3	20	0	6	6	39	10	0	0	0.4	0.5

Lanjutan Tabel 4.41

Contoh perhitungan susunan data hujan bulanan stasiun Sutami

Tanggal	Bulan Januari									
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
4	1	11	10	0	4	0	55.8	8.8	0	3.7
5	1	42	1	3	14	10	88	8.7	0	0
6	13	1	0	4	8	2	0.3	0	57	29
7	7	4	0	0	16	34	19	0	0	0
8	12	32	15	15	7	28	9	0	4.1	0
9	6	11	12	0	3	10	2	0	0	0
10	0	1	7	3	1	5	0	0	0	4
11	0	0	2	0	4	18	0	0	46.5	19.7
12	0	2	20	0	9	2	33	6.3	56.6	2.6
13	4	3	44	0	62	0	8.8	13.5	0	46.7
14	2	25	1	0	13	3	1	21.4	7.8	11.1
15	1	32	6	14	1	14	0	9.8	0	65.7
16	17	10	2	7	8	7	0	14.2	6.9	4.8
17	4	6	8	8	0	9	0	0	0	7.5
18	16	1	0	0	21	2	0	21.5	0	10.5
19	0	11	5	6	30	1	7.3	4	12	0
20	15	0	2	21	10	13	4.2	16	1	8.7
21	0	1	52	3	27	1	0.1	2.6	57.3	0
22	0	1	4	41	24	14	3.9	0.8	11.5	2.1
23	0	1	0	46	27	0	0	4	11.5	7.7
24	5	0	0	19	0	25	14	2.5	21	7.8
25	39	81	19	4	0	140	29.1	0	0	99
26	10	2	90	0	0	12	4.4	12.8	0.8	56.6
27	0	2	1	0	0	0	0	0	0	2
28	10	4	2	14	9	0	6	0	0	18.2
29	27	7	5	0	33	0	4	8	0	22
30	1	8	0	0	4	1	10.2	6	0	3.6
31	2	3	1	3	17	53	18.2	68.4	0	28.2
Σ	214	313	326	230	417	466	342.8	239.3	298.2	463.7
Hari hujan	13	24	23	19	26	20	23	21	18	21
PCPMM	331.000	PR-W1	0.471	RAINHHMX	140					
PCPSTD	17.841	PR-W2	0.803							
PCPSKW	3.207	PCPD	20.800							

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Contoh format perhitungan data hujan bulanan stasiun Sutami adalah sebagai berikut :

$$1. \sum_{d=1}^N R_{day,mon} = 214 + 313 + 326 + 230 + \dots + 463.7 = 331$$

$$2. \text{Days}_{wet,i} = 13 + 24 + 23 + 19 + \dots + 21 = 208$$

$$3. N = 31 + 31 + 31 + 31 + \dots + 31 = 310$$

a. PCPMM

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

$$\bar{R} = \frac{\sum_{d=1}^N R_{day,mon}}{N} = \frac{3310}{10} = 331$$

b. PCPSTD

Standar deviasi presipitasi bulanan (mm), yang dirumuskan sebagai berikut

$$\sigma_{mon} = \sqrt{\left(\frac{\sum_{d=1}^N (R_{day,yrs} - R_{mon})^2}{N-1} \right)} = 17,841$$

c. PCPSKW

Kepencengan presipitasi bulanan, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$g_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N (R_{day,yrs} - R_{mon})^3}{(N-1)(N-2)(\sigma_{mon})^3} = 3,207$$

d. PR_W1

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

$$PR_W1 = \frac{days_{W/D,i}}{days_{dry,i}} = 0,471$$

e. PR_W2

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

$$PR_W2 = \frac{days_{W/W,i}}{days_{wet,i}} = 0,803$$

f. PCPD

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

$$\bar{d}_{wet,i} = \frac{days_{wet,i}}{yrs} = 20,80$$

g. RAINHHMX

Hujan harian maksimum seluruh periode dalam bulan.

Berikut ini merupakan rekapitulasi input data hujan DTA Waduk Lahor :

Tabel 4.42
Input data hujan stasiun Sutami

Stasiun Sutami	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
PCPMM	331.00	323.62	249.34	265.87	127.24	89.69	33.82	19.03	35.93	128.75	294.07	377.11
PCPSTD	17.84	18.85	14.08	15.29	10.81	11.08	4.95	3.28	8.13	12.46	15.61	21.23
PSPSKW	3.21	2.21	2.29	2.18	3.87	5.10	5.85	3.28	5.44	4.87	2.35	3.16
PR_W1	0.47	0.45	0.45	0.40	0.20	0.13	0.11	0.03	0.07	0.19	0.35	0.42
PR_W2	0.80	0.63	0.59	0.58	0.52	0.40	0.34	0.55	0.60	0.46	0.71	0.79
PCPD	20.80	16.80	15.50	14.80	8.30	5.70	3.80	2.00	4.50	7.90	16.80	19.50
RAINHHMX	140	98	74	75	89.9	93	43.3	31.7	70	112	96	167

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.43
Input Data Hujan Stasiun Sumberpucung

Stasiun Sumberpucung	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
PCPMM	279.30	281.00	290.50	241.80	147.00	77.10	24.50	20.40	52.20	90.50	267.80	312.80
PCPSTD	15.08	16.70	17.61	17.94	12.78	9.54	4.68	3.55	7.17	8.86	15.16	17.87
PSPSKW	2.75	2.96	2.36	3.95	3.46	5.08	8.25	3.55	5.13	4.13	2.50	2.73
PR_W1	0.64	0.31	0.31	0.33	0.17	0.08	0.05	0.04	0.05	0.11	0.24	0.35
PR_W2	0.43	0.55	0.56	0.50	0.38	0.37	0.13	0.27	0.46	0.46	0.70	0.64
PCPD	20.80	13.90	11.90	11.70	6.30	3.50	1.50	1.50	2.60	5.00	13.20	14.50
RAINHHMX	95	130	90	150	82	75	56	30	60	70	95	117

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.44
Input Data Hujan Stasiun Kapanjen

Stasiun Kapanjen	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
PCPMM	272.20	314.60	329.60	246.90	195.10	109.70	34.70	19.60	70.90	98.50	244.90	368.90
PCPSTD	14.60	17.39	20.30	16.28	17.32	11.93	5.42	3.47	9.19	10.09	16.51	19.00
PSPSKW	2.40	2.21	3.05	2.47	3.81	4.53	6.47	3.47	5.36	4.09	2.49	1.96
PR_W1	0.55	0.37	0.37	0.29	0.18	0.10	0.06	0.04	0.08	0.13	0.24	0.39
PR_W2	0.51	0.64	0.59	0.56	0.41	0.47	0.24	0.27	0.56	0.43	0.69	0.66
PCPD	20.80	16.20	14.00	11.50	6.80	4.70	2.10	1.50	4.30	5.80	12.00	15.50
RAINHHMX	95	103	164	92	132	103	53	34	83	73	103	87

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.45
Input Data Hujan Stasiun Ngajum

Stasiun Ngajum	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
PCPMM	311.70	316.90	304.10	325.60	147.80	100.40	30.10	25.50	43.80	109.60	308.00	358.30
PCPSTD	16.34	18.73	18.17	19.81	11.62	11.63	4.73	4.96	6.70	11.88	18.59	18.62
PSPSKW	3.08	2.36	3.03	2.48	3.30	4.36	6.79	4.96	7.24	4.78	2.87	2.52
PR_W1	0.55	0.42	0.42	0.35	0.23	0.09	0.06	0.02	0.04	0.13	0.31	0.37
PR_W2	0.53	0.54	0.53	0.53	0.40	0.42	0.36	0.43	0.59	0.44	0.62	0.73
PCPD	20.80	15.00	13.90	13.00	8.20	3.80	2.50	1.40	2.70	5.50	13.60	17.20
RAINHHMX	146	118	126	116	76	77	44	59	78	88	132	122

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

4.5.2.5. Pembuatan Database ArcSWAT

A. Landcover/planth growth dan Urban Area database

Pembuatan database juga dibutuhkan agar program dapat mengenali data-data yang dibuat secara manual. Data tataguna lahan dapat dimasukan lewat *land cover/pland growth database* atau kedalam *SWAT2012.mdb crop dan urban*. Tampilan seperti gambar 4.24 Berikut akan muncul setelah mengklik dataset yang terdapat pada ArcSWAT

The screenshot shows the 'Land Cover/Plant Growth Database Edit' window. On the left, a list of crop types is visible, with 'Hutan' selected. The main area is divided into two sections: 'Crop type Parameters' and 'Hydrological Parameters'.

Crop type Parameters:

- Crop Name: Hutan
- CPNM (4 character): HUTN
- IDC: Trees
- Op Schedule: FRST
- Crop is fertilized
- BIO_E [(kg/ha)/(MJ/m2)]: 15
- HVSTI [(kg/ha)/(kg/ha)]: 0.1
- BLAI (m2/m2): 4
- FRGRW1 (fraction): 0.1
- LAIMX1 (fraction): 0.15
- CHTMX (m): 3.5
- RDMX (m): 2
- FRGRW2 (fraction): 0.5
- LAIMX2 (fraction): 0.75
- DLAI (heat units/heat units): 0.99
- T_OPT (C): 20
- T_BASE (C): 7
- CNYLD(kg N/kg seed): 0.0019
- CPYLD(kg P/kg): 0.0004
- BN1 (kg N/kg biomass): 0.006
- BN2 (kg N/kg biomass): 0.002
- BN3 (kg N/kg biomass): 0.0015
- BP1 (kg P/kg biomass): 0.0007
- BP2 (kg P/kg biomass): 0.0004
- BP3 (kg P/kg biomass): 0.0003
- WSYF [(kg/ha)/(kg/ha)]: 0.05
- USLE_C: 0.001
- GSI (m/s): 0.007
- VPDFR (kPa): 4
- FRGMAX (fraction): 0.75
- WAVP (rate): 3
- CO2HI (uL/L): 660
- BIOEHI (ratio): 20
- RSDCO_PL (fraction): 0.05
- ALAI_MIN (m2/m2): 0.75
- BIO_LEAF (fraction): 0.3
- MAT_YRS (years): 0
- BMX_TREES (tons/ha): 0
- EXT_COEF: 0.65
- BM_DIEOFF: 0.1

Hydrological Parameters:

- OV_N: 0.1
- Manning's N (roughness): 0.1
- SCS Runoff Curve Numbers: A: 30, B: 55, C: 70, D: 77

Buttons on the right: Add New, Save Edits, Cancel Edits, Delete, Default, Exit.

Gambar 4.24. Tampilan menu *Land Cover/Plant Growth Database Edit*

Sumber : ArcSWAT, 2018

Gambar 4.25. Tampilan *Urban Area Database Edit*

Sumber : ArcSWAT,2018

- Penentuan nilai Curve Number (CN)

Nilai Curve Number (CN) atau bilangan kurva air limpasan ditentukan berdasarkan nilai parameter fisik dari suatu DAS, yaitu kondisi hidrologi, jenis tanah dan penutupan lahan. Angka CN (Curve Number) bervariasi dari 0 sampai 100. Kemudian nilai CN dicari menurut kelompok tanah pada keadaan kelembaban awal II sesuai dengan jenis penutupan lahannya. Nilai CN pada keadaan kelembaban awal II untuk kelompok tanah pada masing-masing jenis penutupan lahan dapat dilihat pada tabel 4.46

Tabel 4.46

Nilai CN II untuk masing-masing tata guna lahan

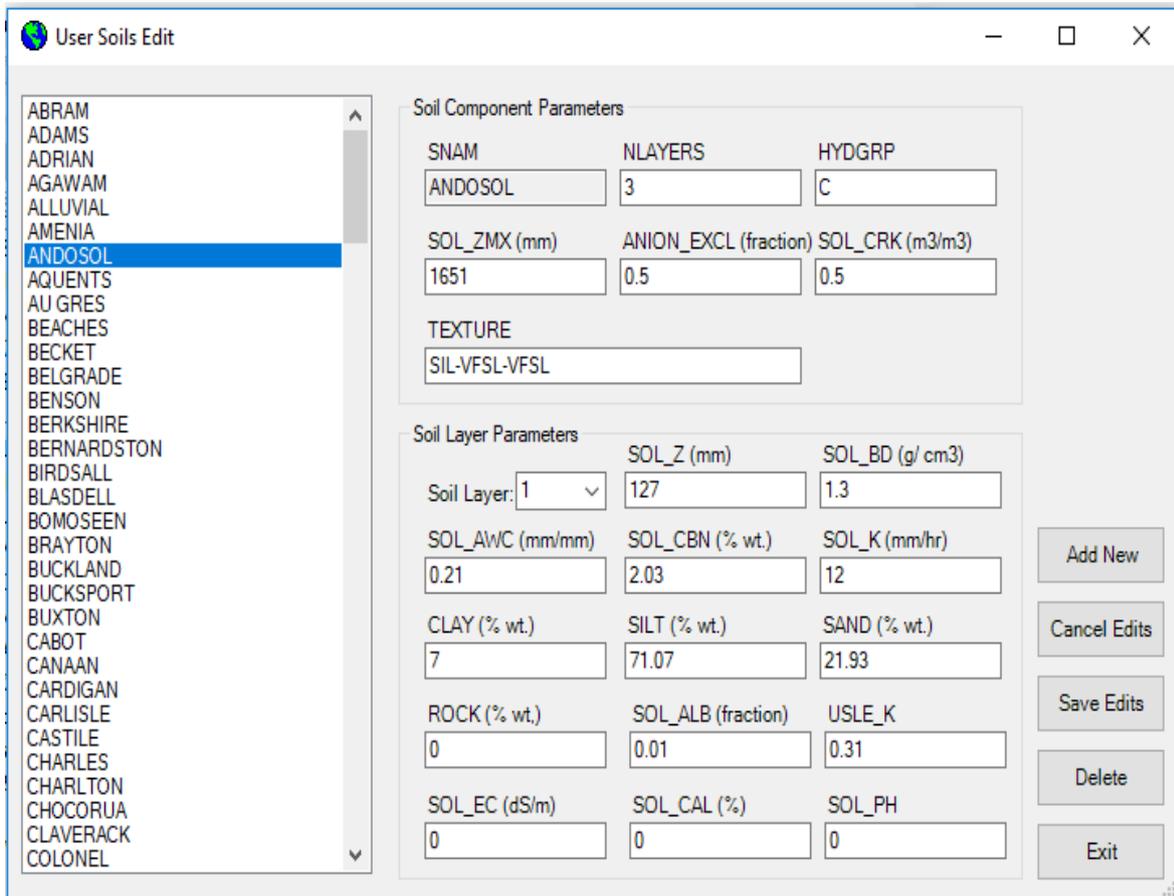
No	Tata Guna Lahan	Nilai CN			
		A	B	C	D
1	Air Tawar	92	92	92	92
2	Belukar/ Semak	35	56	70	77
3	Kebun	67	78	85	89
4	Pemukiman	77	85	90	92
5	Sawah Irigasi	63	75	83	87
6	Sawah Tadah Hujan	67	78	85	89
7	Hutan	36	56	70	77

Sumber : SWAT 2000 Theory

B. *User Soil database*

Pembuatan database diperlukan agar program mengenali data – data yang dibuat secara manual. Data tanah dimasukkan melalui *user soil database* atau kedalam *file*

SWAT2012.mdb_user soil. Tampilan seperti pada Gambar 4.25 Akan muncul setelah mengklik database yang terdapat pada ArcSWAT.



Gambar 4.26. Tampilan Menu *User soil database*

Sumber : ArcSWAT, 2018

- Penentuan nilai K tanah

Pada pembuatan database *user soil* nilai K tanah dimasukkan berdasarkan jenis tanahnya. Sedangkan nilai-nilai K dan tingkat erodibilitas diperkirakan dengan melihat peta serta merujuk pada tabel-tabel yang tercantum pada referensi.

Tabel 4.47

Nilai K untuk masing-masing tanah di DTA Waduk Lahor

No	Jenis Tanah	Nilai K
1	Aluvial Coklat	0.2
2	Latosol	0.32
3	Andosol	0.31
4	Mediteran Coklat	0.23

Sumber : Arsyad (2009,p.144)

C. Angka kekasaran manning di lahan dan sungai

Koefisien kekasaran lahan dan sungai adalah salah satu parameter yang berpengaruh dalam perhitungan debit puncak limpasan yang terjadi pada fenomena limpasan permukaan yang terjadi dalam suatu kawasan DAS. Angka kekasaran manning di lahan merupakan masukan data untuk perhitungan waktu konsentrasi yang terjadi di lahan melalui *SWAT2012.mdb-crop*. Sedangkan angka kekasaran manning di sungai akan digunakan sebagai masukan data untuk perhitungan waktu konsentrasi aliran di sungai. Angka kekasaran manning di anak sungai dimasukkan melalui menu interface “*Write Subbasin General Data*” (*.sub) pada *toolbar input*, sedangkan angka kekasaran manning di sungai utama dimasukkan melalui menu “*Write Main Channel Data*” (*.rte). Hasil penentuan angka kekasaran manning tersebut dapat dilihat pada tabel 4.48 dan 4.49.

Tabel 4.48

Angka kekasaran manning untuk aliran sungai

No	Jenis Sungai	Tipe Saluran	Angka kekasaran manning
1	Anak sungai	Saluran alam : sedikit vegetasi, dasar saluran berkerikil dan berbatu atau tumbuhan bawah	0,05
2	Sungai Utama	Saluran alam: sedikit vegetasi, dasar saluran berkerikil dan berbatu	0,025

Sumber : Angka kekasaran manning untuk aliran di saluran (Chow, 1959,p.234)

Tabel 4.49

Angka kekasaran manning untuk aliran di lahan

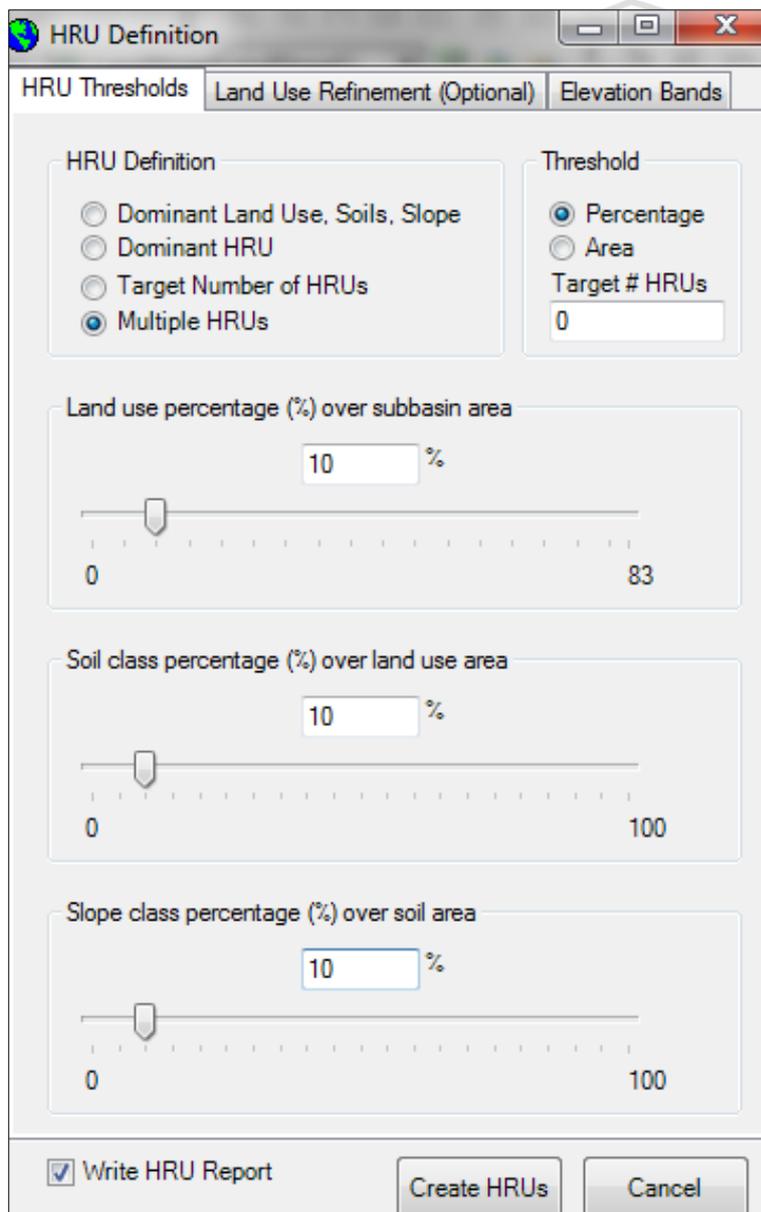
No	Tata Guna Lahan	Angka kekasaran manning
1	Semak Belukar	0,15
2	Hutan	0,1
3	Sawah Tadah Hujan	0,14
4	Sawah Irigasi	0,14
5	Perkebunan	0,14
6	Pemukiman	0,1
7	Air Tawar	0,01

Sumber : Angka kekasaran manning untuk aliran sungai (chow, 1959,p.321)

4.5.2.6. Pengelolaan HRU (*Hydrologic Response Unit*)

HRU adalah unit satuan lahan yang mendeskripsikan peta penutup lahan atau jenis tanah yang ada apada suatu sub DAS. Pada ArcSWAT terdapat suatu *tool* yaitu HRU *definition* yang berfungsi untuk menjelaskan luasan distribusi penutup lahan atau jenis apa saja yang ada dalam suatu sub DAS yang akan dimodelkan.

Menu ini otomatis aktif apabila overlay antara peta tataguna lahan dengan peta jenis tanah pada *menu landuse/soil/slope definition* telah dilakukan dengan sempurna. Setelah proses overlay berhasil, maka selanjutnya klik menu HRU Analysis maka akan muncul pilihan HRU *definition* seperti yang tampak pada gambar 4.27.:



Gambar 4.27. Tampilan menu *HRU Definition*

Sumber : ArcSWAT, 2018

Pada jendela dialog terdapat empat menu pilihan. Masing-masing menu pilihan memiliki fungsi yang berbeda, berikut penjelasan tentang fungsivmasing-masing menu :

1. *Dominant Land Use, Soils, Slope*

Apabila pengguna memilih ini, maka proses distribusi HRU pada masing-masing sub DAS hanya akan memproses tataguna lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng yang dominan. Tata guna lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng yang tidak dominan tidak diperhitungkan pada proses selanjutnya.

2. *Dominant HRU*

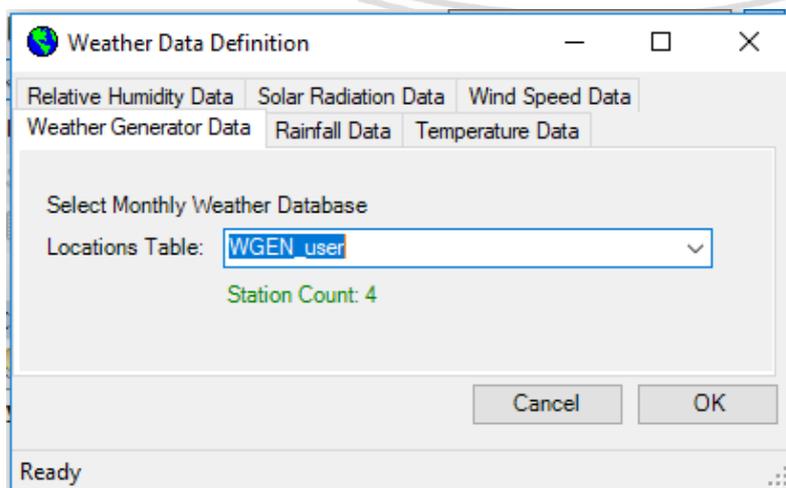
Apabila pengguna memilih menu ini, maka proses distribusi HRU hanya akan membuat satu HRU untuk setiap subDAS.

3. *Multiple HRUs*

Program ini akan mengenali semua HRU yang ada pada suatu sub DAS tergantung pada presentase cakupan luasan yang diberikan. Terdapat tiga presentasi cakupan luasan yang diberikan. Terdapat tiga presentase cakupan luasan yang diatawarkan program, yaitu *Land use percentage (%) over subbasin area*, *Soil class percentage (%) over land use area*, dan *slope class percentage (%) over soil area*.

4.5.2.7. Pengolahan *Weather Station*

Program ArcSWAT membutuhkan informasi tentang hujan harian, temperature udara, kecepatan angin, kelembaban, dan radiasi matahari yang terdapat pada setiap stasiun cuaca. Data-data ini dimasukan melalui menu *Write input tables-weather stasion* seperti yang tampak pada Gambar 4.28



Gambar 4.28. Tampilan Menu *Weather Data Definition*

Sumber : ArcSWAT, 2018

Format data-data ini yang diinput pada menu *Weather Data Definition* juga harus sesuai dengan format yang diminta oleh program. Jika format data yang dimasukkan tidak sesuai dengan permintaan program, maka akan muncul kotak pemberitahuan. Pada Tabel 4.50. merupakan bentuk format tabel yang sesuai.

Tabel 4.50

Format data lokasi hujan

ID	NAMA	LONG	LAT	ELEVATION
1	SUTAMI	112.450	-8.150	281
2	SUMBERPUCUNG	112.489	-8.164	305
3	KEPANJEN	112.568	-8.146	333
4	NGAJUM	112.545	-8.098	368

Sumber : Dinas PU Sumberdaya Air Kabupaten Malang, 2017

Tabel 4.51

Format data hujan harian untuk input *rainfall data* stasiun Sutami

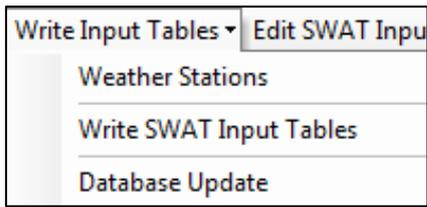
Date	PCP
20080101	0
20080102	1
20080103	20
20080104	1
20080105	1
20080106	13
20080107	7
20080108	12
20080109	6
20080110	0

Sumber : Dinas PU Sumberdaya Air Kabupaten Malang, 2017

Pada saat pembuatan nama file dilakukan dalam format (*.*dbf*) dan (*.*txt*), pengguna harus menyamakan singkatan antara singkatan nama lokasi stasiun hujan dengan mana file yang berisi data hujan. karena data hujan akan otomatis dibaca oleh program ketika input data stasiun hujan selesai dilakukan pada perintah *raingages*.

4.5.2.8. Pengelolaan *Write SWAT Input Tables*

Perintah ini bertujuan untuk menghasilkan tabel hasil dari input data yang dilakukan sebelumnya. Gambar berikut ini merupakan menu *Write Input Tables* Perintah *write all* ini dilakukan setelah input data *weather station* berhasil dilakukan :



Gambar 4.29. Tampilan menu *Write Input Tables*
 Sumber : ArcSWAT, 2018

Terdapat 16 parameter yang akan di bangun sebelum proses simulasi dilakukan.

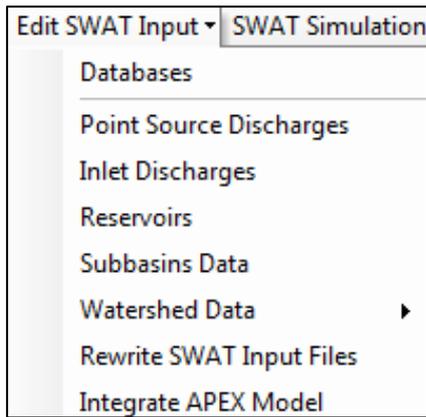
Berikut ini merupakan gambar *write SWAT Database Tables*



Gambar 4.30. *Write SWAT Database Tables*
 Sumber : ArcSWAT, 2018

4.5.2.9. *Edit SWAT Input*

Menu Edit SWAT Input pada permodelan ArcSWAT merupakan fasilitas paket model untuk melakukan *editing parameter* yang sudah terbentuk. Tujuan dari menu edit ini adalah untuk kebutuhan kalibrasi dan verifikasi permodelan, yaitu untuk pencarian koefisien-koefisein parameter lahan DAS/Sub DAS sehingga menghasilkan hasil permodelan yang sesuai dengan nilai yang terukur dilapangan.



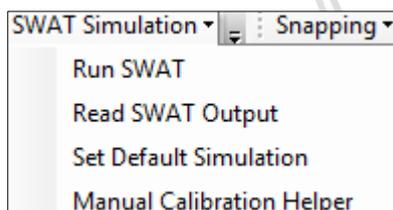
Gambar 4.31. Menu Edit SWAT Input

Sumber : ArcSWAT, 2018

Namun untuk kepentingan dan verifikasi, dominan terpakai adalah sub menu “*Subbasins Data*”. Selain untuk tujuan kalibrasi, menu “*Edit SWAT Input*” ini juga memberikan kemudahan kepada penggunanya untuk memasukan informasi mengenai proses-proses fisik yang terjadi pada sub DAS melalui data manajemen lahan

4.5.3. Simulasi ArcSWAT

Setelah semua data-data yang diminta program berhasil diinput dengan sempurna sesuai dengan tahapan-tahapan tersebut, maka simulasi baru bisa dilakukan. Simulasi ini bertujuan untuk memproses semua data masukan sehingga menghasilkan erosi dan sedimen yang terjadi di daerah studi. Simulasi tersebut menggunakan menu SWAT Simulation yang terdapat pada ArcSWAT. Berikut ini merupakan SWAT Simulation :

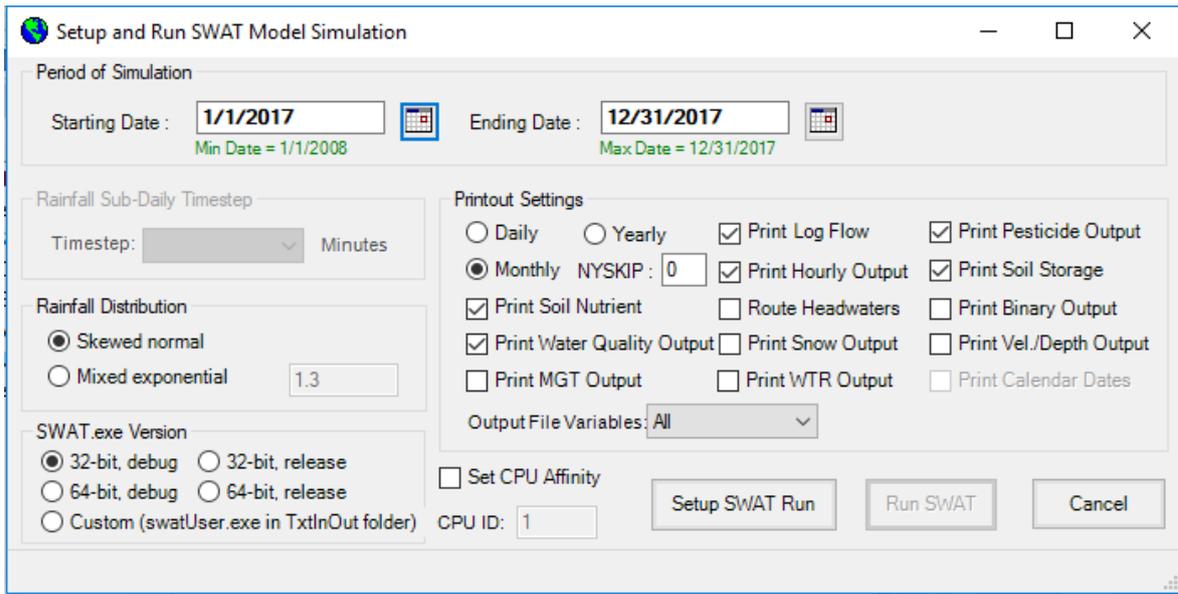


Gambar 4.32. Tampilan menu SWAT Simulation

Sumber : ArcSWAT, 2017

Perintah SWAT Simulation dipilih, kemudian pilih menu Run SWAT, maka akan muncul tampilan seperti gambar 4.33 Pada analisis ini maka menu Set Up and Run SWAT model simulation akan diisi sebagai berikut :

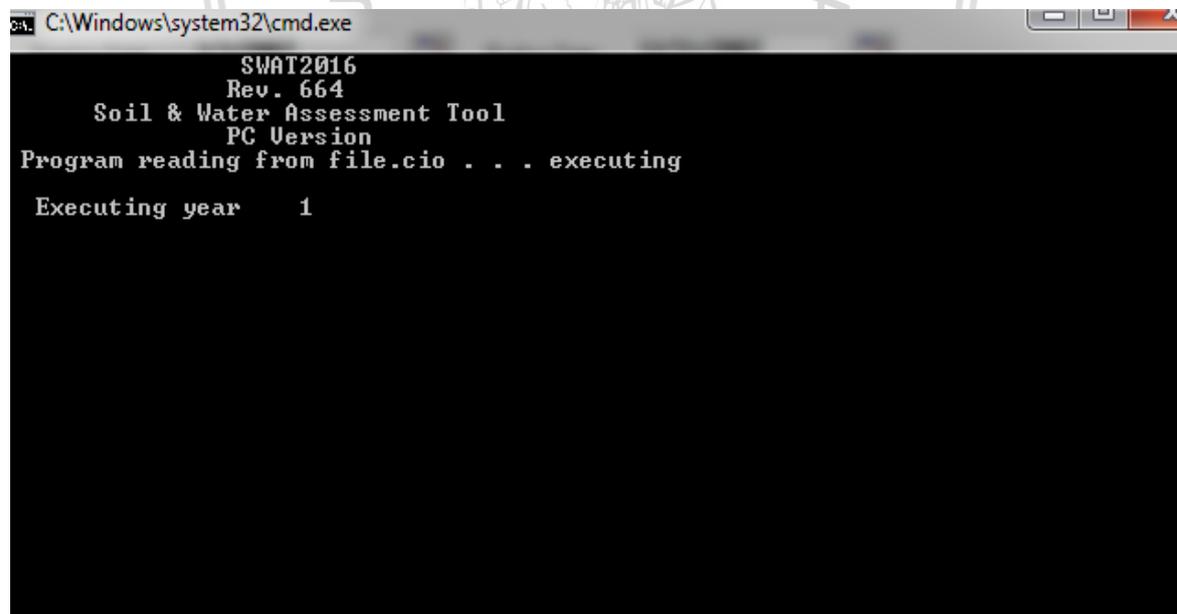
1. *Period of simulation* : 1 Januari 2017 – 31 Desember 2017
2. *Rainfall distribution* : Skewed normal
3. *Printout Setting* : Monthly
4. *SWAT.exe Version* : 32-bit, debug



Gambar 4.33. Tampilan menu *Setup an Run SWAT Model Simulation*

Sumber : ArcSWAT,2018

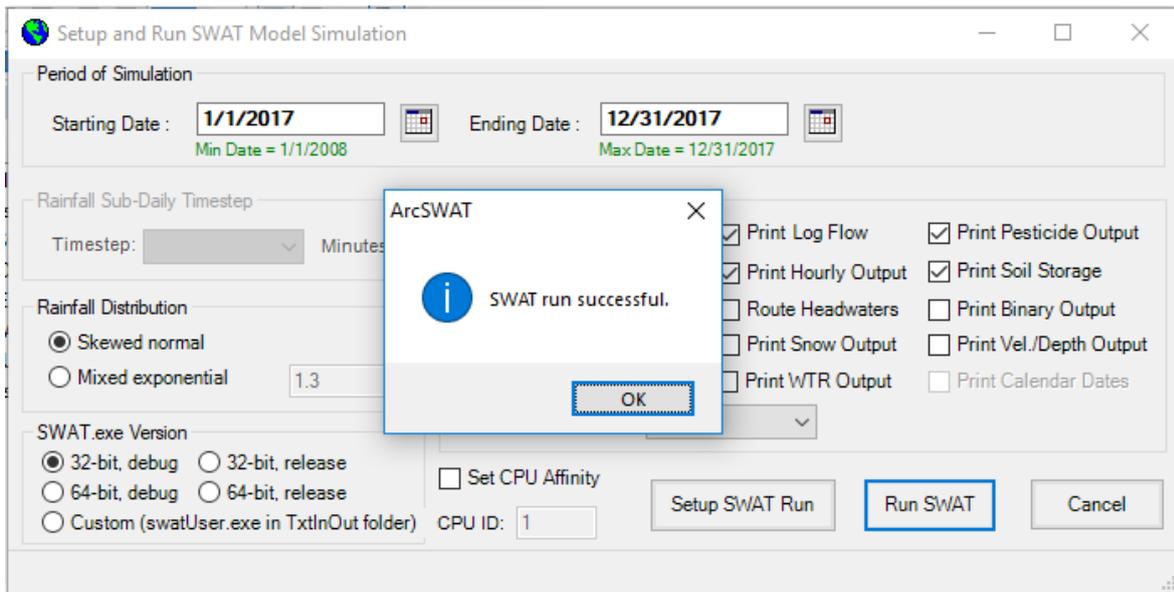
Setelah semua perintah untuk menjalankan simulasi dimasukan, klik *Setup SWAT Run*, selanjutnya pilih *Run SWAT*. Maka program akan secara otomatis menjalankan simulasi. Tampilan simulasi akan ditampilkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.34. Tampilan menu simulasi ArcSWAT (Program reading from file.cio)

Sumber : ArcSWAT, 2018

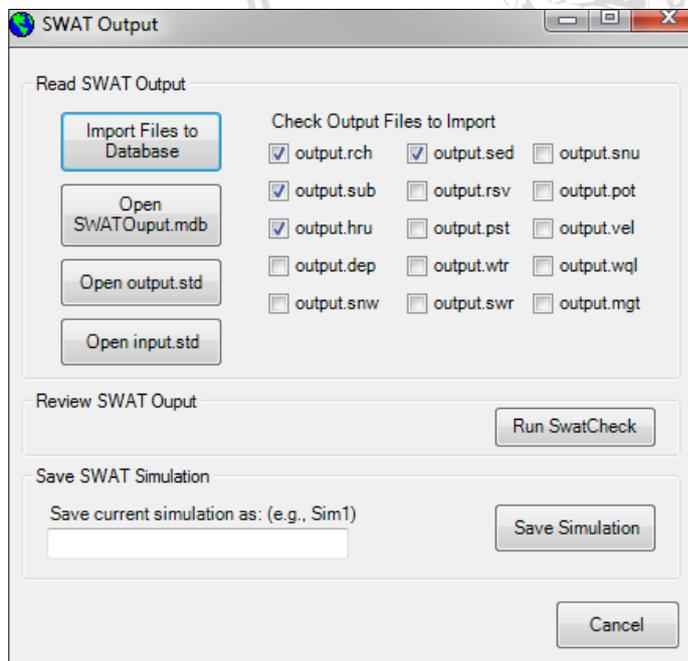
Sebelum memulai proses simulasi, maka terlebih dahulu mengklik menu setup *SWAT Run*. Ketika *run SWAT* berjalan dengan sukses, maka akan muncul tampilan seperti pada gambar dibawah ini. Tampilan ini akan muncul secara otomatis setelah proses running berjalan dengan lancar.



Gambar 4.35. Tampilan menu *SWAT run successful*
 Sumber : ArcSWAT, 2017

4.5.4. Output ArcSWAT

Setelah run SWAT berhasil, untuk melihat hasil simulasi, klik pada menu *Read SWAT Output* untuk membaca output simulasi yang sudah selesai dijalankan. Tampilan menu *SWAT Output* dapat dilihat pada gambar 4.36 berikut ini



Gambar 4.36. Tampilan menu *SWAT output*
 Sumber : ArcSWAT, 2017

Untuk melihat hasil output SWAT, pada bagian *Check Output Files to Import* ada 15 pilihan, namun dalam penelitian kali ini hanya 4 menu saja yang dipilih yaitu *output.rch*,

output.sub, *output.sed*, dan *output.wql* setelah 4 menu tersebut dipilih klik *Import Files to Database* . Setelah proses import selesai simpan hasil simulasi dengan mengisi nama simulasi pada menu *save current simulation*, kemudian klik *simulation* maka hasil simulasi akan secara otomatis tersimpan di database ArcSWAT. Hasil simulasi juga bisa dilihat langsung pada menu *open SWATOutput.mdb* atau menu *Open Output.std.*

4.5.5. Hasil Simulasi

4.5.5.1. Hasil Simulasi Sebelum Kalibrasi

Kalibrasi pada DTA Waduk Lahor dengan cara membandingkan debit pada AWLR yang terletak dekat dengan tubuh bendungan dan debit model yang berasal dari output ArcSWAT. Kalibrasi yang dikaukan kali ini berdasarkan peta tata guna lahan yang ada, yaitu tahun 2009 dan 2017. Berikut ini merupakan contoh hasil simulasi model sebelum dilakukan kalibrasi.

Periode I

Simulasi (Periode 1 Januari 2009 – 31 Desember 2009)

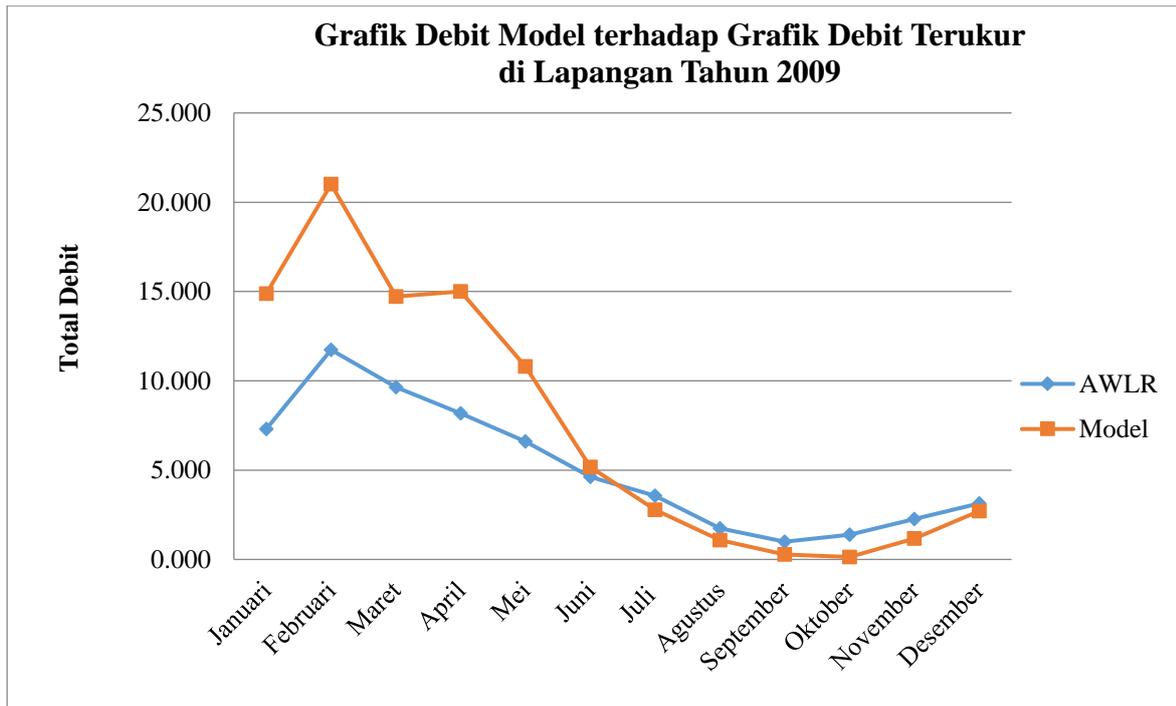
Simulasi ini dimaksudkan untuk keperluan kalibrasi sesuai dengan data peta tata guna lahan tahun 2009 dan selanjutnya.

Tabel 4.52

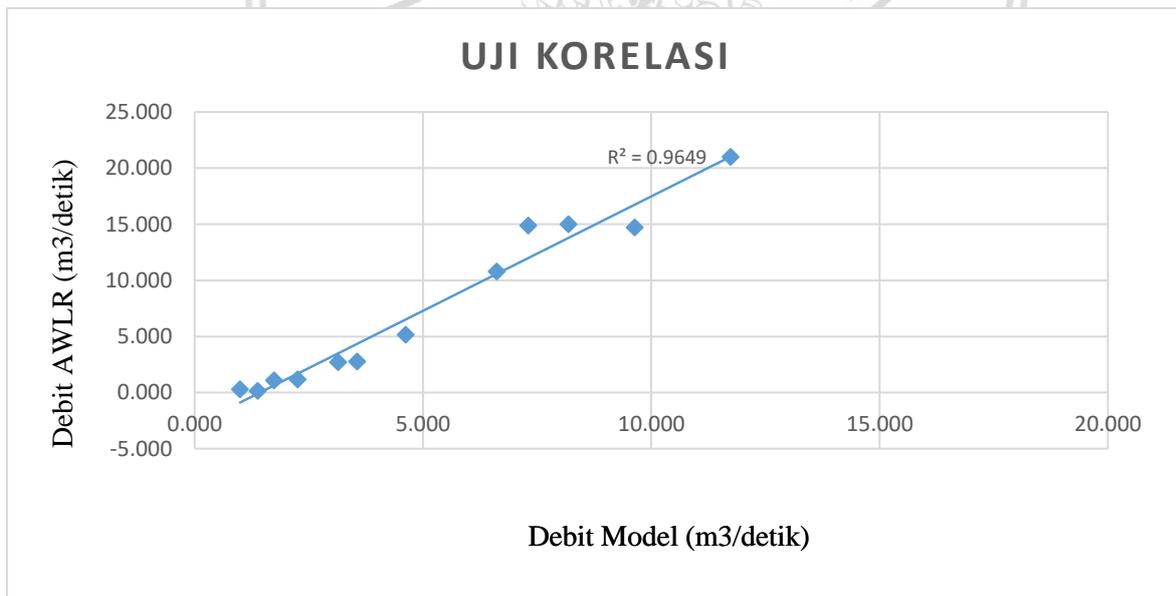
Hasil Simulasi Debit ArcSWAT sebelum kalibrasi tataguna lahan tahun 2009

Bulan	Total Debit		KR(%)
	AWLR	Model	
Januari	7.307	14.890	103.766
Februari	11.739	21.010	78.972
Maret	9.641	14.720	52.687
April	8.184	15.010	83.407
Mei	6.613	10.800	63.325
Juni	4.620	5.169	11.883
Juli	3.561	2.778	21.980
Agustus	1.737	1.082	37.724
September	0.994	0.283	71.499
Oktober	1.381	0.139	89.951
November	2.255	1.175	47.901
Desember	3.145	2.717	13.613

Sumber : Hasil Perhitungan,2018



Gambar 4.37 Grafik hasil simulasi debit ArcSWAT sebelum kalibrasi tahun 2009
Sumber : Hasil Analisis, 2018



Gambar 4.38. Grafik Korelasi debit model terhadap data terukur dilapangan tahun 2009
Sebelum kalibrasi
Sumber : Hasil Analisis, 2018

Periode II

Simulasi (Periode 1 Januari 2017 – 31 Desember 2017)

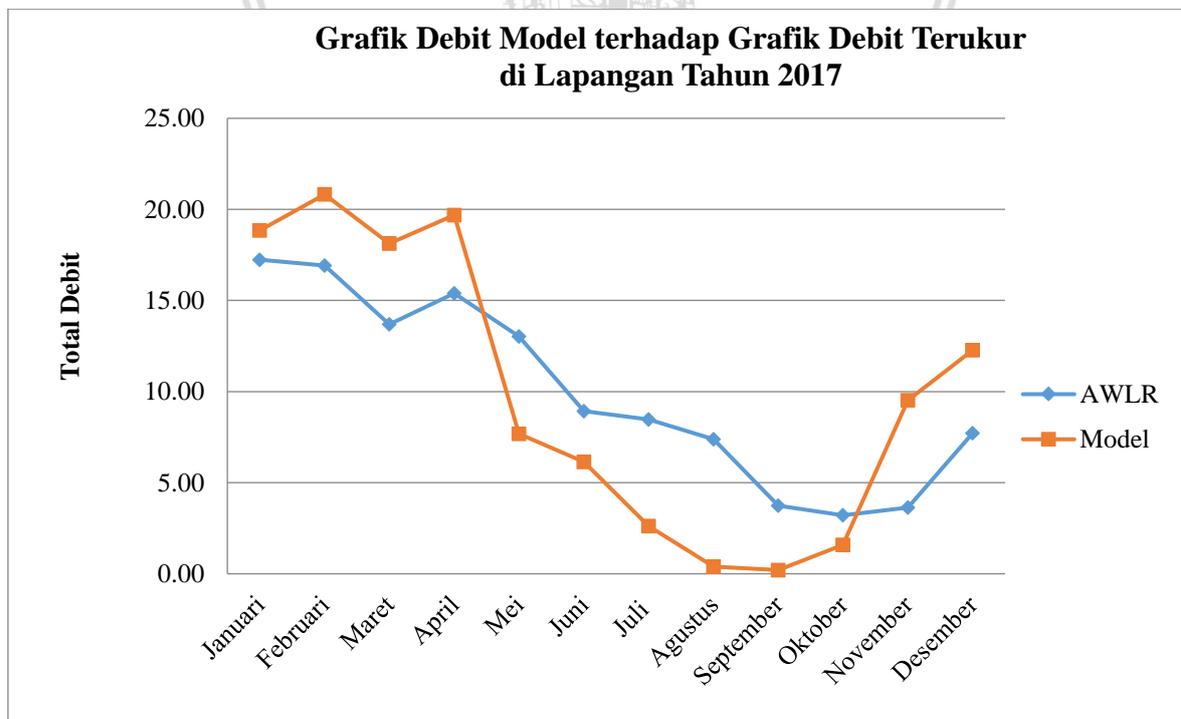
Simulasi ini dimaksudkan untuk keperluan kalibrasi sesuai dengan data peta tata guna lahan tahun 2017.

Tabel 4.53

Hasil Simulasi Debit ArcSWAT sebelum kalibrasi tata guna lahan tahun 2017

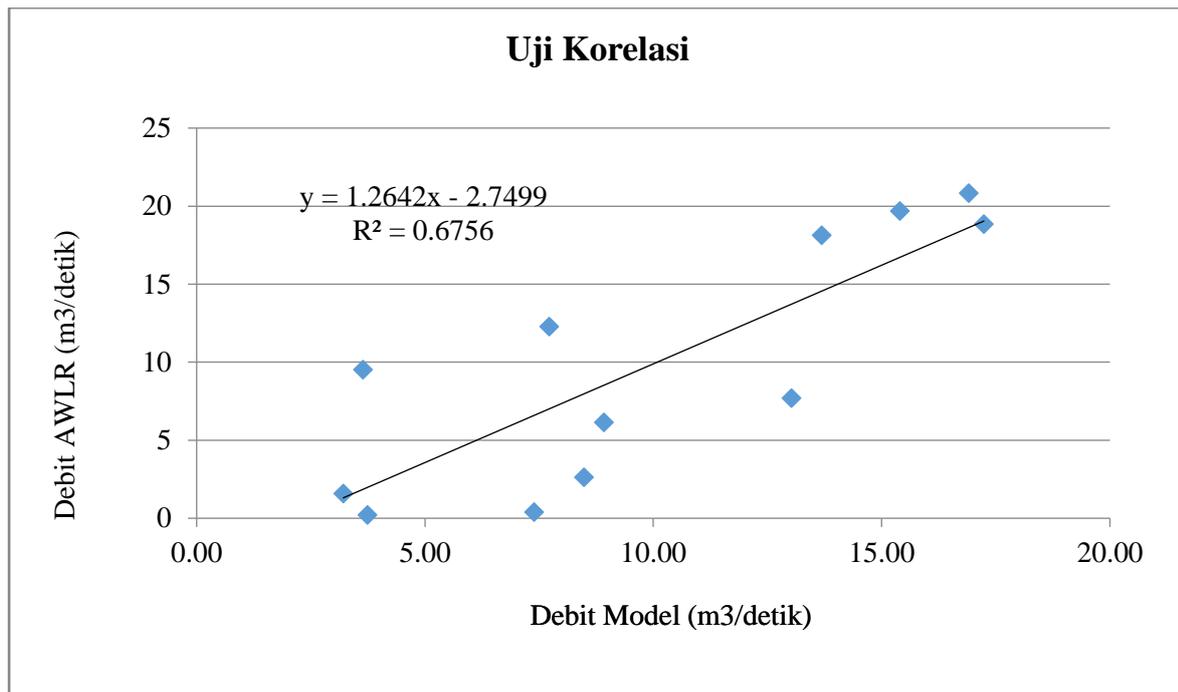
Bulan	Total Debit		KR(%)
	AWLR	Model	
Januari	17.24	18.85	9.339
Februari	16.91	20.82	23.122
Maret	13.69	18.13	32.432
April	15.40	19.68	27.792
Mei	13.03	7.691	40.975
Juni	8.92	6.137	31.200
Juli	8.48	2.623	69.068
Agustus	7.39	0.3984	94.609
September	3.74	0.2045	94.532
Oktober	3.21	1.586	50.592
November	3.64	9.516	161.429
Desember	7.72	12.27	58.938

Sumber : Hasil Analisis, 2018



Gambar 4.39 Grafik hasil simulasi debit ArcSWAT sebelum kalibrasi tahun 2017

Sumber : Hasil Analisis, 2018



Gambar 4.40. Grafik Korelasi debit model terhadap data terukur dilapangan tahun 2017 Sebelum kalibrasi

Sumber : Hasil Analisis, 2018

4.5.5.2. Kalibrasi Parameter Model

Untuk menguji dan mengetahui tingkat penerimaan dan aplikasi model SWAT perlu dilakukan kalibrasi terhadap model SWAT. Hasil disesuaikan dengan kondisi yang ada di lapangan pada DTA Waduk Lahor.

Model SWAT mempunyai berbagai kelebihan karena mampu mengintegrasikan antar proses-proses hidrologi, berbasis data spasial, proses yang kontinyu dan dapat dikombinasikan dengan berbagai scenario perubahan lahan dan manajemen DAS. Sebelum program SWAT dapat diterima dan dapat diaplikasikan, diperlukan kalibrasi parameter yang sangat berpengaruh terhadap debit sungai.

Kalibrasi parameter dalam model dilakukan dengan cara coba – coba menyesuaikan *database* dari SWAT dengan kondisi lahan yang ada pada DTA Waduk Lahor. Proses kalibrasi membutuhkan ketelitian dan ketepatan dalam mengevaluasi setiap perubahan hasil dari setiap perubahan nilai setiap parameter. Hal ini penting dilakukan untuk mengetahui apakah parameter yang diubah disebut memberi pengaruh terhadap hasil model yang akan dikontrol.

Dalam kalibrasi ini, penulis membatasi parameter yang akan diubah hasilnya. Perubahan – perubahan hanya dilakukan pada parameter tertentu yang berpengaruh besar

pada perubahan nilai limpasan lahan dan debit air tanah. Penentuan nilainya berdasarkan pada besarnya nilai interval yang terdapat dalam parameter tersebut.

Jenis tata guna lahan yang ada di DTA Waduk Lahor memiliki keberagaman yang sama sehingga dalam simulasi hasil ArcSWAT kali ini dilakukan proses kalibrasi pada tahun 2009 dan untuk tahun 2017. Sehingga diperoleh nilai-nilai kalibrasi seperti pada Tabel 4.115 berikut:

Periode I

Simulasi (Periode 1 Januari 2009 – 31 Desember 2009)

Simulasi ini dimaksudkan untuk keperluan kalibrasi sesuai dengan data peta tata guna lahan tahun 2009 dan selanjutnya.

Tabel 4.54

Parameter input database untuk kalibrasi model ArcSWAT Periode I

No	Parameter	Deskripsi	<i>Lower Bound</i>	<i>Upper Bound</i>	Nilai Kalibrasi
1	Ch_K	Konduktivitas hidraulik sungai	0	150	130
2	Ch_N	Koefisien Kekasaran Manning	0.02	0.05	0.2
3	Shallst	Kedalaman air pada akuifer dangkal	0	5000	0
4	Deepst	Kedalaman air pada akuifer dalam	0	5000	5000
5	Cn	SCS Curve Number	35	98	77
6	Sol_Awc	Kapasitas air yang tersrdia dalam tanah	0	1	0.01
7	Esco	Faktor penguapan air tanah	0	1	0.8
8	Epc0	Faktor kompensasi serapan tumbuhan	0	1	0.2
9	Alpha_Bf	Nilai Alpha aliran dasar	0	0.3	0.01
10	Gw_Delay	Masa jeda air dalam tanah kembali ke sungai	0	500	54
11	Gw_Revap	Koefisien penguapan air tanah	0.02	0.2	0.22
12	GwQmin	Kedalaman batas ambang pada air dalam kedangkalan akuifer untuk aliran balik	0	5000	3000
13	Rchrg_DP	Nilai fraksi perkolasi akuifer dalam	0	1	0.33

Sumber : Hasil Analisis,2018

Periode II

Simulasi (Periode 1 Januari 2017 – 31 Desember 2017)

Simulasi ini dimaksudkan untuk keperluan kalibrasi sesuai dengan data peta tata guna lahan tahun 2017.

Tabel 4.55

Parameter input database untuk kalibrasi model ArcSWAT Periode II

No	Parameter	Deskripsi	<i>Lower Bound</i>	<i>Upper Bound</i>	Nilai Kalibrasi
1	Ch_K	Konduktivitas hidraulik sungai	0	150	130
2	Ch_N	Koefisien Kekasaran Manning	0.02	0.05	0.2
3	Shallst	Kedalaman air pada akuifer dangkal	0	5000	0
4	Deepst	Kedalaman air pada akuifer dalam	0	5000	5000
5	Cn	SCS Curve Number	35	98	77
6	Sol_Awc	Kapasitas air yang tersrdia dalam tanah	0	1	0.01
7	Esco	Faktor penguapan air tanah	0	1	0.8
8	Epc0	Faktor kompensasi serapan tumbuhan	0	1	0.2
9	Alpha_Bf	Nilai Alpha aliran dasar	0	0.3	0.01
10	Gw_Delay	Masa jeda air dalam tanah kembali ke sungai	0	500	10
11	Gw_Revap	Koefisien penguapan air tanah	0.02	0.2	0.2
12	GwQmin	Kedalaman batas ambang pada air dalam kedangkalan akuifer untuk aliran balik	0	5000	3000
13	Rchrg_DP	Nilai fraksi perkolasi akuifer dalam	0	1	0.44

Sumber : Hasil Analisis,2018

4.5.5.3. Hasil Simulasi model setelah kalibrasi

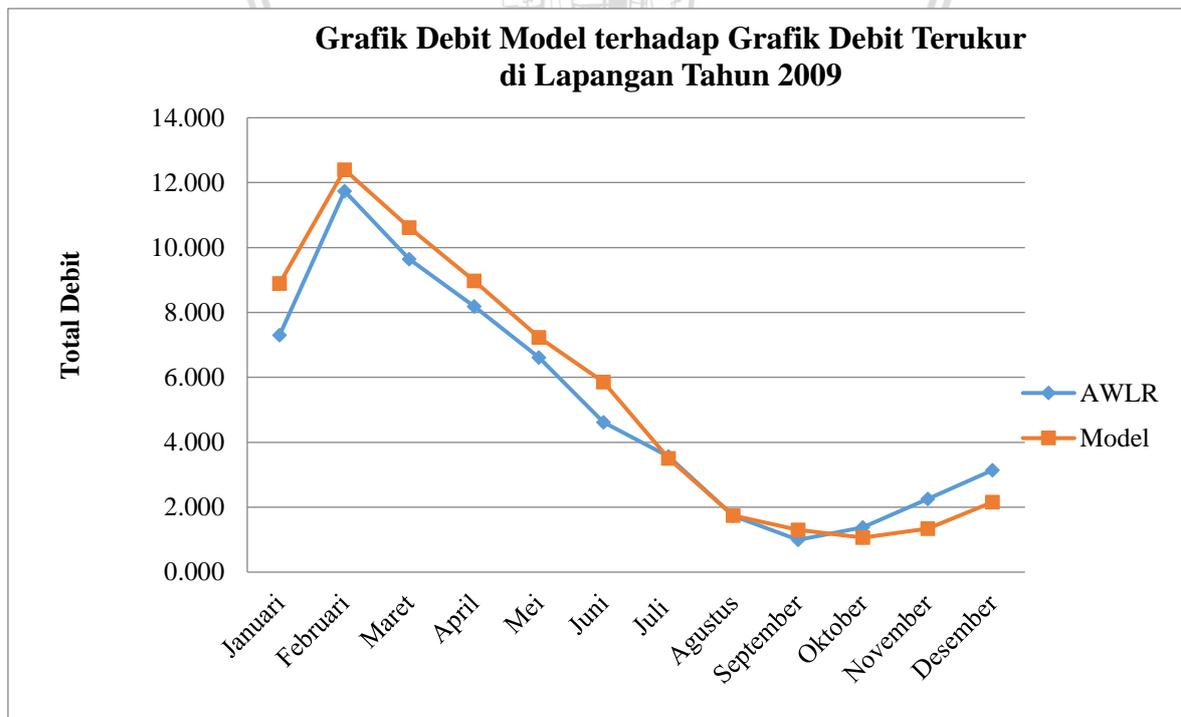
Kalibrasi parameter memberikan perubahan yang cukup signifikan terhadap perubahan debit model. Debit model yang dihasilkan secara umum sudah mendekati debit kontrol dengan nilai R^2 mendekati 1. Selanjutnya debit model setelah kalibrasi masing masing periode dapat dilihat pada tabel 4. 56 dn 4.57

Tabel 4.56

Hasil simulasi setelah kalibrasi debit ArcSWAT setelah kalibrasi Periode I

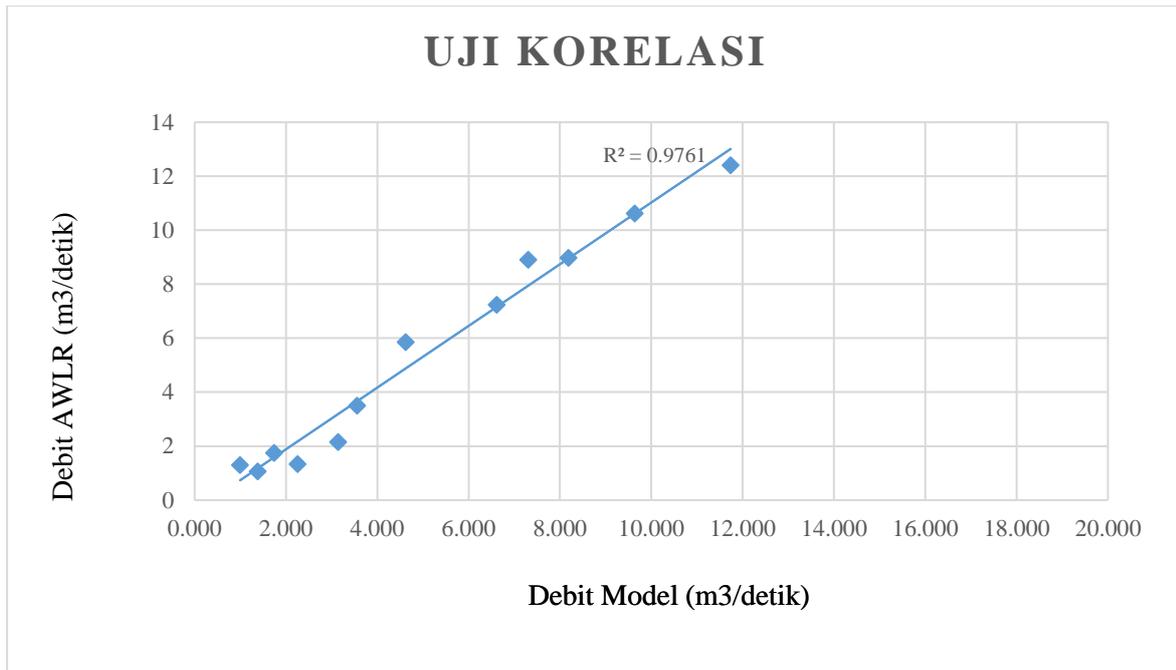
Bulan	Total Debit		KR(%)
	AWLR	Model	
Januari	7.307	8.901	21.808
Februari	11.739	12.4	5.628
Maret	9.641	10.62	10.159
April	8.184	8.975	9.665
Mei	6.613	7.237	9.443
Juni	4.620	5.857	26.775
Juli	3.561	3.502	1.647
Agustus	1.737	1.743	0.321
September	0.994	1.299	30.728
Oktober	1.381	1.063	23.043
November	2.255	1.338	40.674
Desember	3.145	2.154	31.514

Sumber : Hasil Analisis, 2018



Gambar 4.41 Grafik debit model terhadap data terukur tahun 2009 setelah kalibrasi

Sumber : Hasil Analisis, 2018



Gambar 4.42. Grafik Korelasi debit model terhadap data terukur dilapangan tahun 2009 setelah kalibrasi

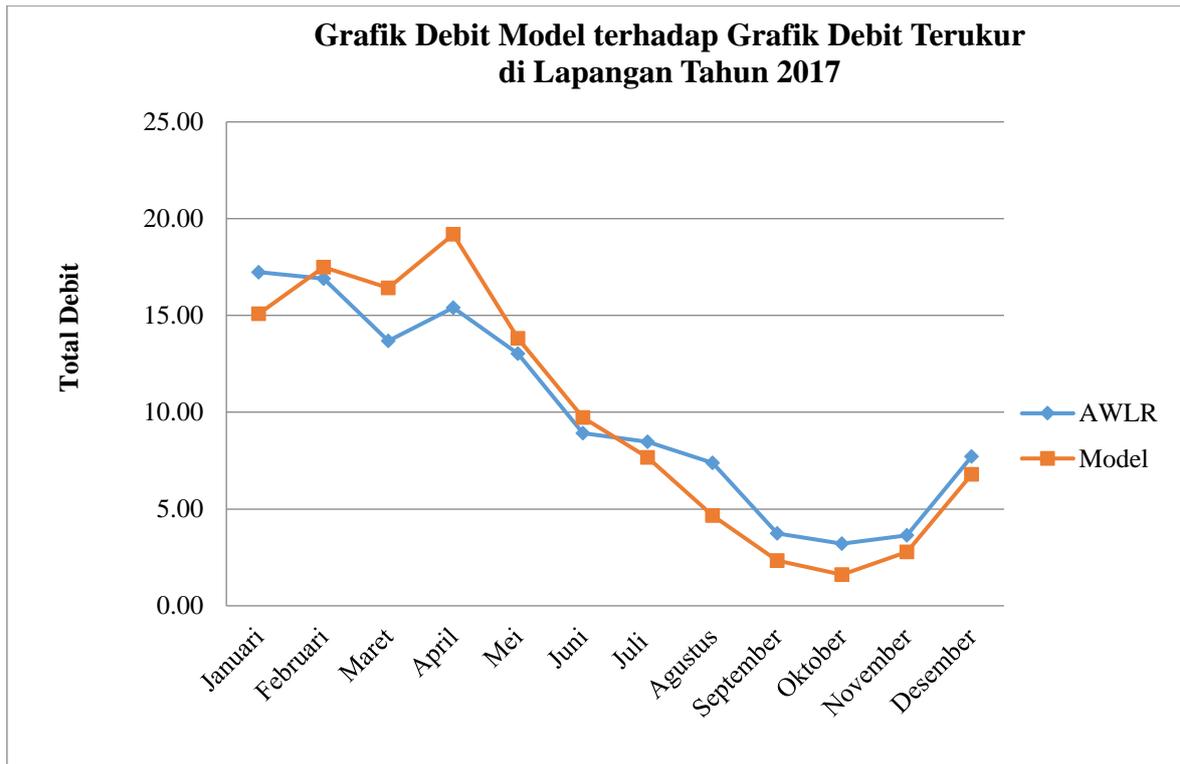
Sumber : Hasil Analisis, 2018

Tabel 4.57

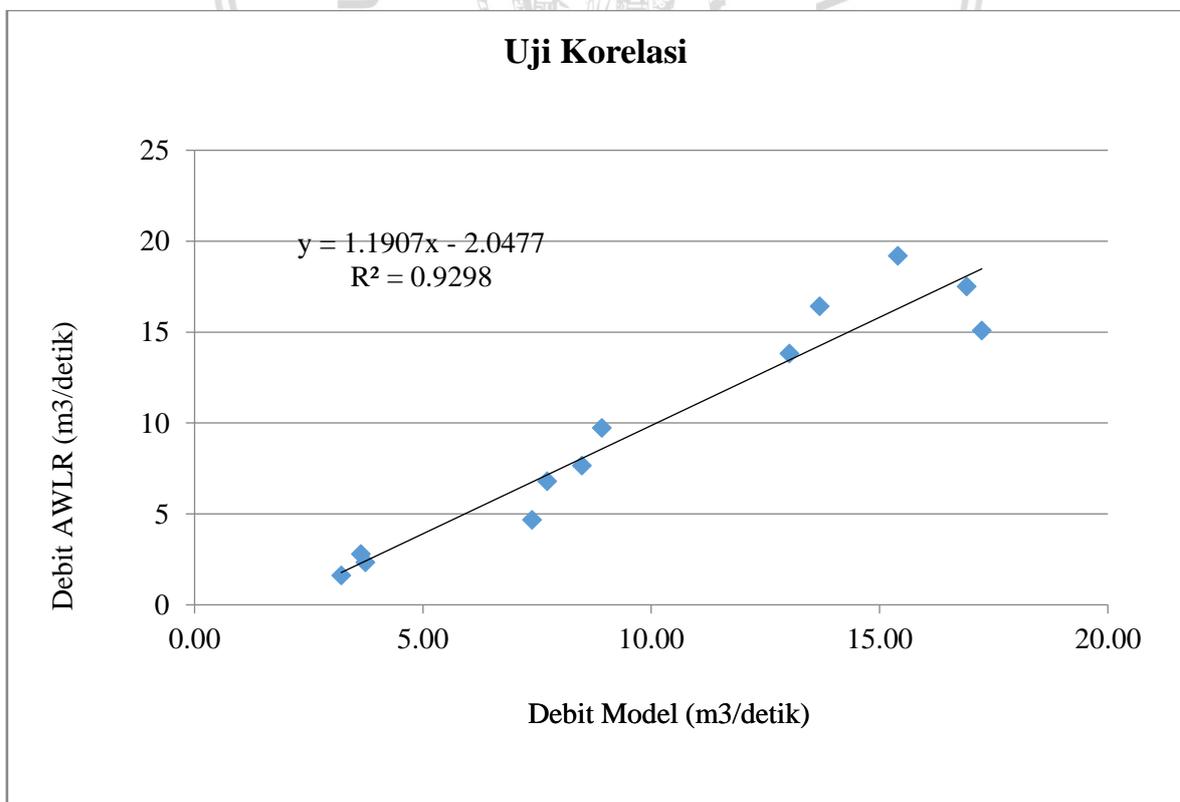
Hasil simulasi setelah kalibrasi debit ArcSWAT setelah kalibrasi pada Periode II

Bulan	Total Debit		KR(%)
	AWLR	Model	
Januari	17.24	15.08	12.529
Februari	16.91	17.5	3.489
Maret	13.69	16.42	19.942
April	15.40	19.19	24.610
Mei	13.03	13.81	5.986
Juni	8.92	9.719	8.957
Juli	8.48	7.657	9.705
Agustus	7.39	4.66	36.942
September	3.74	2.338	37.487
Oktober	3.21	1.608	49.907
November	3.64	2.786	23.462
Desember	7.72	6.798	11.943

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4.43 Grafik debit model terhadap data terukur tahun 2017 setelah kalibrasi
Sumber : Hasil Analisis, 2018



Gambar 4.44. Grafik Korelasi debit model terhadap data terukur dilapangan tahun 2017 setelah kalibrasi
Sumber : Hasil Analisis , 2018

Tabel 4.58

Nilai Kesalahan Relatif Debit Model ArcSWAT dengan Debit Lapangan Sebelum Kalibrasi

Bulan	Kesalahan Relatif (KR) %								
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Januari	21.808	42.926	11.832	16.241	14.519	10.892	19.126	17.017	12.529
Februari	5.628	6.622	1.329	9.300	4.060	4.069	11.721	5.754	3.489
Maret	10.159	0.094	0.491	8.546	19.669	8.359	0.240	4.092	19.942
April	9.665	5.941	20.106	3.093	13.527	1.454	3.032	0.669	24.610
Mei	9.443	0.308	0.491	19.868	19.199	8.757	22.724	14.837	5.986
Juni	26.775	4.386	19.078	6.482	16.525	4.991	8.905	3.952	8.957
Juli	1.647	8.369	15.021	7.556	9.822	30.040	27.417	3.406	9.705
Agustus	0.321	30.125	31.374	13.750	10.178	6.226	14.731	10.868	36.942
September	30.728	2.796	17.000	8.361	7.635	48.180	5.199	24.945	37.487
Oktober	23.043	17.479	46.822	29.851	15.048	47.313	6.402	10.864	49.907
November	40.674	5.021	28.748	3.402	29.062	24.821	19.321	14.112	23.462
Desember	31.514	6.692	20.147	30.379	23.336	4.268	11.700	17.479	11.943

Sumber : Hasil Analisis , 2018

4.5.6. Pengujian Hasil Simulasi ArcSWAT

Data debit model dengan debit AWLR akan dilakukan pengujian untuk melihat apakah debit model memiliki keakuratan yang baik. Pengujian ini akan dilakukan dengan metode *Nash-Sutcliffe* dan *RMSE*

4.5.6.1. Nash Sutcliffe

Nash Sutcliffe koefisien efisiensi model digunakan untuk menilai kekuatan prediksi dari model hidrologi.

Tabel 4.59

Hasil *Nash – Sutcliffe* debit model terhadap data terukur tahun 2009 sesudah kalibrasi

Bulan	Total Debit			
	AWLR	Model	$(QoT-Qmt)^2$	$(Qot-Qo)^2$
Januari	7.307	8.901	2.539	4.881
Februari	11.739	12.400	0.437	44.105
Maret	9.641	10.620	0.959	20.635
April	8.184	8.975	0.626	9.523
Mei	6.613	7.237	0.390	2.294
Juni	4.620	5.857	1.530	0.229
Juli	3.561	3.502	0.003	2.364
Agustus	1.737	1.743	0.000	11.294
September	0.994	1.299	0.093	16.847
Oktober	1.381	1.063	0.101	13.815

Lanjutan Tabel 4.59

Hasil *Nash – Sutchliffe* debit model terhadap data terukur tahun 2009 sesudah kalibrasi

Bulan	Total Debit		$(QoT-Qmt)^2$	$(Qot-Qo)^2$
	AWLR	Model		
November	2.255	1.338	0.842	8.081
Desember	3.145	2.154	0.982	3.814
Jumlah	61.177	65.089	8.503	137.880
Rerata	5.098	5.424	0.709	11.490
NS			0.938	

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.60

Hasil *Nash – Sutchliffe* debit model terhadap data terukur tahun 2017 sesudah kalibrasi

Bulan	Total Debit		$(QoT-Qmt)^2$	$(Qot-Qo)^2$
	AWLR	Model		
Januari	17.240	15.080	4.666	53.181
Februari	16.910	17.500	0.348	48.476
Maret	13.690	16.420	7.453	14.006
April	15.400	19.190	14.364	29.730
Mei	13.030	13.810	0.608	9.502
Juni	8.920	9.719	0.638	1.056
Juli	8.480	7.657	0.677	2.154
Agustus	7.390	4.660	7.453	6.541
September	3.740	2.338	1.966	38.533
Oktober	3.210	1.608	2.566	45.394
November	3.640	2.786	0.729	39.785
Desember	7.720	6.798	0.850	4.962
Jumlah	119.370	117.566	42.319	293.318
Rerata	9.948	9.797	3.527	24.443
NS			0.856	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil pengujian dengan metode *Nash-sutchliffe* diperoleh nilai dari perbandingan debit model dengan debit AWLR secara keseluruhan memiliki hubungan yang baik. Dengan demikian debit model bisa dinyatakan cukup akurat dan dijadikan patokan untuk perhitungan besarnya erosi, sedimen dan limpasan pada daerah studi.

4.5.6.2. RMSE (Root Mean Squared Error)

Cara yang juga biasanya digunakan untuk mengevaluasi model regresi linear adalah dengan RMSE. Root Mean Square Error (RMSE) merupakan besarnya tingkat kesalahan

hasil prediksi, dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat. Berikut ini merupakan hasil dari uji RMSE:

Tabel 4.61

Perhitungan *RMSE* tahun 2009

Bulan	Total Debit		$(F_i - Y_i)$	$(F_i - Y_i)^2$
	AWLR	Model		
Januari	7.307	8.901	1.594	2.54
Februari	11.739	12.400	0.661	0.44
Maret	9.641	10.620	0.979	0.96
April	8.184	8.975	0.791	0.63
Mei	6.613	7.237	0.624	0.39
Juni	4.620	5.857	1.237	1.53
Juli	3.561	3.502	-0.059	0.00
Agustus	1.737	1.743	0.006	0.00
September	0.994	1.299	0.305	0.09
Oktober	1.381	1.063	-0.318	0.10
November	2.255	1.338	-0.917	0.84
Desember	3.145	2.154	-0.991	0.98
Jumlah	61.177	65.089	3.912	8.503
RMSE		0.842		

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.62

Perhitungan *RMSE* tahun 2017

Bulan	Total Debit		$(F_i - Y_i)$	$(F_i - Y_i)^2$
	AWLR	Model		
Januari	17.240	15.080	-2.160	4.67
Februari	16.910	17.500	0.590	0.35
Maret	13.690	16.420	2.730	7.45
April	15.400	19.190	3.790	14.36
Mei	13.030	13.810	0.780	0.61
Juni	8.920	9.719	0.799	0.64
Juli	8.480	7.657	-0.823	0.68
Agustus	7.390	4.660	-2.730	7.45
September	3.740	2.338	-1.402	1.97
Oktober	3.210	1.608	-1.602	2.57
November	3.640	2.786	-0.854	0.73
Desember	7.720	6.798	-0.922	0.85
Jumlah	119.370	117.566	-1.804	42.319
RMSE		1.878		

Sumber : Hasil Perhitungan, 2017

Dari hasil pengujian dengan metode RMSE diperoleh nilai RMSE dari debit model dengan debit AWLR secara keseluruhan memiliki hubungan yang baik. Dengan demikian data debit model bisa dikatakan cukup akurat untuk dijadikan sebagai analisa pengaruh tata guna lahan DTA Waduk Lahor terhadap parameter-parameter kualitas air.

4.5.7. Output Pemodelan ArcSWAT

Pada pembahasan hasil pemodelan ArcSWAT diambil parameter-parameter kualitas air dengan membandingkan hasil simulasi ArcSWAT dengan hasil pengukuran sampel kualitas air di lapangan. Sehingga diambil parameter-parameter pada ArcSWAT adalah sebagai berikut:

1. *Main Channel Output File (*.RCH)*
2. *Sedimen Output File (*.SED)*
3. *Subbasin Output file (*.SUB)*

4.5.7.1. Fase di Lahan

A. Sebaran $\text{NH}_3\text{-N}$ di Lahan

Tabel 4.63

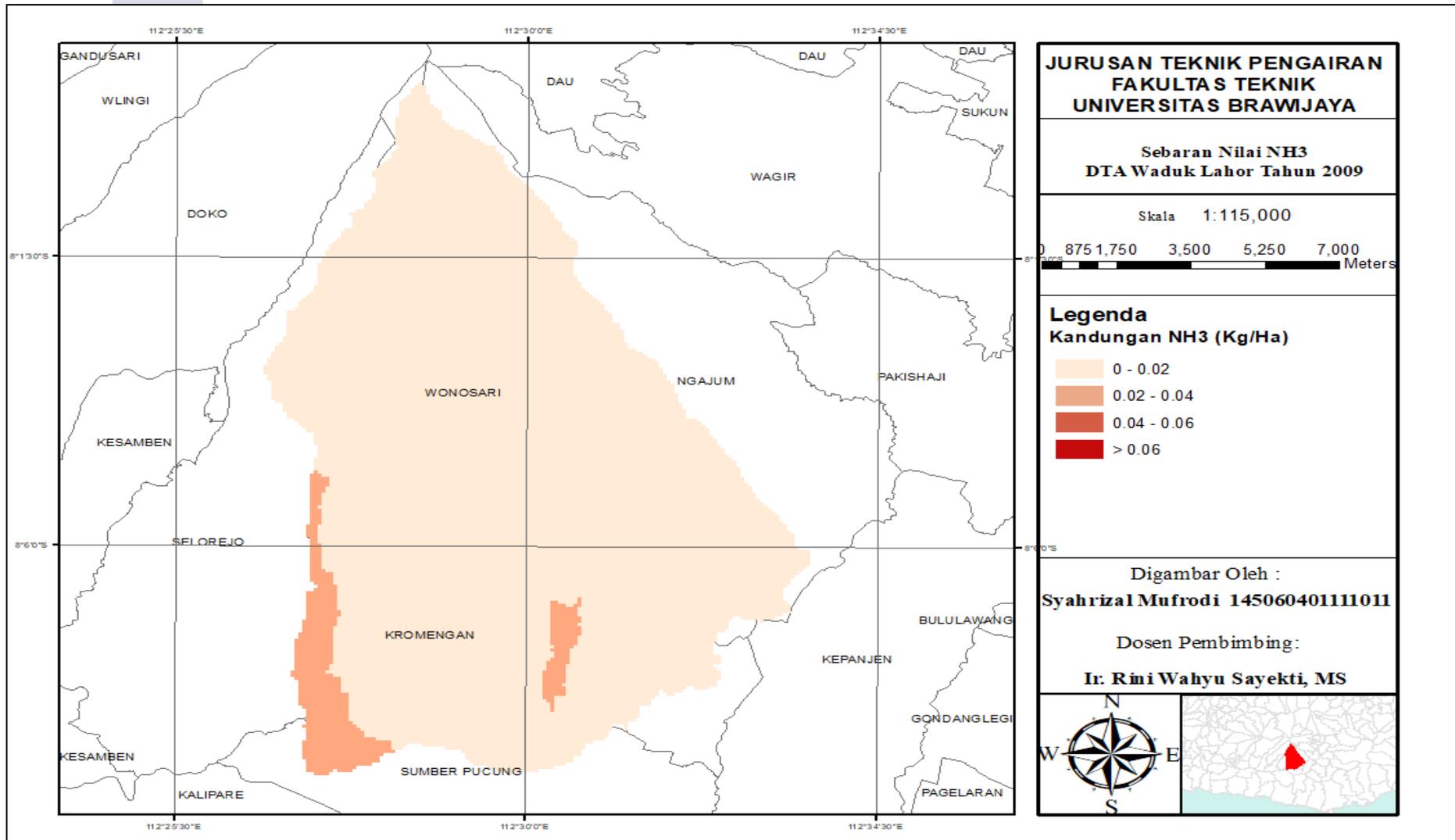
Hasil Simulasi $\text{NH}_3\text{-N}$ di Lahan

SUB	Luasan (Ha)	Satuan	Tahun								
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	1061	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	686	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	1406	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	1246	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	1825	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	603	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	303	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	2637	(Kg/Ha)	0.011	0.033	0.013	0.027	0.051	0.022	0.038	0.070	0.037
9	355	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	1135	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	687	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	2998	(Kg/Ha)	0.010	0.032	0.012	0.026	0.049	0.020	0.038	0.070	0.037
13	1184	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	1611	(Kg/Ha)	0.018	0.035	0.020	0.030	0.043	0.022	0.037	0.056	0.037

Lanjutan Tabel 4.63
 Hasil Simulasi NH₃-N di Lahan

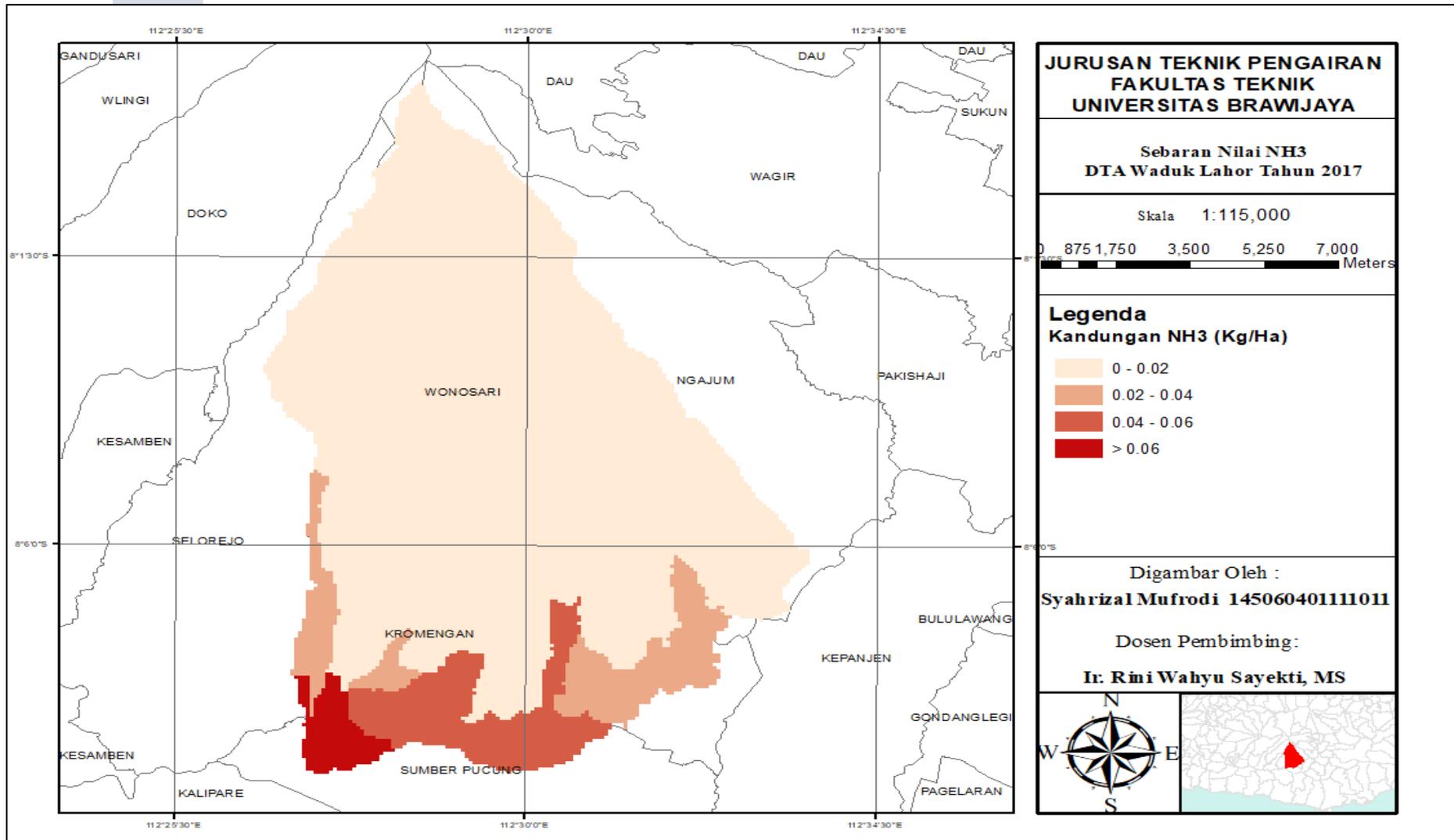
SUB	Luasan (Ha)	Satuan	Tahun								
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
15	609	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	1	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	2814	(Kg/Ha)	0.020	0.051	0.023	0.044	0.068	0.032	0.061	0.090	0.046
18	4209	(Kg/Ha)	0.008	0.026	0.009	0.022	0.041	0.016	0.031	0.059	0.032
19	2087	(Kg/Ha)	0.021	0.034	0.019	0.029	0.036	0.017	0.041	0.039	0.025
20	12720	(Kg/Ha)	0.021	0.051	0.022	0.047	0.078	0.030	0.061	0.111	0.061
21	785	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	15080	(Kg/Ha)	0.026	0.058	0.027	0.054	0.085	0.034	0.070	0.118	0.065
23	9231	(Kg/Ha)	0.015	0.042	0.016	0.037	0.065	0.024	0.051	0.094	0.050
24	414	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	8155	(Kg/Ha)	0.015	0.043	0.016	0.038	0.064	0.024	0.051	0.093	0.050
26	7318	(Kg/Ha)	0.015	0.043	0.016	0.037	0.063	0.025	0.051	0.089	0.047

Sumber : Hasil Analisis , 2018



Gambar 4.45. Sebaran Nilai NH₃-N DTA Waduk Lahor Tahun 2009

Sumber : Hasil Analisis, 2018



Gambar 4.46. Sebaran Nilai NH₃-N DTA Waduk Lahor Tahun 2017

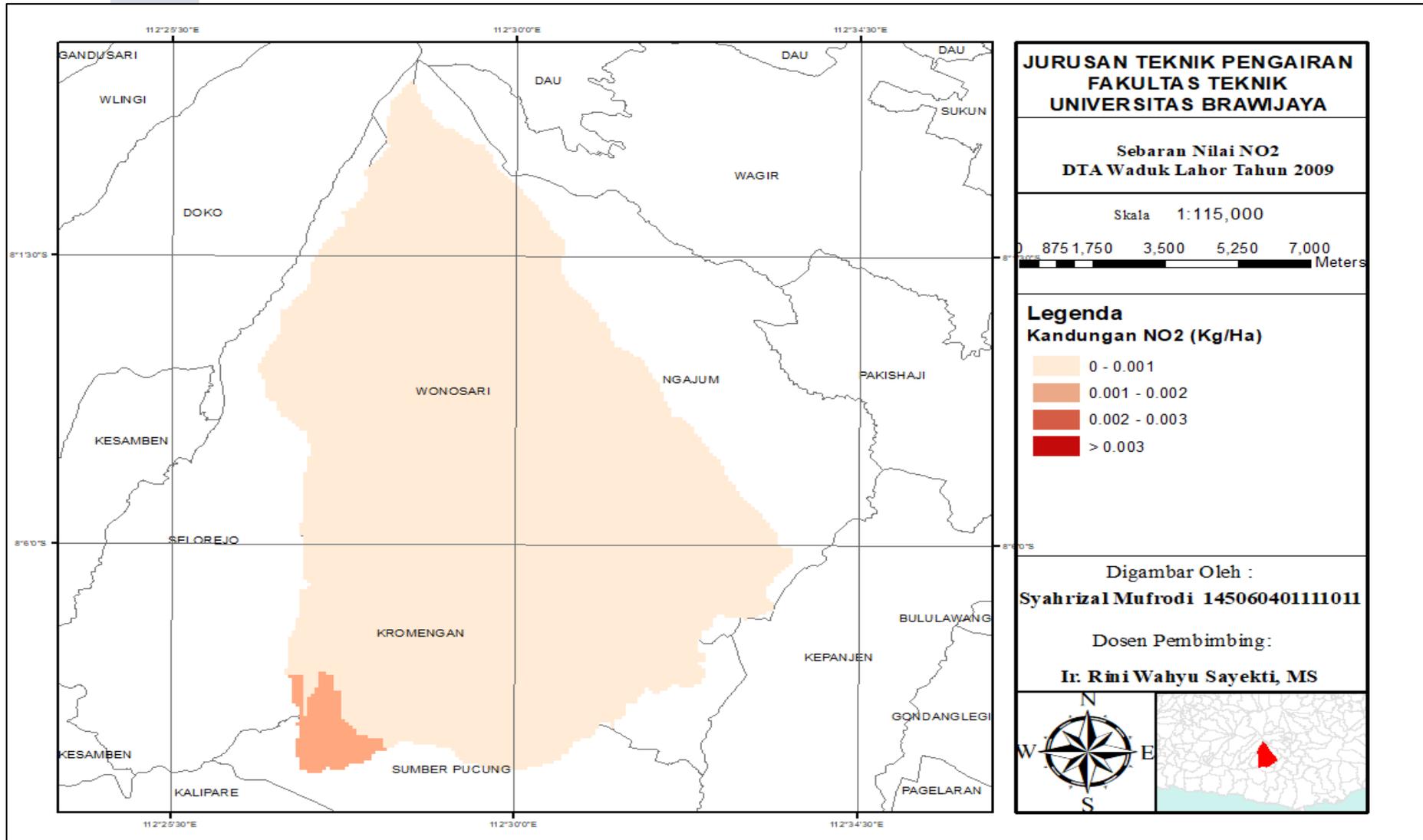
Sumber : Hasil Analisis, 2018

Lanjutan Tabel 4.64
 Hasil Simulasi NO₂-N di Lahan

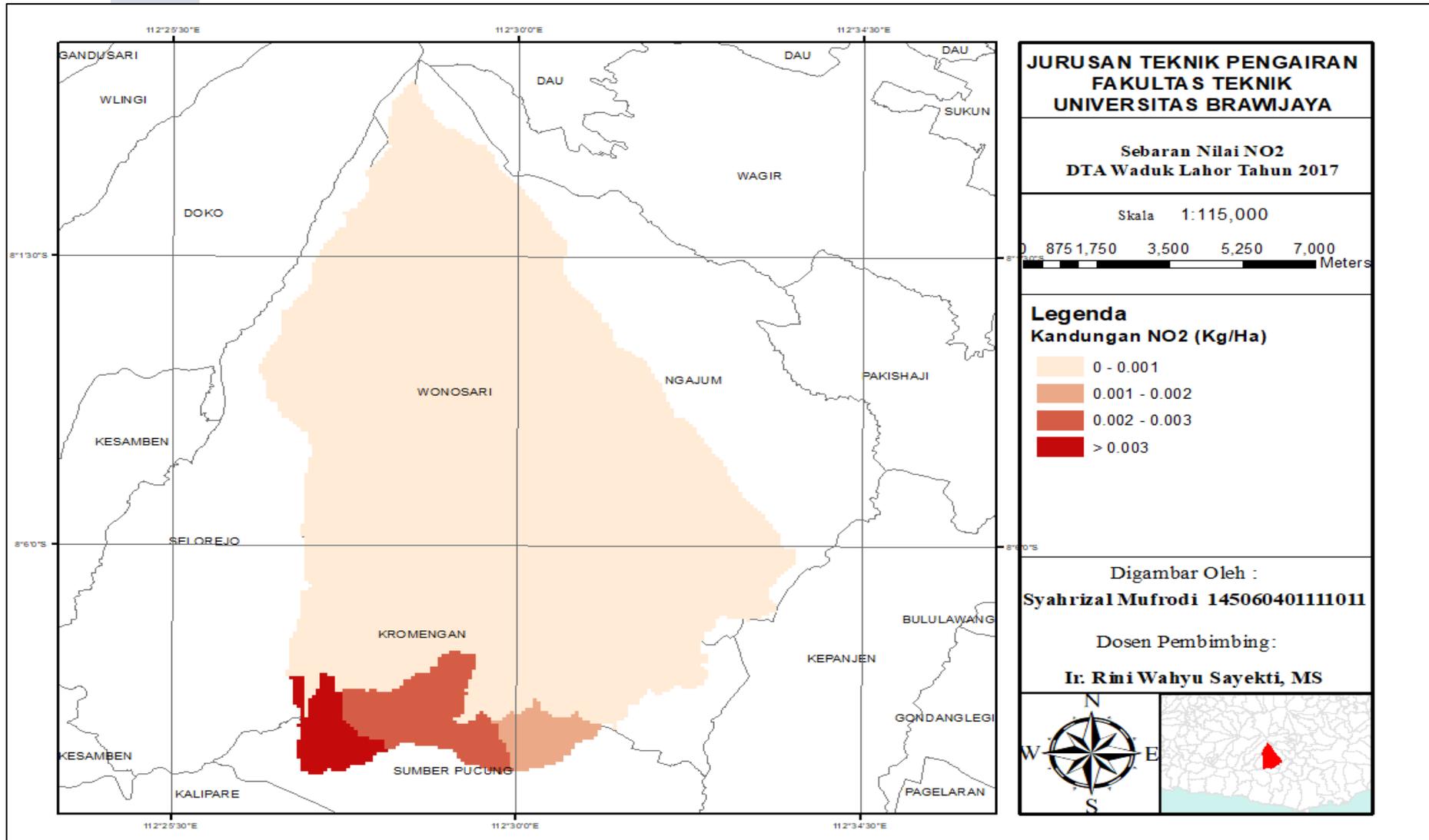
SUB	Luasan (Ha)	Satuan	Tahun									
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
20	12720	(Kg/Ha)	0.001	0.005	0.001	0.003	0.006	0.003	0.004	0.008	0.004	
21	785	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
22	15080	(Kg/Ha)	0.002	0.005	0.002	0.004	0.007	0.003	0.005	0.009	0.004	
23	9231	(Kg/Ha)	0.001	0.003	0.001	0.002	0.004	0.002	0.003	0.005	0.002	
24	414	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
25	8155	(Kg/Ha)	0.001	0.003	0.001	0.002	0.003	0.002	0.003	0.005	0.002	
26	7318	(Kg/Ha)	0.001	0.002	0.001	0.002	0.003	0.001	0.002	0.004	0.002	

Sumber : Hasil Analisis , 2018





Gambar 4.47. Sebaran Nilai NO₂-N DTA Waduk Lahor Tahun 2009
Sumber : Hasil Analisis, 2018



Gambar 4.48. Sebaran Nilai NO₂-N DTA Waduk Lahor Tahun 2017
Sumber : Hasil Analisis, 2018

Berdasarkan Gambar 4.47 dan 4.48 Peta Sebaran Polutan $\text{NO}_2\text{-N}$ di DTA Waduk Lahor menunjukkan bahwa kandungan $\text{NO}_2\text{-N}$ total di lahan dari tahun 2009 hingga tahun 2017 secara keseluruhan pada daerah tampungan waduk mengalami perubahan total kandungan $\text{NO}_2\text{-N}$ dimana terjadi peningkatan di klasifikasi kelasnya di satu titik. Kandungan $\text{NO}_2\text{-N}$ terbesar berada di area hilir dan terus mengalami peningkatan dalam sebaran polutan $\text{NO}_2\text{-N}$, hal ini karena kandungan $\text{NO}_2\text{-N}$ merupakan hasil pembentukan dari kegiatan amonifikasi yaitu perubahan ammonia menjadi nitrit pada tampungan waduk lalu terakumulasi dan menumpuk di area waduk sehingga pada daerah ini kandungan $\text{NO}_2\text{-N}$ yang tinggi.

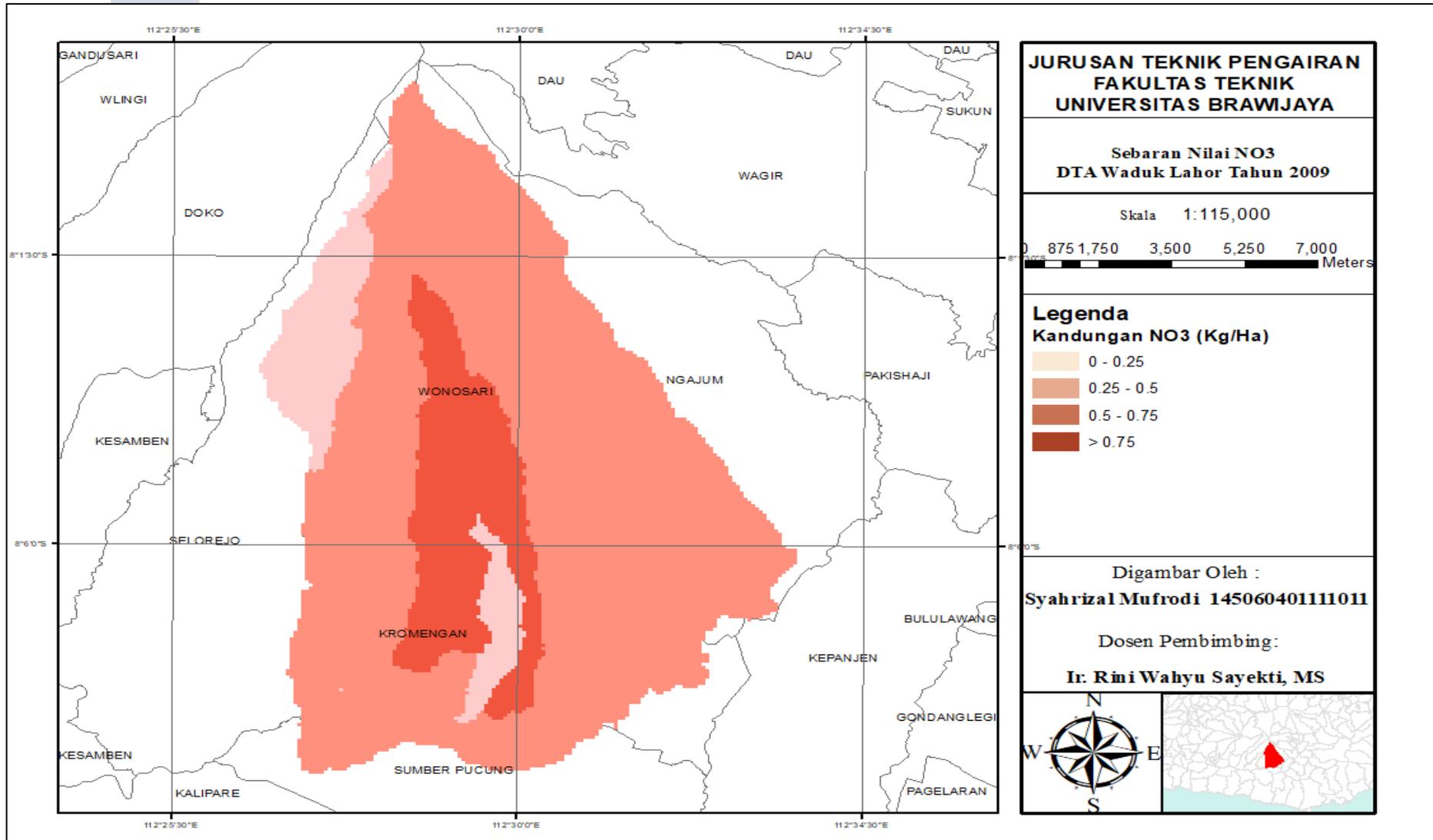
C. Sebaran $\text{NO}_3\text{-N}$ di Lahan

Tabel 4.65

Hasil Simulasi $\text{NO}_3\text{-N}$ di Lahan

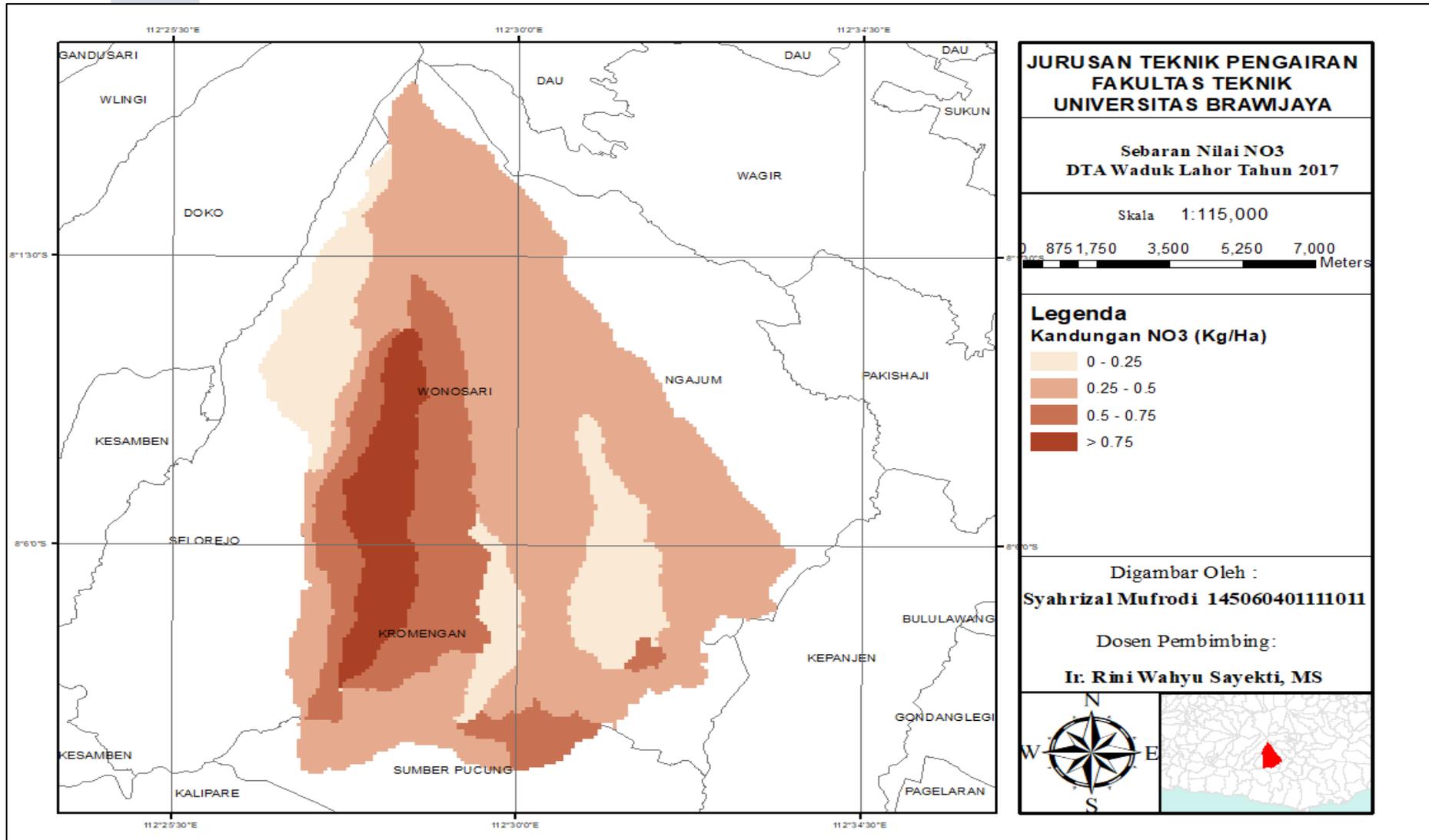
SUB	Luasan (Ha)	Satuan	Tahun								
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	1061	(Kg/Ha)	0.191	0.202	0.150	0.307	0.809	0.610	0.483	1.779	0.106
2	686	(Kg/Ha)	0.367	0.482	0.250	0.584	1.348	0.917	0.939	2.538	0.393
3	1406	(Kg/Ha)	0.432	0.394	0.337	0.682	1.563	1.187	1.074	3.868	0.336
4	1246	(Kg/Ha)	0.417	0.403	0.337	0.679	1.628	1.199	1.056	3.577	0.338
5	1825	(Kg/Ha)	0.489	0.410	0.368	0.745	1.500	1.266	1.182	3.876	0.366
6	603	(Kg/Ha)	0.416	0.284	0.258	0.761	0.940	0.554	0.810	1.789	0.461
7	303	(Kg/Ha)	0.383	0.179	0.236	0.463	0.504	0.556	0.768	1.689	0.208
8	2637	(Kg/Ha)	0.478	0.530	0.341	0.881	1.130	0.764	1.169	2.357	0.475
9	355	(Kg/Ha)	0.513	1.057	0.314	0.881	0.862	1.664	1.106	1.532	0.742
10	1135	(Kg/Ha)	0.521	0.536	0.349	0.788	1.364	1.002	1.307	2.942	0.528
11	687	(Kg/Ha)	0.407	0.201	0.268	0.525	0.559	0.607	0.855	2.009	0.222
12	2998	(Kg/Ha)	0.453	0.561	0.318	0.856	1.031	0.668	1.078	2.121	0.502
13	1184	(Kg/Ha)	0.490	1.103	0.299	0.920	0.754	1.615	1.071	1.574	0.787
14	1611	(Kg/Ha)	0.485	0.693	0.347	0.838	1.012	0.830	1.174	1.898	0.546
15	609	(Kg/Ha)	0.473	0.890	0.318	0.908	1.136	1.990	1.165	1.748	0.521
16	1	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.091
17	2814	(Kg/Ha)	0.437	0.584	0.337	0.835	1.250	0.838	1.190	2.630	0.462
18	4209	(Kg/Ha)	0.410	0.546	0.298	0.784	0.970	0.626	1.019	2.183	0.458
19	2087	(Kg/Ha)	0.301	0.442	0.201	0.523	0.868	0.777	0.689	1.594	0.277
20	12720	(Kg/Ha)	0.412	0.680	0.320	0.770	1.064	0.711	1.055	2.053	0.523
21	785	(Kg/Ha)	0.513	0.409	0.388	0.907	1.403	1.026	1.213	3.943	0.453
22	15080	(Kg/Ha)	0.397	0.645	0.300	0.727	1.024	0.704	0.978	1.957	0.491
23	9231	(Kg/Ha)	0.399	0.634	0.311	0.793	1.090	0.692	1.074	2.275	0.499
24	414	(Kg/Ha)	0.234	0.644	0.251	0.474	1.062	0.643	0.970	2.908	0.205
25	8155	(Kg/Ha)	0.415	0.636	0.317	0.835	1.057	0.694	1.085	2.218	0.515
26	7318	(Kg/Ha)	0.412	0.645	0.309	0.808	1.073	0.676	1.085	2.217	0.515

Sumber : Hasil Analisis , 2018



Gambar 4.49. Sebaran Nilai NO₃-N DTA Waduk Lahor Tahun 2009

Sumber : Hasil Analisis, 2018



Gambar 4.50. Sebaran Nilai NO₃-N DTA Waduk Lahor Tahun 2017

Sumber : Hasil Analisis, 2018

Berdasarkan Gambar 4.49 dan 4.50 Peta Sebaran Polutan $\text{NO}_3\text{-N}$ di DTA Waduk Lahor menunjukkan bahwa kandungan $\text{NO}_3\text{-N}$ total di lahan dari tahun 2009 hingga tahun 2017 mengalami perubahan total kandungan $\text{NO}_3\text{-N}$ yang sangat tinggi di DTA Waduk Lahor dimana terjadi peningkatan di klasifikasi kelasnya di banyak titik atau subdas yang ditandai dengan warna yang lebih gelap. Untuk kandungan $\text{NO}_3\text{-N}$ terbesar berada di area pertanian dan terus mengalami peningkatan, hal ini disebabkan oleh kandungan $\text{NO}_3\text{-N}$ di daerah pertanian, perkebunan serta pemukiman yang masuk oleh limpasan air di lahan menuju sungai.

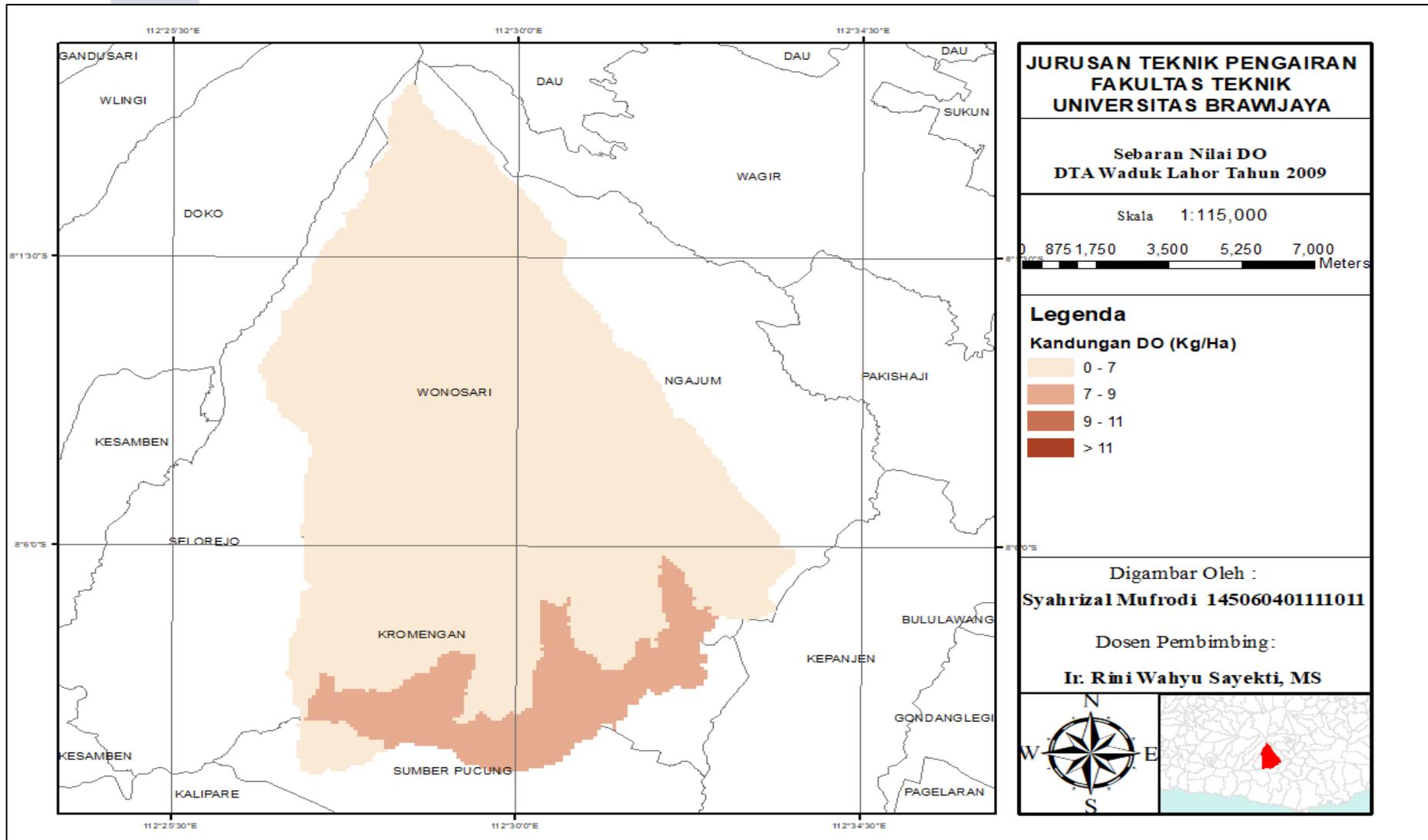
D. Sebaran DO di Lahan

Tabel 4.66

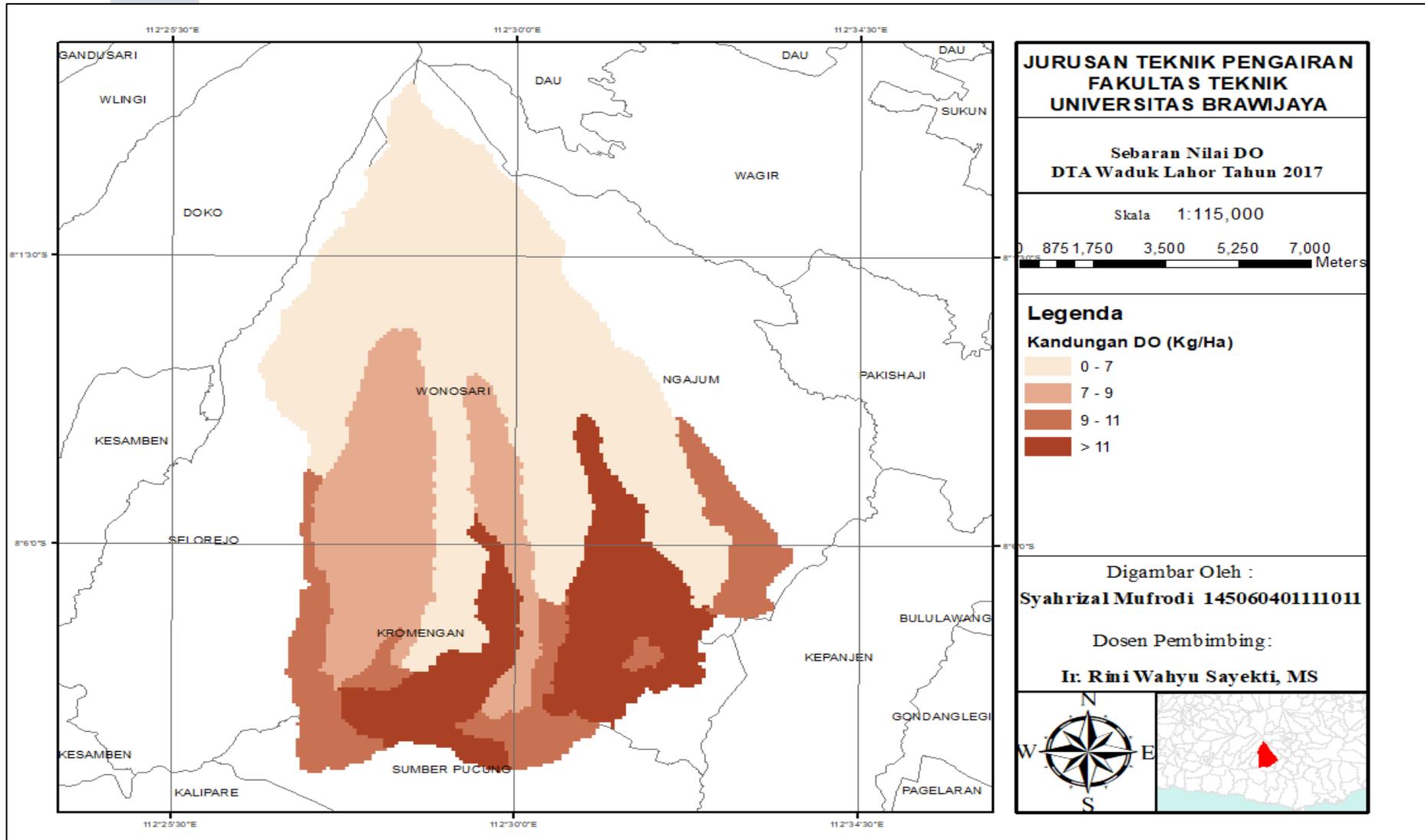
Hasil Simulasi DO di Lahan

SUB	Luasan (Ha)	Satuan	Tahun									
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
1	1061	(Kg/Ha)	3.062	4.824	3.777	4.165	6.197	5.041	6.677	7.510	6.758	
2	686	(Kg/Ha)	3.523	6.157	4.299	4.801	6.569	4.409	5.813	7.022	5.172	
3	1406	(Kg/Ha)	3.773	6.385	4.623	5.151	7.724	5.134	6.733	8.109	5.636	
4	1246	(Kg/Ha)	3.879	6.658	4.703	5.284	7.623	4.769	6.451	7.845	5.585	
5	1825	(Kg/Ha)	3.916	6.528	4.812	5.652	8.886	5.795	7.518	8.940	6.071	
6	603	(Kg/Ha)	5.962	10.175	7.274	8.652	14.177	10.415	13.436	15.514	10.695	
7	303	(Kg/Ha)	5.877	9.856	7.118	9.118	15.918	10.551	13.602	15.923	11.102	
8	2637	(Kg/Ha)	7.169	11.695	7.712	9.491	13.554	9.561	12.070	15.134	11.088	
9	355	(Kg/Ha)	4.714	6.838	5.270	6.723	7.458	6.448	7.832	9.696	8.162	
10	1135	(Kg/Ha)	4.082	6.826	5.029	5.857	9.578	6.366	8.288	9.828	6.813	
11	687	(Kg/Ha)	5.780	9.624	6.988	8.755	15.010	10.266	13.214	15.525	11.006	
12	2998	(Kg/Ha)	7.364	11.785	7.767	9.825	13.977	10.066	12.313	15.554	10.956	
13	1184	(Kg/Ha)	4.200	6.074	4.788	5.985	6.727	5.625	6.962	8.433	7.365	
14	1611	(Kg/Ha)	6.506	10.173	6.748	8.076	11.553	8.558	10.420	13.376	10.387	
15	609	(Kg/Ha)	4.667	6.752	5.241	6.849	7.925	6.680	7.571	9.434	7.823	
16	1	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	11.091	
17	2814	(Kg/Ha)	7.021	11.918	7.496	8.751	11.821	8.511	10.650	14.097	10.564	
18	4209	(Kg/Ha)	7.194	11.514	7.696	9.597	13.847	10.260	12.519	15.973	11.388	
19	2087	(Kg/Ha)	6.608	10.533	6.928	8.411	10.780	8.463	10.190	13.652	10.430	
20	12720	(Kg/Ha)	7.164	10.837	7.339	8.263	11.890	9.917	11.163	14.665	10.440	
21	785	(Kg/Ha)	4.740	8.060	5.867	6.401	9.864	7.530	9.664	11.581	7.718	
22	15080	(Kg/Ha)	6.360	8.404	6.408	6.890	9.548	8.683	9.515	12.437	9.206	
23	9231	(Kg/Ha)	7.215	11.628	7.394	8.747	12.573	10.219	11.906	15.615	11.018	
24	414	(Kg/Ha)	4.254	7.425	5.234	5.334	7.891	10.653	11.713	14.918	12.356	
25	8155	(Kg/Ha)	7.382	11.944	7.536	9.022	12.965	10.166	11.849	15.494	10.862	
26	7318	(Kg/Ha)	7.503	12.113	7.800	9.487	13.221	10.265	12.105	15.884	10.957	

Sumber : Hasil Analisis , 2018



Gambar 4.51. Sebaran Nilai DO DTA Waduk Lahor Tahun 2009
Sumber : Hasil Analisis, 2018



Gambar 4.52. Sebaran Nilai DO DTA Waduk Lahor Tahun 2017
Sumber : Hasil Analisis, 2018

Berdasarkan Gambar 4.51 dan 4.52 Peta Sebaran DO di DTA Waduk Lahor menunjukkan bahwa kandungan DO total di lahan dari tahun 2009 hingga tahun 2017 mengalami perubahan total kandungan DO di DTA Waduk Lahor dimana terjadi peningkatan di klasifikasi kelasnya di banyak titik atau subdas terutama di daerah tampungan waduk yang ditandai dengan warna yang lebih gelap. Hal yang menyebabkan perubahan pada sebaran kandungan DO menjadi meningkat di lahan pada karena daerah hutan bertambah, perkebunan, dan berkurangnya luasan pada pertanian di daerah hulu DTA Waduk Lahor.

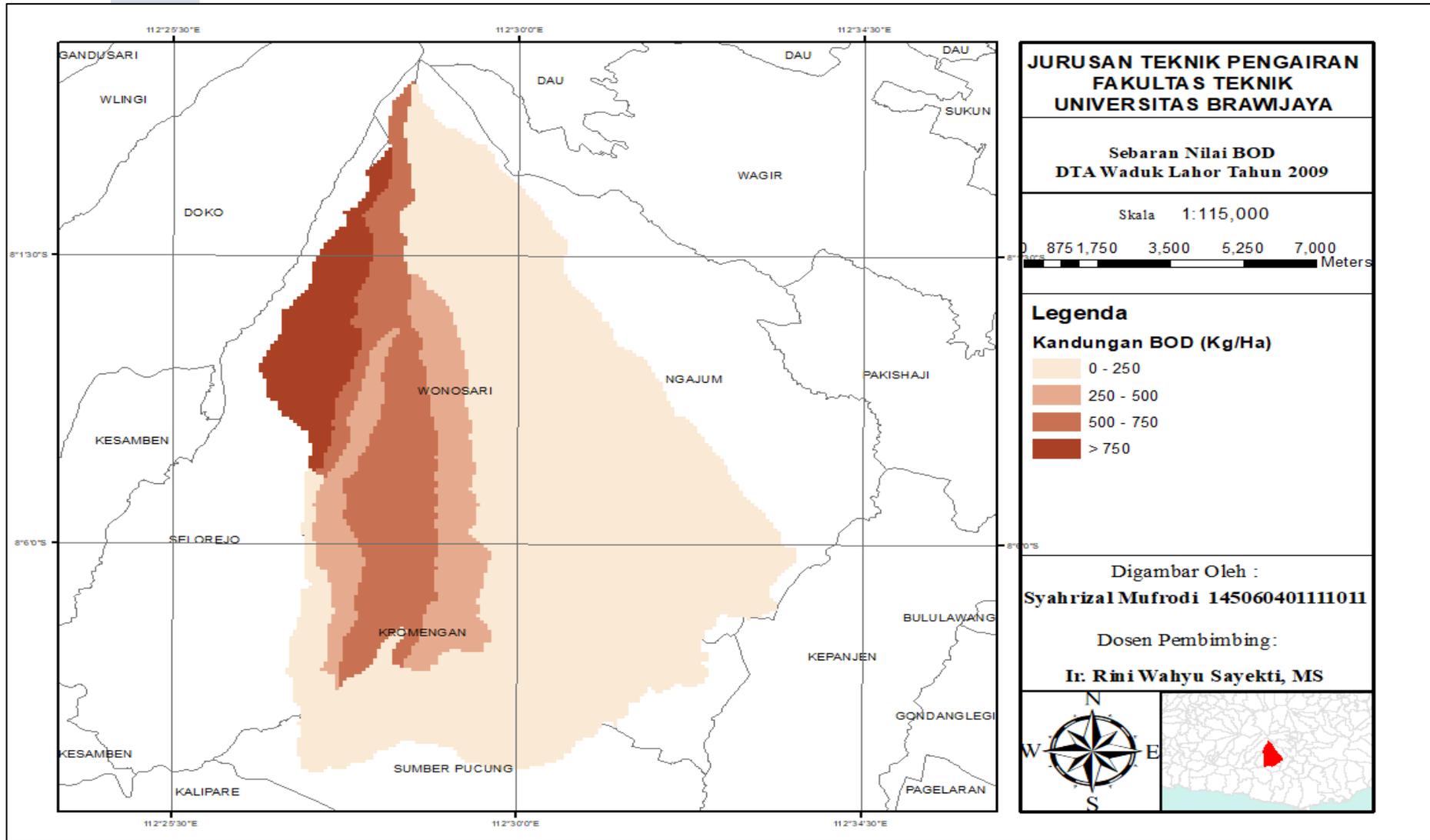
E. Sebaran BOD di Lahan

Tabel 4.67

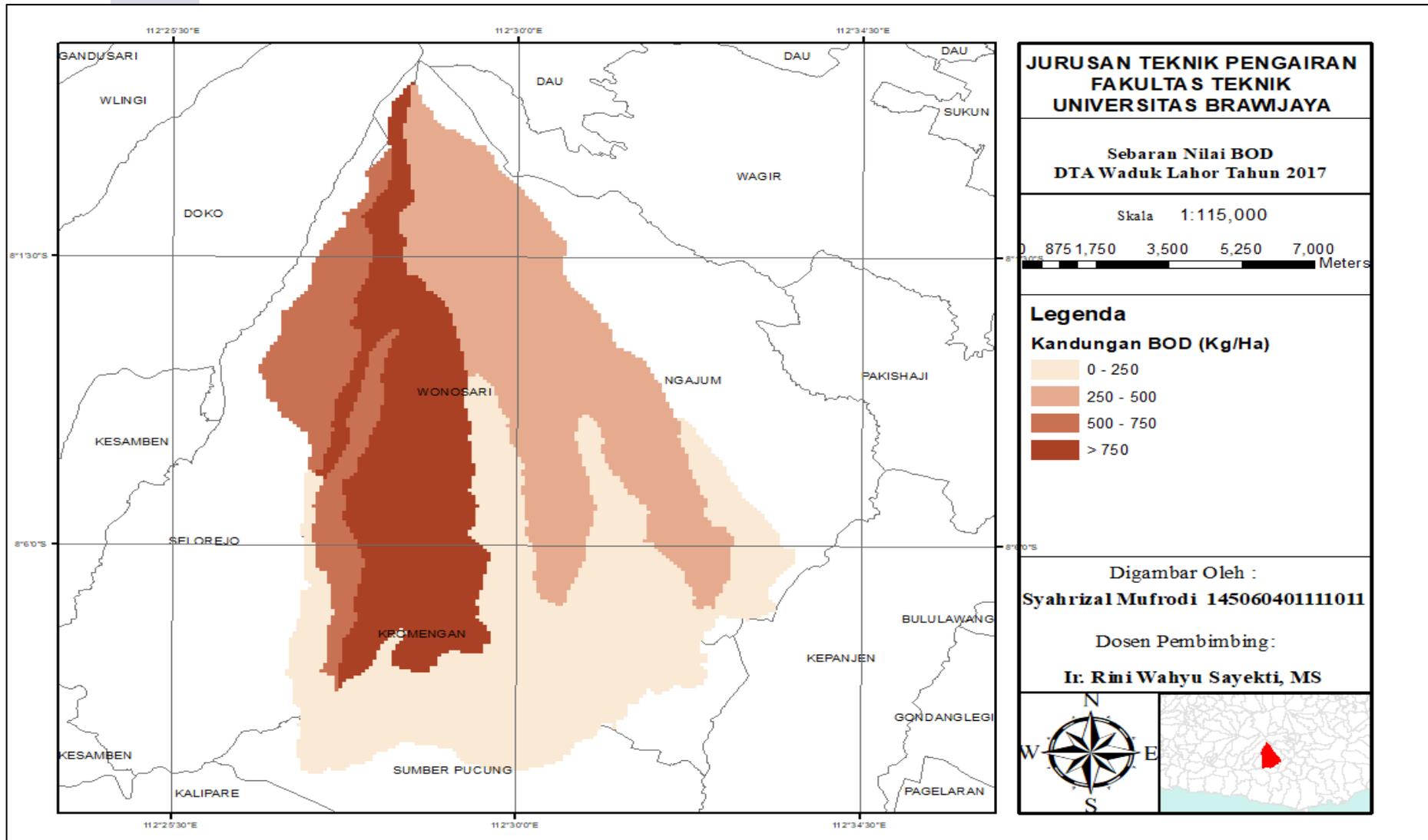
Hasil Simulasi BOD di Lahan Tahun 2009

SUB	Luasan (Ha)	Satuan	Tahun								
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	1061	(Kg/Ha)	897.551	1478.735	807.068	1189.879	1110.075	307.197	1291.436	1448.931	600.545
2	686	(Kg/Ha)	688.093	1085.858	595.369	814.780	810.468	295.307	951.647	1040.978	863.382
3	1406	(Kg/Ha)	217.540	382.301	203.523	284.044	288.984	101.171	330.608	387.725	368.282
4	1246	(Kg/Ha)	214.557	400.086	209.653	284.671	294.164	112.075	349.760	401.919	418.269
5	1825	(Kg/Ha)	45.106	99.043	42.222	51.805	79.984	37.646	55.870	97.275	274.559
6	603	(Kg/Ha)	5.640	11.972	4.419	8.115	20.792	3.952	6.200	20.550	24.666
7	303	(Kg/Ha)	4.745	10.338	3.839	6.273	12.949	3.446	5.433	14.565	20.557
8	2637	(Kg/Ha)	7.249	17.258	6.620	9.553	17.108	5.847	9.714	18.386	44.030
9	355	(Kg/Ha)	505.564	783.383	511.822	550.680	821.203	468.100	604.948	836.424	919.006
10	1135	(Kg/Ha)	406.535	594.349	309.896	399.071	449.298	191.526	443.562	506.473	795.066
11	687	(Kg/Ha)	6.543	14.302	5.289	8.504	18.309	4.723	7.552	20.313	29.582
12	2998	(Kg/Ha)	4.832	12.193	4.230	6.560	12.563	3.887	7.058	13.950	31.232
13	1184	(Kg/Ha)	539.937	838.673	547.158	589.437	876.585	499.863	645.630	893.486	958.798
14	1611	(Kg/Ha)	116.975	196.094	103.808	137.251	193.214	78.559	149.056	191.592	231.798
15	609	(Kg/Ha)	419.226	647.007	411.725	448.594	661.458	390.811	507.522	691.460	730.117
16	1	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.189
17	2814	(Kg/Ha)	39.220	79.046	34.201	57.820	67.616	18.753	64.715	79.783	74.585
18	4209	(Kg/Ha)	3.600	9.198	2.997	5.107	13.208	3.241	6.284	12.833	24.671
19	2087	(Kg/Ha)	231.256	435.488	186.985	249.513	308.703	71.815	347.525	337.405	199.466
20	12720	(Kg/Ha)	32.134	52.623	26.776	42.479	63.918	27.070	44.820	62.362	66.755
21	785	(Kg/Ha)	24.607	53.567	21.989	29.788	56.726	19.534	29.735	63.484	141.950
22	15080	(Kg/Ha)	33.797	57.113	26.829	45.273	65.676	22.997	50.121	65.990	57.170
23	9231	(Kg/Ha)	5.797	13.613	5.204	10.206	17.639	4.042	11.834	18.513	22.051
24	414	(Kg/Ha)	3.250	7.981	2.810	4.877	26.090	5.864	9.724	16.535	27.218
25	8155	(Kg/Ha)	7.170	17.074	6.640	12.787	18.596	4.621	14.136	21.218	25.145
26	7318	(Kg/Ha)	9.309	20.845	7.822	15.547	21.625	5.413	17.247	24.452	26.813

Sumber : Hasil Analisis , 2018



Gambar 4.53. Sebaran Nilai BOD DTA Waduk Lahor Tahun 2009
Sumber : Hasil Analisis, 2018



Gambar 4.54. Sebaran Nilai BOD DTA Waduk Lahor Tahun 2017
Sumber : Hasil Analisis, 2018

Berdasarkan Gambar 4.53 dan 4.54 Peta Sebaran BOD di DTA Waduk Lahor menunjukkan bahwa kandungan BOD total di lahan dari tahun 2009 hingga tahun 2017 berdasarkan hasil pemodelan ArcSWAT, kadar BOD mengalami perubahan pada peningkatan sebaran di DTA Waduk Lahor dimana terjadi peningkatan di klasifikasi kelasnya di banyak titik atau subdas di lahan yang ditandai dengan warna yang lebih gelap terutama di daerah perkebunan dan pertanian di DTA Waduk Lahor. Hal ini disebabkan oleh debit inflow di lahan pada tahun 2017 lebih tinggi daripada tahun 2009 sehingga zat-zat polutan dari pupuk pada pertanian dan perkebunan terbawa oleh air juga mengalami peningkatan sehingga mempengaruhi kebutuhan oksigen.

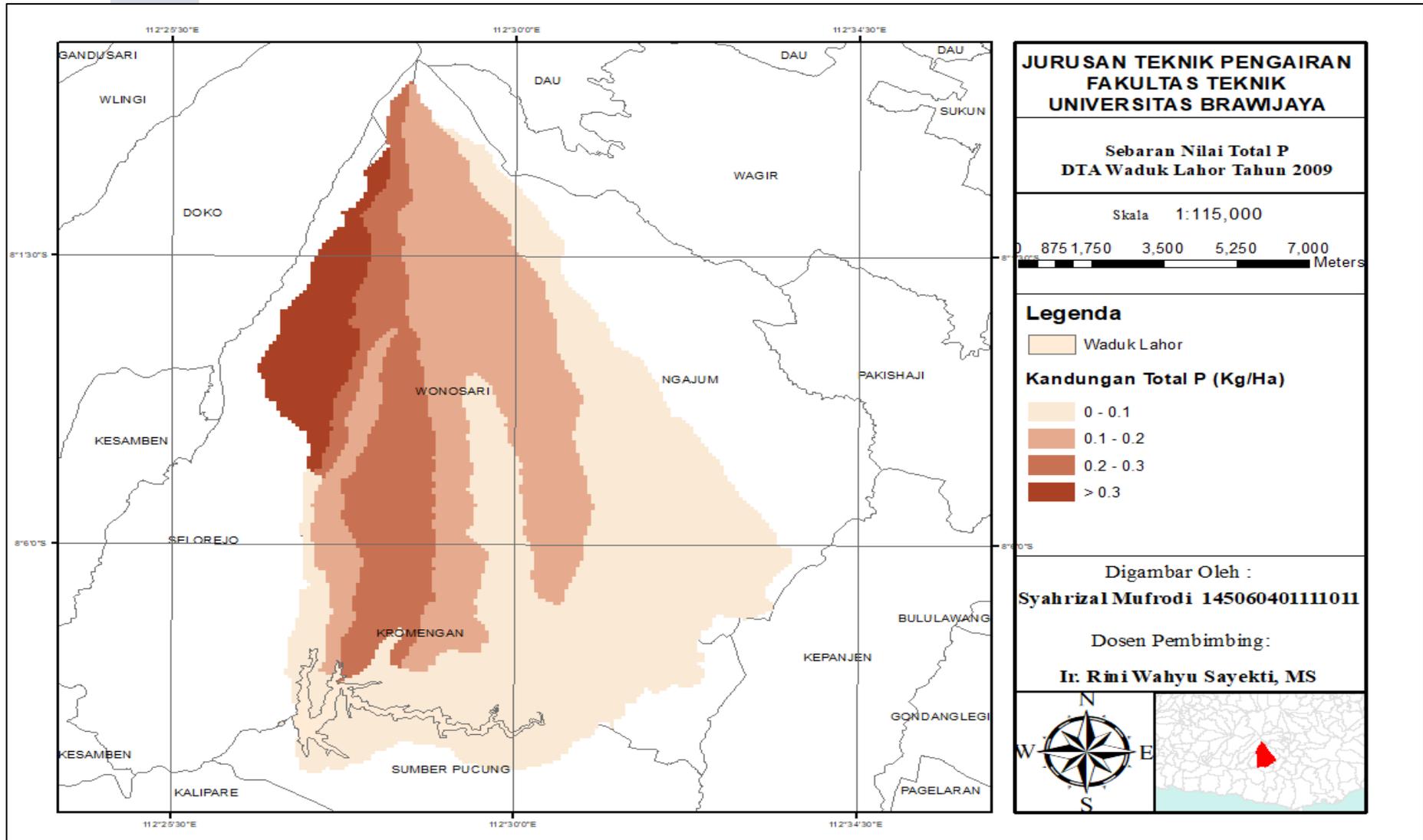
F. Sebaran Total-P di Lahan

Tabel 4.68

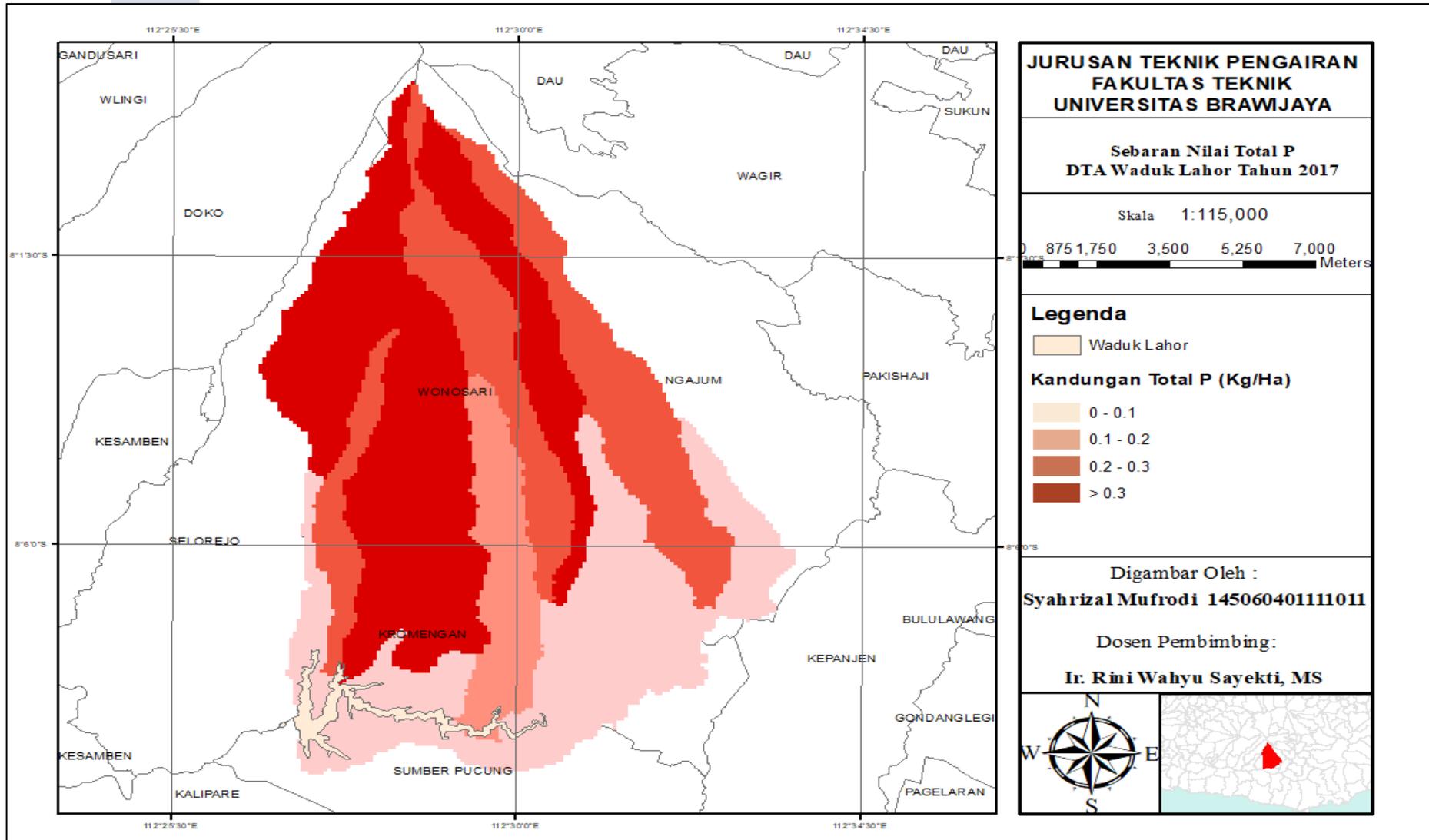
Hasil Simulasi Total P di Lahan Tahun 2009

SUB	Luasan (Ha)	Satuan	Tahun									
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
1	1061	(Kg/Ha)	0.309	0.609	0.421	0.466	0.627	0.367	0.726	0.640	0.325	
2	686	(Kg/Ha)	0.244	0.582	0.385	0.409	0.623	0.386	0.668	0.653	0.425	
3	1406	(Kg/Ha)	0.139	0.567	0.338	0.335	0.683	0.398	0.650	0.723	0.290	
4	1246	(Kg/Ha)	0.156	0.647	0.384	0.374	0.750	0.449	0.728	0.778	0.309	
5	1825	(Kg/Ha)	0.085	0.512	0.290	0.275	0.658	0.375	0.581	0.702	0.261	
6	603	(Kg/Ha)	0.016	0.085	0.043	0.064	0.210	0.056	0.096	0.232	0.087	
7	303	(Kg/Ha)	0.015	0.080	0.040	0.054	0.165	0.053	0.091	0.191	0.080	
8	2637	(Kg/Ha)	0.015	0.062	0.031	0.057	0.207	0.038	0.066	0.215	0.074	
9	355	(Kg/Ha)	0.213	0.367	0.263	0.304	0.377	0.280	0.324	0.498	0.346	
10	1135	(Kg/Ha)	0.129	0.385	0.239	0.251	0.499	0.276	0.429	0.547	0.389	
11	687	(Kg/Ha)	0.018	0.104	0.053	0.070	0.214	0.069	0.120	0.249	0.095	
12	2998	(Kg/Ha)	0.015	0.052	0.026	0.065	0.262	0.030	0.053	0.253	0.073	
13	1184	(Kg/Ha)	0.240	0.430	0.305	0.348	0.441	0.333	0.383	0.544	0.391	
14	1611	(Kg/Ha)	0.016	0.079	0.052	0.052	0.116	0.081	0.083	0.212	0.067	
15	609	(Kg/Ha)	0.140	0.298	0.212	0.226	0.342	0.267	0.284	0.491	0.240	
16	1	(Kg/Ha)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	
17	2814	(Kg/Ha)	0.009	0.046	0.025	0.032	0.193	0.062	0.098	0.154	0.099	
18	4209	(Kg/Ha)	0.011	0.040	0.021	0.039	0.236	0.052	0.092	0.187	0.092	
19	2087	(Kg/Ha)	0.021	0.133	0.089	0.090	0.207	0.143	0.148	0.388	0.094	
20	12720	(Kg/Ha)	0.017	0.078	0.052	0.070	0.144	0.113	0.112	0.384	0.068	
21	785	(Kg/Ha)	0.049	0.293	0.162	0.177	0.475	0.210	0.338	0.526	0.190	
22	15080	(Kg/Ha)	0.010	0.034	0.021	0.033	0.060	0.051	0.050	0.208	0.037	
23	9231	(Kg/Ha)	0.012	0.044	0.023	0.041	0.238	0.057	0.095	0.193	0.097	
24	414	(Kg/Ha)	0.011	0.058	0.031	0.039	0.228	0.079	0.121	0.185	0.115	
25	8155	(Kg/Ha)	0.017	0.068	0.037	0.075	0.423	0.092	0.170	0.337	0.165	
26	7318	(Kg/Ha)	0.011	0.037	0.020	0.037	0.209	0.048	0.081	0.169	0.084	

Sumber : Hasil Analisis , 2018



Gambar 4.55. Sebaran Nilai Total P DTA Waduk Lahor Tahun 2009
Sumber : Hasil Analisis, 2018



Gambar 4.56. Sebaran Nilai Total P DTA Waduk Lahor Tahun 2017
Sumber : Hasil Analisis, 2018

Berdasarkan Gambar 4.55 dan 4.56 Peta Sebaran Polutan Total P di DTA Waduk Lahor menunjukkan bahwa kandungan Total P total di lahan dari tahun 2009 hingga tahun 2017 mengalami perubahan total kandungan Total P di DTA Waduk Lahor dimana terjadi peningkatan di klasifikasi kelasnya di hampir seluruh subdas dimulai dari hulu hingga ke hilir di Waduk Lahor yang ditandai dengan warna yang menjadi lebih gelap dari tahun 2009 ke 2017. Untuk kandungan Total P terbesar pada tahun 2009 hingga tahun 2017 berada di area pertanian dan perkebunan, hal ini disebabkan oleh kandungan Total P dari penggunaan pupuk untuk pertanian dan perkebunan yang tinggi sehingga pada daerah ini memiliki kandungan Total P yang lebih tinggi.

4.5.7.2. Fase di Waduk

Berikut adalah rekapitulasi hasil penyebaran polutan sesuai dengan kejadian proses seperti pada penyebaran polutan di sungai yang sudah dibahas pada poin sebelumnya. Sebagai pemodelan besar penyebaran polutan pada tahun 2009 dan 2017 yang ada di Waduk Lahor maka dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut :

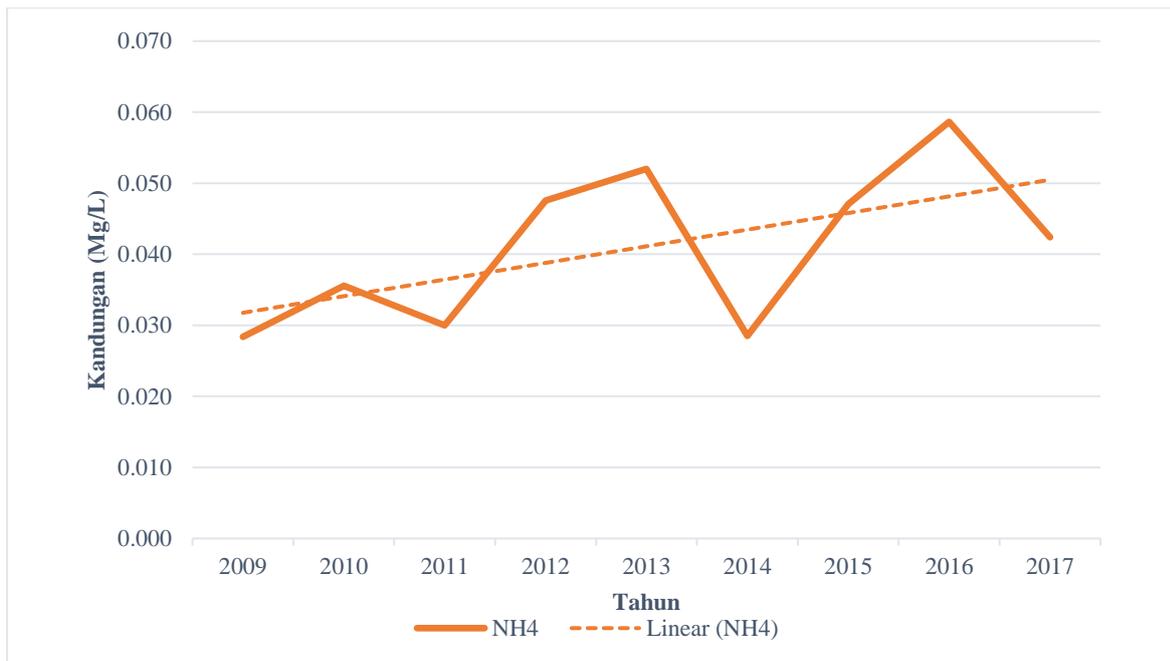
A. Kadar $\text{NH}_3\text{-N}$ Rata-Rata Tahunan di Waduk Lahor

Tabel 4.69

Kandungan Polutan $\text{NH}_3\text{-N}$ di Waduk Lahor Tahun 2009 hingga 2017

Tahun	Debit (m ³ /detik)	Debit (L/detik)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (Kg)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/detik)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/liter)
2009	5.424	5424.083	399.005	153.937	0.028
2010	9.507	9506.500	876.467	338.143	0.036
2011	5.200	5200.333	404.072	155.892	0.030
2012	6.609	6609.333	814.686	314.308	0.048
2013	9.549	9549.417	1287.682	496.791	0.052
2014	6.899	6899.250	509.615	196.611	0.028
2015	8.692	8691.583	1060.868	409.286	0.047
2016	11.736	11735.583	1783.508	688.082	0.059
2017	8.949	8948.917	983.387	379.393	0.042

Sumber : Hasil Analisis 2018



Gambar 4.57. Grafik Perubahan Kadar Rerata NH₃-N pada Waduk Lahor dari Tahun 2009 hingga 2017

Sumber : Hasil Analisis , 2018

Berdasarkan Gambar 4.57. menunjukkan bahwa selama tahun 2009 hingga tahun 2017 kandungan NH₃-N yang fluktuatif namun kecenderungan terjadinya peningkatan kandungan NH₃-N yang ada di Waduk Lahor dari tahun 2009-2017, hal ini diakibatkan oleh banyak faktor salah satunya dapat dilihat pada Tabel 4.69 debit inflow yang masuk ke waduk kecenderungan mengalami peningkatan sehingga inflow polutan yang berasal dari lahan juga mengalami peningkatan yang terus menerus sehingga mempengaruhi kondisi kualitas air di waduk.

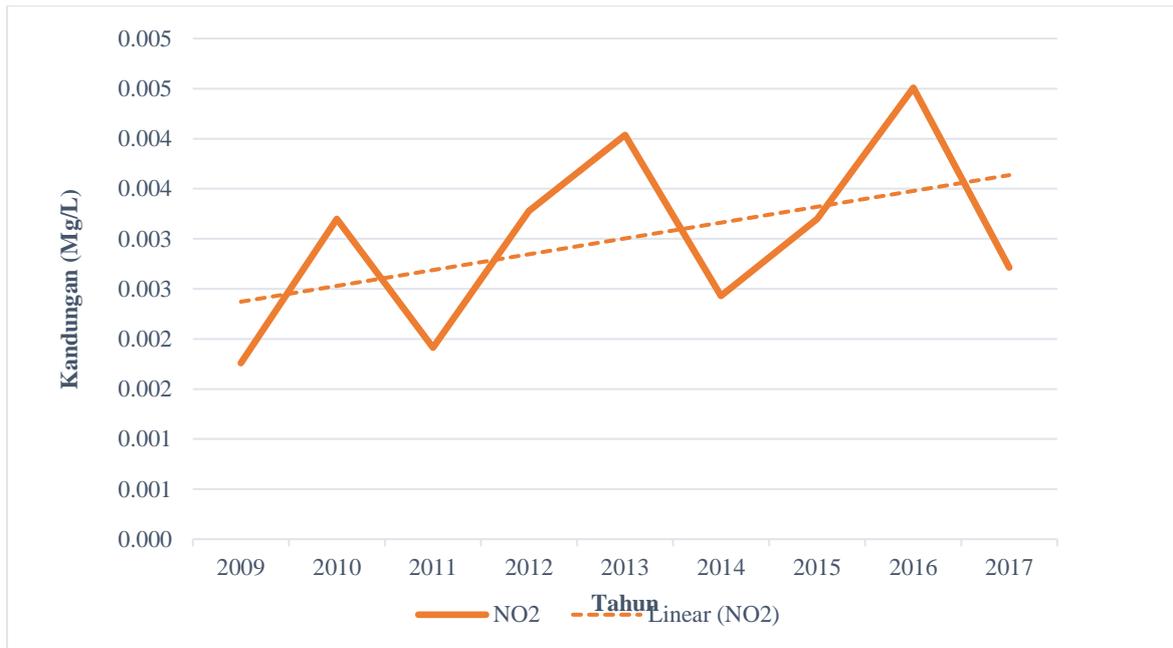
B. Kadar NO₂-N Rata-Rata Tahunan di Waduk Lahor

Tabel 4.70

Kandungan Polutan NO₂-N di Waduk Lahor Tahun 2009 dan 2017

Tahun	Debit (m ³ /detik)	Debit (L/detik)	NO ₂ -N (Kg)	NO ₂ -N (mg/detik)	NO ₂ -N (mg/liter)
2009	5.424	5424.083	24.728	9.540	0.002
2010	9.507	9506.500	78.800	30.401	0.003
2011	5.200	5200.333	25.792	9.950	0.002
2012	6.609	6609.333	56.128	21.654	0.003
2013	9.549	9549.417	99.902	38.542	0.004
2014	6.899	6899.250	43.456	16.765	0.002
2015	8.692	8691.583	72.061	27.801	0.003
2016	11.736	11735.583	137.142	52.910	0.005
2017	8.949	8948.917	62.968	24.293	0.003

Sumber : Hasil Analisis 2018



Gambar 4.58. Grafik Perubahan Kadar Rerata NO₂-N pada Waduk Lahor dari Tahun 2009 hingga 2017

Sumber : Hasil Analisis , 2018

Berdasarkan Gambar 4.58. Grafik Perubahan Kadar Rerata NO₂-N pada Waduk Lahor dari Tahun 2009 hingga 2017 menunjukkan bahwa selama tahun 2009 hingga tahun 2017 kandungan NO₂-N nilainya fluktuatif namun kecenderungan terjadinya peningkatan kandungan NO₂-N yang ada di Waduk Lahor dari tahun 2009 hingga 2017 hal ini diakibatkan oleh banyak faktor dapat dilihat pada Tabel 4.70 debit inflow yang masuk ke waduk kecenderungan mengalami peningkatan dan juga tingginya aktivitas amonifikasi dan nitrifikasi yang berlangsung pada waduk.

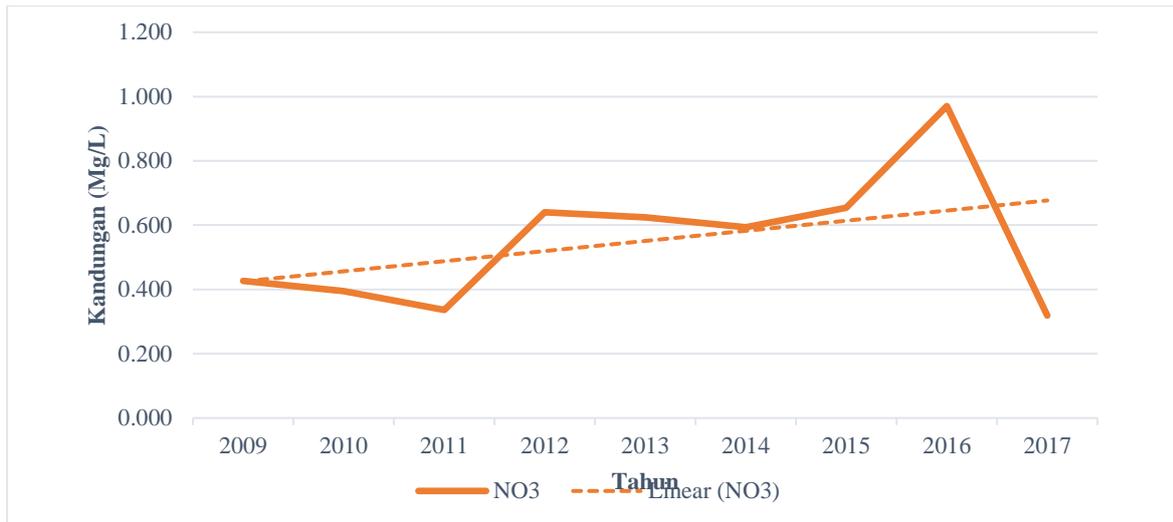
C. Kadar NO₃-N Rata-Rata Tahunan di Waduk Lahor

Tabel 4.71

Kandungan Polutan NO₃-N di Waduk Lahor Tahun 2009 dan 2017

Tahun	Debit (m ³ /detik)	Debit (L/detik)	NO ₃ -N (Kg)	NO ₃ -N (mg/detik)	NO ₃ -N (mg/liter)
2009	5.424	5424.083	5992.272	2311.833	0.426
2010	9.507	9506.500	9719.258	3749.714	0.394
2011	5.200	5200.333	4529.783	1747.602	0.336
2012	6.609	6609.333	10964.617	4230.176	0.640
2013	9.549	9549.417	15439.467	5956.584	0.624
2014	6.899	6899.250	10612.587	4094.362	0.593
2015	8.692	8691.583	14742.008	5687.503	0.654
2016	11.736	11735.583	29511.333	11385.545	0.970
2017	8.949	8948.917	7398.625	2854.408	0.319

Sumber : Hasil Analisis 2018



Gambar 4.59. Grafik Perubahan Kadar Rerata NO₃-N pada Waduk Lahor dari Tahun 2009 hingga 2017

Sumber : Hasil Analisis , 2018

Berdasarkan Gambar 4.59. Grafik Perubahan Kadar Rerata NO₃-N pada Waduk Lahor dari Tahun 2009 hingga 2017 menunjukkan bahwa selama tahun 2009 hingga tahun 2017 kandungan NO₃-N nilainya fluktuatif namun kecenderungan terjadinya peningkatan kandungan NO₃-N yang ada di Waduk Lahor di Waduk Lahor dimana NO₃-N tertinggi terjadi pada tahun 2016, hal ini ditunjukkan pada Tabel 4.71 bahwa kandungan NO₃-N fluktuasinya dipengaruhi oleh debit polutan yang berasal dari lahan mengalami kecenderungan peningkatan seiring peningkatan debit yang masuk ke waduk sehingga mempengaruhi kondisi kualitas air di waduk.

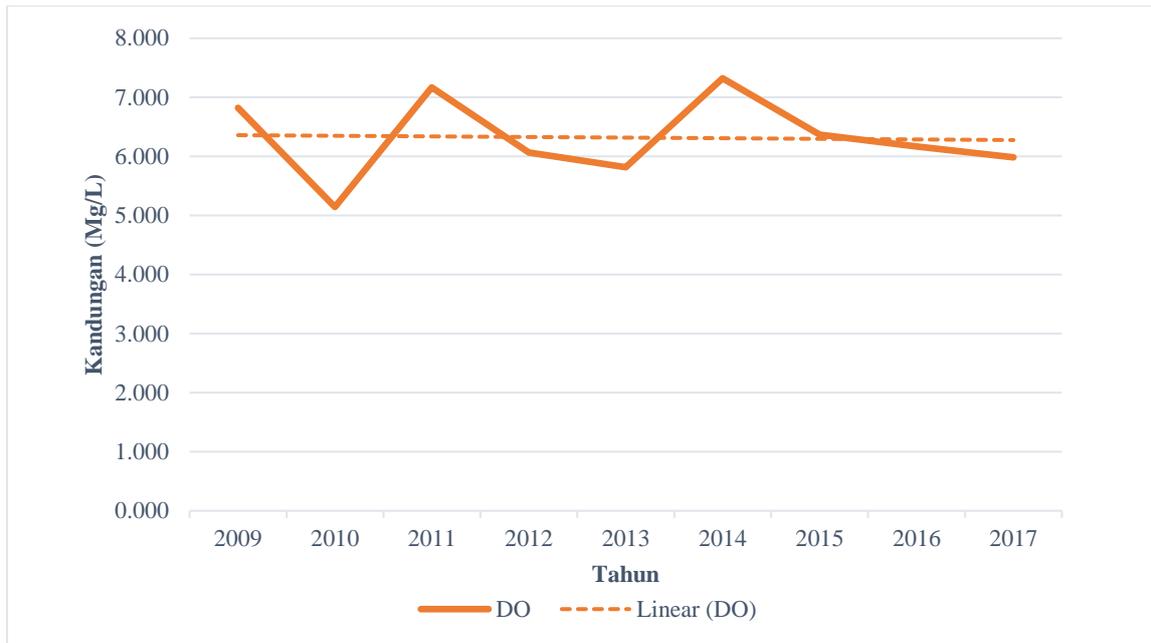
D. Kadar DO Rata-Rata Tahunan di Waduk Lahor

Tabel 4.72

Kandungan DO di Waduk Lahor Tahun 2009 dan 2017

Tahun	Debit (m ³ /detik)	Debit (L/detik)	DO (Kg)	DO (mg/detik)	DO (mg/liter)
2009	5.424	5424.083	95909.167	37001.993	6.822
2010	9.507	9506.500	126726.667	48891.461	5.143
2011	5.200	5200.333	96640.000	37283.951	7.170
2012	6.609	6609.333	103903.333	40086.163	6.065
2013	9.549	9549.417	143983.333	55549.126	5.817
2014	6.899	6899.250	130941.667	50517.618	7.322
2015	8.692	8691.583	143488.333	55358.153	6.369
2016	11.736	11735.583	187555.000	72359.182	6.166
2017	8.949	8948.917	138820.000	53557.099	5.985

Sumber : Hasil Analisis 2018



Gambar 4.60. Grafik Perubahan Kadar Rerata DO pada Waduk Lahor dari Tahun 2009 hingga 2017

Sumber : Hasil Analisis , 2018

Berdasarkan Gambar 4.60. Grafik Perubahan Kadar Rerata DO pada Waduk Lahor dari Tahun 2009 hingga 2017 DO menunjukkan bahwa kandungan DO nilainya fluktuatif namun kecenderungan terjadinya penurunan kandungan DO yang ada di Waduk Lahor, hal ini mengindikasikan menurunnya kualitas air di Waduk Lahor yang diakibatkan oleh kebutuhan penggunaan oksigen seperti kegiatan oksidasi nitrogen dan fosfor dalam air waduk yang cenderung meningkat pada simulasi aplikasi ArcSWAT dari tahun 2009 ke tahun 2017 sehingga oksigen terlarut yang digunakan semakin menurun.

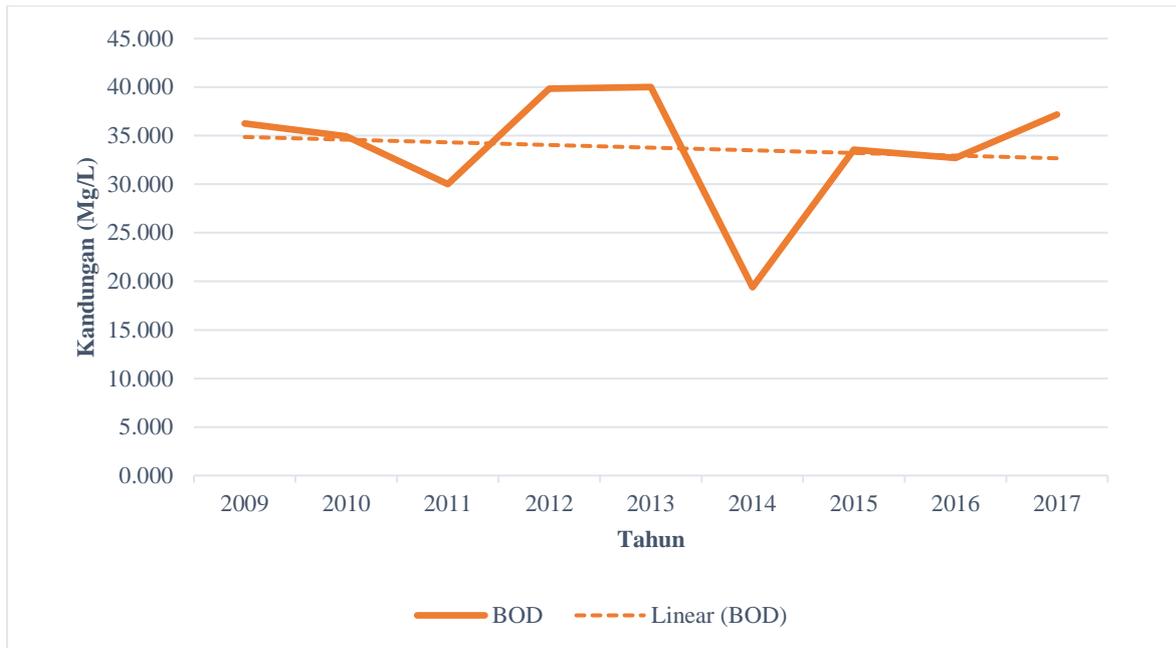
E. Kadar BOD Rata-Rata Tahunan di Waduk Lahor

Tabel 4.73

Kandungan Polutan BOD di Waduk Lahor Tahun 2009 dan 2017

Tahun	Debit (m ³ /detik)	Debit (L/detik)	BOD (Kg)	BOD (mg/detik)	BOD (mg/liter)
2009	5.424	5424.083	509665.167	196630.080	36.251
2010	9.507	9506.500	861259.167	332275.913	34.952
2011	5.200	5200.333	404579.333	156087.706	30.015
2012	6.609	6609.333	682711.833	263391.911	39.852
2013	9.549	9549.417	990387.833	382094.072	40.012
2014	6.899	6899.250	346800.833	133796.618	19.393
2015	8.692	8691.583	755823.944	291598.744	33.550
2016	11.736	11735.583	995130.833	383923.933	32.715
2017	8.949	8948.917	862118.528	332607.457	37.167

Sumber : Hasil Analisis 2018



Gambar 4.61. Grafik Perubahan Kadar Rerata BOD pada Waduk Lahor dari Tahun 2009 hingga 2017

Sumber : Hasil Analisis , 2018

Berdasarkan Gambar 4.61. Grafik Perubahan bahwa kandungan BOD nilainya fluktuatif namun kecenderungan terjadinya penurunan kandungan BOD yang ada di Waduk Lahor, hal ini diakibatkan menurunnya oksigen terlarut dari tahun 2009 hingga tahun 2017 sehingga mengakibatkan aktivitas yang menggunakan oksigen juga akan menurun. Namun berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 kandungan BOD pada Waduk Lahor hasil pembacaan ArcSWAT tergolong sangat tinggi dan berbahaya pada organisme yang ada di waduk

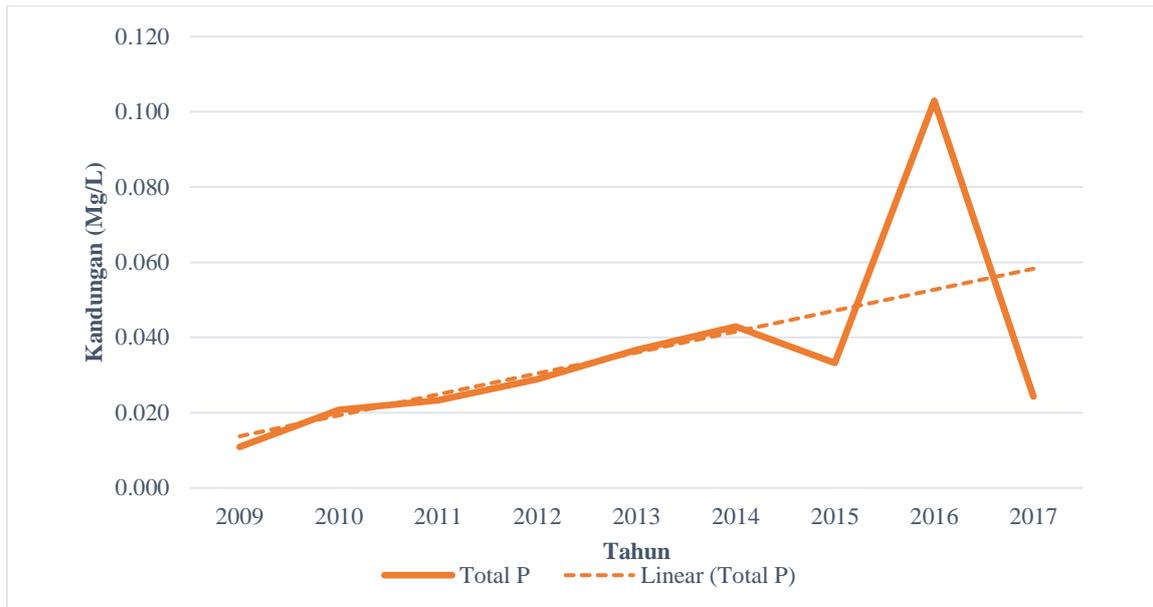
F. Kadar Total P Rata-Rata Tahunan di Waduk Lahor

Tabel 4.74

Kandungan Polutan Total P di Waduk Lahor Tahun 2009 dan 2017

Tahun	Debit (m ³ /detik)	Debit (L/detik)	Total P (Kg)	Total P (mg/detik)	Total P (mg/liter)
2009	5.424	5424.083	153.313	59.149	0.011
2010	9.507	9506.500	511.463	197.324	0.021
2011	5.200	5200.333	314.167	121.206	0.023
2012	6.609	6609.333	495.127	191.021	0.029
2013	9.549	9549.417	908.570	350.529	0.037
2014	6.899	6899.250	767.823	296.228	0.043
2015	8.692	8691.583	748.973	288.956	0.033
2016	11.736	11735.583	3130.357	1207.699	0.103
2017	8.949	8948.917	564.243	217.686	0.024

Sumber : Hasil Analisis, 2018



Gambar 4.62. Grafik Perubahan Kadar Rerata Total P pada Waduk Lahor dari Tahun 2009 hingga 2017

Sumber : Hasil Analisis , 2018

Berdasarkan Gambar 4.62. Grafik Perubahan Kadar Rerata Total P pada Waduk Lahor dari Tahun 2009 hingga 2017 Total P menunjukkan bahwa selama tahun 2009 hingga tahun 2017 kandungan Total P mengalami fluktuasi yang kecenderungan mengalami peningkatan di Waduk Lahor, hal ini diakibatkan oleh inflow polutan / nutrien yang berasal lahan di DTA Waduk Lahor mengalami peningkatan yang terus menerus sehingga mempengaruhi kondisi kualitas air di waduk yang dipengaruhi terjadi peningkatan debit air inflow yang masuk pada Waduk Lahor yang membawa lebih banyak polutan fosfor yang berasal dari lahan dan akan terakumulasi di waduk.



Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian tentang penentuan status mutu kualitas air di Waduk Lahor berdasarkan pengaruh tata guna lahan di Daerah Tangkapan Air Waduk Lahor, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil penentuan kualitas air Waduk Lahor tahun 2017 berdasarkan baku mutu dari PP No. 82 Tahun 2001 kelas II terhadap budidaya perikanan air tawar diperoleh hasil pengukuran sampel waduk pada tahun 2017 dan dibandingkan dengan nilai baku mutu dari tiap-tiap parameter diperoleh kondisi kualitas air Waduk Lahor adalah tercemar dan tidak sseuai dengan standar terhadap baku mutu kelas II dengan peruntukkan budidaya perikanan di waduk dimana parameter-parameter dominan yang tidak memenuhi baku mutu dan menyebabkan waduk tercemar yaitu BOD dan $\text{NH}_3\text{-N}$ yang tinggi yang disebabkan oleh masuknya zat pencemar berupa nutrisi dari pertanian dan limbah domestik dari pemukiman penduduk, dimana kondisi ini dapat menyebabkan terganggunya ekosistem perairan waduk termasuk kondisi perikanan air tawar di waduk.
2. Hasil penentuan status mutu kualitas air waduk pada tahun 2017 berdasarkan baku mutu dari PP No. 82 Tahun 2001 kelas II terhadap budidaya perikanan air tawar dengan menggunakan metode Indeks Pencemaran (PI) diperoleh status mutu kualitas air Waduk Lahor adalah tercemar ringan pada semua kedalaman dan sepanjang tahun pada tahun 2017 dengan rentang nilai indeks pencemaran terendah 1.360 pada kedalaman 10 m di musim basah dan tertinggi 4.619 pada kedalaman 0.3 m di musim kering.
3. Berdasarkan hasil simulasi pemodelan ArcSWAT pengaruh perubahan tata guna lahan tahun 2009 – 2017 pada kualitas air dalam sebaran polutan di lahan yaitu jenis tata guna lahan yang memberi masukan paling besar adalah dari pertanian karena pada DTA Waduk Lahor jenis tata guna lahan dengan luasan terbesar adalah pertanian. Pengaruh pertanian terhadap kualitas air yaitu berasal dari penggunaan pupuk dengan kandungan nitrogen dan fosfor yang terbawa oleh pergerakan air di lahan menuju sungai. Kemudian untuk tingkat kandungan polutan di waduk hasil simulasi ArcSWAT menunjukkan adanya kecenderungan jumlah kandungan polutan mengalami fluktuasi dalam peningkatan kuantitas dan besar inflow polutan dari tahun 2009 hingga tahun

2017 yang mengindikasikan terjadinya penurunan kualitas air di Waduk Lahor. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik dari karakteristik parameter-parameter kualitas air yang diteliti atau pengaruh eksternal salah satunya debit inflow air yang masuk ke waduk yang membawa zat-zat pencemar air dari lahan sehingga apabila debit inflow tinggi maka menyebabkan peningkatan tingkat pencemaran yang terjadi di Waduk Lahor dan akan berpengaruh pada kondisi perikanan diwaduk.

5.2. Saran

Dari hasil penelitian ini penulis memiliki berbagai saran meliputi:

1. Sebaiknya perlu ditambahkan titik pengambilan sampel pada Waduk Lahor guna menambah tingkat akurasi dalam penentuan tingkat pencemaran di Waduk Lahor mengingat Waduk Lahor dimanfaatkan oleh warga untuk melakukan berbagai aktivitas khususnya budidaya perikanan air tawar dengan Keramba Jaring Apung (KJA).
2. Perlunya diadakan penelitian-penelitian tingkat lanjut mengenai penggunaan pupuk di pertanian serta perkebunan yang ada di Daerah Tangkapan Air Waduk Lahor dan peningkatan pengawasan dalam penggunaan pupuk oleh pemerintah dan instansi terkait dalam upaya menekan pertambahan jumlah nutrient yang besar masuk ke badan air agar tidak mencemari suatu perairan waduk khususnya Waduk Lahor supaya dapat menjaga fungsi waduk bertahan lama.
3. Dalam upaya pengembangan dan meningkatkan akurasi khususnya dalam penggunaan aplikasi pemodelan suatu DAS seperti ArcSWAT 2012 untuk jajarannya akademisi khususnya mahasiswa Teknik Pengairan perlu untuk melakukan survei atau studi langsung di lapangan untuk melakukan pengukuran terhadap polutan dan sebaran polutan dilahan, pemetaan jenis tanah dan karakteristik tanah di suatu DAS atau DTA. Hal ini bertujuan untuk mengembangkan keakuratan pemakaian aplikasi pemodelan ArcSWAT di Indonesia khususnya agar dapat menggambarkan kondisi yang sebenarnya pada lokasi penelitian yang dimodelkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Apridayanti, Eka. 2008. *Evaluasi Pengelolaan Lingkungan Perairan Waduk Lahor Kabupaten Malang Jawa Timur*. Tesis. Program Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor.
- Asdak, C. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. 2004. *SNI 06-2412-1991 Tentang Metode Pengambilan Contoh Kualitas Air*. Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. *SNI 6989.57:2008 Air dan Air Limbah- Bagian 57: Metoda Pengambilan contoh Air Permukaan*.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. 2004. *SNI 03-7016-2004 Tentang Tata Cara Pengambilan Contoh Dalam Rangka Pemantauan Kualitas Air Pada Suatu Daerah Pengaliran Sungai*. B
- Boney, A.D. 1989. *Phytoplankton*. Edisi kedua. (Terjemahan) Hefni Effendi, Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Cetakan ke-9. Jogjakarta: Kanisius.
- Brown, A.L. 1987. *Fresh Water Ecology*. (Terjemahan) Hefni Effendi, Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Cetakan ke-9. Jogjakarta: Kanisius.
- Davis, M.L and Cornwell, D.A. 1991. *Introduction to Environmental Engineering*. Edisi kedua. (Terjemahan) Hefni Effendi, Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Cetakan ke-9. Jogjakarta: Kanisius.
- Dugan, P.R. 1972. *Biochemical Ecology of Water Pollution*. (Terjemahan) Hefni Effendi, Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Cetakan ke-9. Jogjakarta: Kanisius.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Ghufran, M dan Andi Tanjung. 2005. *Pengelolaan Kualitas Air Dalam Budi Daya Perairan*. Gowa-Makassar: Rineka Cipta
- Jeffries, M. and Milles, D. 1996. *Fresh Water Ecology, Principles, and Applications*. (Terjemahan) Hefni Effendi, Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Cetakan ke-9. Jogjakarta: Kanisius.
- Kementrian Lingkungan Hidup . 2003. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air*.
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2009. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 28 Tahun 2009 Tentang Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau dan / Waduk*. Lembaran Negara RI Tahun 2009., Sekretariat Negara. Jakarta
- Mackereth, F.J.H., Heron, J. and Talling, J.F. 1989. *Water Analysis*. (Terjemahan) Hefni Effendi, Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Cetakan ke-9. Jogjakarta: Kanisius.

- Piranti, Agatha. 2016. *Baku Mutu Air Untuk Budidaya Ikan*. Fakultas Biologi Unsoed Purwokerto
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2009. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 28 Tahun 2009 Tentang Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau dan / Waduk*. Lembaran Negara RI Tahun 2009., Sekretariat Negara. Jakarta
- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. *Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Lembaran Negara RI Tahun 2009., Sekretariat Negara. Jakarta
- Sawyer, C.N and McCarty, P.L. 1978. *Chemistry for Environmental Engineering*. Edisi ketiga. (Terjemahan) Hefni Effendi, Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Cetakan ke-9. Jogjakarta: Kanisius.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 2*. Bandung: Penerbit Nova.
- Suhartanto, Ery. 2008. *Panduan AVSWAT 2000 dan Aplikasinya di Bidang Teknik Sumberdaya Air*. Malang: CV. Asrori
- Supangat, Agung. 2008. *Pengaruh Berbagai Penggunaan Lahan Terhadap Kualitas Air Sungai Di Kawasan Hutan Pinus Di Gombong, Kebumen, Jawa Tengah*. Balai Penelitian Hutan Penghasil Serat Kuok
- Wetzel, R.G. 1975. *Lymnology*. (Terjemahan) Hefni Effendi, Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Cetakan ke-9. Jogjakarta: Kanisius.

