

**KAJIAN PENGARUH PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP  
KUALITAS AIR DALAM UPAYA PENGENDALIAN  
PENCEMARAN AIR PADA SUNGAI SIWALUH  
KABUPATEN KARANGANYAR**



Tesis

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-2 pada  
Program Studi Ilmu Lingkungan

HENRI WINANDAR  
30000214410023

**PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2015**

# LEMBAR PERSETUJUAN

TESIS

KAJIAN PENGARUH PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP  
KUALITAS AIR DALAM UPAYA PENGENDALIAN  
PENCEMARAN AIR PADA SUNGAI SIWALUH  
KABUPATEN KARANGANYAR

Disusun oleh:  
Henri Winandar  
30000214410023

Mengetahui,  
Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Kedua

Prof. Dr. rer. nat. Imam Buchori, ST

Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA

Menyetujui,  
Direktur Program Pasca Sarjana  
Universitas Diponegoro

Plt. Ketua Program Studi  
Magister Ilmu Lingkungan

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA  
NIP. 19611228 198603 1 004

Dr. Henna Rya Sunoko, Apt., MES  
NIP. 19520825 197903 2 001

# LEMBAR PENGESAHAN

TESIS

KAJIAN PENGARUH PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP  
KUALITAS AIR DALAM UPAYA PENGENDALIAN  
PENCEMARAN AIR PADA SUNGAI SIWALUH  
KABUPATEN KARANGANYAR

Disusun oleh:  
Henri Winandar  
30000214410023

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
Pada tanggal 12 November 2015  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Ketua

Tanda tangan

Prof. Dr. rer. nat. Imam Buchori, ST.

.....

Anggota

1. Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA.

.....

2. Dr. Hadiyanto, ST., M.Sc.

.....

3. Dr. Ing. Suherman, ST., MT.

.....

## **PERNYATAAN**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister pada Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro seluruhnya merupakan karya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Semarang, November 2015

Henri Winandar

## RIWAYAT HIDUP



HENRI WINANDAR. lahir di Kabupaten Karanganyar tanggal 25 Mei 1986 merupakan putera pertama dari pasangan Bapak Suwito (almarhum) dan Ibu Indarwati, S.Pd. Pendidikan Dasar ditempuh di SD N 1 Gedongan pada tahun 1991-1997 kemudian melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP N 1 Colomadu pada tahun 1998-2000 dan menengah atas di SMA N 6 Surakarta pada tahun 2000-2003. Jenjang pendidikan tinggi dimulai pada tahun 2003 ketika melanjutkan pendidikan Sarjana (S-1) pada Program Studi Agrobisnis Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta namun tidak diselesaikan. Pada tahun 2004, penulis memutuskan melanjutkan jenjang perguruan tinggi pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta dan diselesaikan pada tahun 2008.

Saat ini penulis bekerja sebagai Pegawai Negeri Sipil (PNS) pada Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Karanganyar sejak tahun 2009. Pada tahun 2014, penulis mendapatkan kesempatan melanjutkan studi Pasca Sarjana (S-2) pada Program Studi Magister Ilmu Lingkungan bidang konsentrasi Perencanaan Lingkungan melalui Program Beasiswa dari Pusat Pembinaan dan Pendidikan Pelatihan Perencana (Pusbindiklatren) Bappenas RI.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Segala puji syukur bagi Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan tesis dengan judul “Kajian Pengaruh Penggunaan Lahan terhadap Kualitas Air dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air pada Sungai Siwaluh Kabupaten Karanganyar” dalam rangka memenuhi persyaratan penyelesaian program magister pada Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro.

Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dan dukungannya selama pelaksanaan studi sampai dengan penyusunan tesis ini kepada:

1. Prof. Dr. Yos Johan Utama, SH., MHum. selaku Rektor Universitas Diponegoro.
2. Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA selaku Direktur Program Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro.
3. Dr. Henna Rya Sunoko, Apt., MES dan Dr. Dra. Hartuti Purnaweni, MPA selaku Ketua dan Sekretaris Program dan seluruh pengelola Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
4. Prof. Dr. rer. nat. Imam Buchori, ST. dan Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA., selaku pembimbing utama dan pembimbing kedua yang telah memberikan arahan, bimbingan dan dukungannya.
5. Dr. Ir. Hadiyanto, M.Si dan Dr. Ing. Suherman, MT selaku penguji yang telah banyak memberikan masukan, kritikan dan saran yang membangun dalam penulisan tesis.
6. Pusat Pembinaan, Pendidikan dan Pelatihan Perencana (Pusbindiklatren) Bappenas yang telah memberikan beasiswa untuk melanjutkan pendidikan ke jenjang S-2.
7. Pemerintah Daerah Kabupaten Karanganyar yang telah memberikan kesempatan tugas belajar ke jenjang S-2.
8. Kepala Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Karanganyar dan segenap rekan-rekan BLH Karanganyar atas bantuan baik langsung maupun tidak langsung sehingga penulisan tesis dapat terselesaikan.

9. Ibuku tercinta Indarwati, S.Pd serta almarhum bapak Suwito terima kasih atas segalanya karena kalian aku ada dan bertahan di dunia (*thank for your gen*).
10. Istriku tercinta Anasta Novi Hidayati, S.Sos atas kesabaran dan pengertiannya serta senantiasa memberikan bantuan doa dan motivasi dalam penyelesaian studi dan penyusunan tesis, tak lupa teruntuk anakku tercinta Hideaki Light Alfathuroyan atas kemandiriannya dan maafkan ayah atas waktu yang terbagi dengan studi S-2.
11. Semua adikku yang kusayangi yang telah bersama-sama mengecap pahit manisnya kehidupan bersama yaitu Wulan Widayati S.Pd, Tria Widayastuti S.Psi, Atin Widayanti dan Alhanifa Yuna Azzahra
12. Teman-teman seperjuangan Angkatan 42 MIL Universitas Diponegoro yang telah berbagi pemikiran, semangat, dukungan dan inspirasi dalam menyelesaikan studi sampai dengan penyusunan tesis ini.

Seperti pepatah “tiada gading yang tak retak”, penulis menyadari bahwa penyusunan tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak untuk kesempurnaan tesis. Akhirnya, semoga tesis ini dapat memberi manfaat dan berguna sebagai bahan masukan dan pertimbangan dalam upaya pengendalian pencemaran air. Atas perhatiannya saya ucapkan terima kasih.

Semarang,        November 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN.....	iv
RIWAYAT HIDUP.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
ABSTRAK.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian .....	5
1.5. Originalitas Penelitian .....	5
1.6. Kerangka Pikir.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1. Sungai dan Daerah Aliran Sungai (DAS).....	7
2.1.1. Karakteristik Sungai.....	7
2.1.2. Pola Drainase Daerah Aliran Sungai.....	8
2.1.3. Batas Hidrologis.....	10
2.2. Pencemaran Air .....	10
2.2.1. Sumber Pencemaran Air.....	11
2.2.2. Karakteristik <i>Point Sources</i> .....	12
2.2.3. Karakteristik <i>Non-point Sources</i> .....	12
2.2.4. Perbedaan <i>Point Sources</i> dan <i>Non-point Sources</i> .....	15

2.3.	Penggunaan Lahan.....	16
2.3.1.	Beban Pencemaran .....	17
2.3.2.	Estimasi Penduduk dengan Peta Penggunaan Lahan .....	23
2.3.3.	Sistem Informasi Geografi (SIG) .....	24
2.3.4.	Analisis Spasial .....	25
2.4.	Kualitas Air.....	27
2.4.1.	Mutu Air.....	28
2.4.2.	Parameter Kunci Pencemaran Air.....	31
2.4.3.	Status Mutu Air .....	31
2.5.	Daya Tampung Beban Pencemaran Air .....	32
2.5.1.	Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemaran .....	33
2.5.2.	Model QUAL2Kw.....	36
2.5.3.	Data QUAL2Kw .....	36
2.5.4.	Integrasi Model QUAL2Kw dengan SIG.....	38
2.6.	Pengendalian Pencemaran Air.....	38
2.6.1.	Prinsip Pengendalian Pencemaran Air .....	39
2.6.2.	Kebijakan Pengendalian Pencemaran Air .....	42
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>43</b>
3.1.	Tipe Penelitian .....	43
3.2.	Ruang Lingkup Penelitian .....	43
3.3.	Lokasi dan Waktu Penelitian .....	43
3.4.	Variabel Penelitian.....	44
3.5.	Jenis Data dan Sumber Data .....	46
3.5.1.	Data Primer .....	46
3.5.2.	Data Sekunder .....	46
3.6.	Teknik Pengumpulan Data .....	47
3.6.1.	Teknik Pengukuran Debit.....	47
3.6.2.	Teknik Pengambilan Sampel Kualitas Air .....	50
3.7.	Segmentasi DAS dan Lokasi Sampling.....	52
3.7.1.	Penentuan Segmen DAS .....	52
3.7.2.	Penentuan Lokasi Sampling .....	54

3.8.	Teknik Analisis Data .....	55
3.8.1.	Analisis Beban Pencemaran pada DAS Siwaluh. ....	55
3.8.2.	Analisis Kualitas Air. ....	58
3.8.3.	Analisis Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP). ....	60
3.8.4.	Rekomendasi Kebijakan Pengendalian Pencemaran Air. ....	61
3.9.	Alur Penelitian. ....	62
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>63</b>
4.1.	Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	63
4.1.1.	Sungai dan DAS Siwaluh.....	63
4.1.2.	Wilayah Penyusun DAS Siwaluh.....	71
4.2.	Analisis Beban Pencemaran .....	78
4.2.1.	Penggunaan Lahan pada sub DAS Siwaluh .....	79
4.2.2.	Perhitungan Beban Pencemaran.....	93
4.2.3.	Pembahasan Beban Pencemaran .....	96
4.3.	Analisis Kualitas Air.....	101
4.3.1.	Profil Fisik Sungai Siwaluh .....	104
4.3.2.	Hasil Sampling .....	108
4.3.3.	Status Mutu Air Sungai Siwaluh.....	110
4.3.4.	Pengaruh Beban Pencemaran terhadap Kualitas Air.....	114
4.3.5.	Batasan Model.....	124
4.4.	Daya Tampung Beban Pencemaran.....	125
4.4.1.	Parameter TSS .....	126
4.4.2.	Parameter BOD .....	128
4.4.3.	Parameter COD .....	130
4.5.	Rekomendasi Kebijakan Pengendalian Pencemaran .....	132
4.5.1.	Rekomendasi Teknis .....	133
4.5.2.	Rekomendasi Non-Teknis .....	143
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>149</b>
5.1.	Kesimpulan .....	149
5.2.	Saran .....	151
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>153</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kerangka Pemikiran.....	6
Gambar 2. Profil Longitudinal Sungai.....	7
Gambar 3. Pola Drainase Sungai.....	8
Gambar 4. Ilustrasi <i>Point Source</i> dan <i>Non-Point Sources</i> .....	11
Gambar 5. Perubahan Lahan dan Pengaruhnya.....	17
Gambar 6. Ilustrasi Fungsi Pengelompokan.....	25
Gambar 7. Ilustrasi Fungsi <i>Overlay</i> .....	26
Gambar 8. Ilustrasi Fungsi Buffer.....	26
Gambar 9. Ilustrasi Fungsi Analisis Jaringan.....	27
Gambar 10. Bagan Kebutuhan Data QUAL2Kw.....	37
Gambar 11. Proses Integrasi Data Tabel QUAL2Kw ke dalam SIG.....	38
Gambar 12. Peta Lokasi Penelitian.....	44
Gambar 13. Titik Pengambilan Sampel Sungai.....	51
Gambar 14. Peta Pembagian Segmen sub DAS Siwaluh dan Lokasi Sampling... 53	
Gambar 15. Bagan perhitungan DTBP menggunakan QUAL2K.....	61
Gambar 16. Alur Penelitian.....	62
Gambar 17. Peta Administratif Sungai Siwaluh.....	64
Gambar 18. Peta Curah Hujan Kabupaten Karanganyar.....	66
Gambar 19. Peta Kelerengan Kabupaten Karanganyar.....	68
Gambar 20. Peta Sungai Kabupaten Karanganyar.....	70
Gambar 21. Proses Pembuatan Peta Penggunaan Lahan sub DAS Siwaluh.....	78
Gambar 22 Peta Penggunaan Lahan pada Daerah Hulu sub DAS Siwaluh.....	80
Gambar 23. Peta Penggunaan Lahan pada Segmen 1 sub DAS Siwaluh.....	82
Gambar 24. Peta Penggunaan Lahan pada Segmen 2 sub DAS Siwaluh.....	84
Gambar 25. Peta Penggunaan Lahan pada Segmen 3 sub DAS Siwaluh.....	86
Gambar 26. Peta Penggunaan Lahan pada Segmen 4 sub DAS Siwaluh.....	88
Gambar 27. Peta Penggunaan Lahan pada Segmen 5 sub DAS Siwaluh.....	90
Gambar 28. Peta Penggunaan Lahan pada Segmen 6 sub DAS Siwaluh.....	92
Gambar 29. Komposisi Penggunaan Lahan Budidaya pada DAS Siwaluh.....	97

Gambar 30. Grafik Beban Pencemaran <i>Non-Point Source</i> .....	97
Gambar 31. Grafik Beban Pencemaran <i>Point Source</i> .....	98
Gambar 32. Komposisi Beban Pencemaran <i>Non-point sources</i> – TSS. ....	99
Gambar 33. Komposisi Beban Pencemaran <i>Non-point sources</i> – BOD.....	100
Gambar 34. Komposisi Beban Pencemaran <i>Non-point sources</i> – COD.....	100
Gambar 35. Tren Kulit Air Sungai Siwaluh Hilir tahun 2010-2014 .....	102
Gambar 36. Profil penampang Sungai Siwaluh .....	104
Gambar 37. Grafik Elevasi Sungai Siwaluh .....	106
Gambar 38. Grafik trend TSS .....	109
Gambar 39. Grafik Trend BOD .....	109
Gambar 40. Grafik Tren COD .....	110
Gambar 41. Indeks Pencemaran Sungai Siwaluh .....	111
Gambar 42. Peta Status Pencemaran Sungai Siwaluh .....	113
Gambar 43. Normal P-P Plot untuk Parameter TSS, COD dan BOD.....	125
Gambar 44. Trend DTBP terhadap baku mutu air-TSS.....	126
Gambar 45. Trend DTBP terhadap baku mutu air-BOD .....	128
Gambar 46. Trend DTBP terhadap baku mutu air-COD .....	130
Gambar 47. <i>Cause Effect Diagram</i> : Pencemaran Air Sungai Siwaluh.....	132
Gambar 48. Skema Rekomendasi .....	133
Gambar 49. Prinsip Umum IPAL .....	135
Gambar 50. Citra Google Earth: Jarak IPAL yang dekat dari Badan Air.....	136
Gambar 51. Citra Google Earth: Jarak IPAL yang jauh dari Badan Air.....	137
Gambar 52. Skema Pengelolaan Limbah Domestik IHCW .....	139
Gambar 53. Penetapan Kelas Sungai Bengawan Solo .....	144
Gambar 54. Skema Kondisi Sungai Siwaluh .....	144
Gambar 55. Model Pemukiman berbasis kepadatan penduduk .....	147

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Pola Drainase Sungai dan Karakteristiknya.....	9
Tabel 2. Perbedaan antara <i>Point Source</i> dan <i>Non-Point Sources</i> .....	15
Tabel 3. Jenis dan Sumber Data <i>Point Sources</i> .....	18
Tabel 4. Jenis dan Sumber Data <i>Non-Point Sources</i> .....	19
Tabel 5. Nilai Faktor Emisi untuk setiap Parameter .....	20
Tabel 6. Nilai Rasio Ekuivalensi.....	20
Tabel 7. Nilai <i>River Reaching Coefficient</i> ( $\alpha$ ).....	21
Tabel 8. Hubungan Jarak Sungai dengan $\alpha$ .....	21
Tabel 9. Nilai Faktor Emisi Pertanian.....	22
Tabel 10. Nilai Faktor Emisi Peternakan .....	22
Tabel 11. Nilai Faktor Emisi Hotel dan Rumah Sakit .....	23
Tabel 12. Nilai Faktor Emisi UKM .....	23
Tabel 13. Kelas Air sesuai Peruntukan. ....	30
Tabel 14. Hubungan Nilai Indeks Pencemaran dengan Mutu Air .....	32
Tabel 15. Variabel Penelitian, Jenis Data dan Sumber Data.....	45
Tabel 16. Pembagian Segmen pada sub DAS Siwaluh.....	52
Tabel 17. Penentuan Lokasi Sampling.....	55
Tabel 18. Curah Hujan pada Stasiun Pemantauan .....	65
Tabel 19. Ketinggian Wilayah Kabupaten Karanganyar .....	67
Tabel 20. Desa pada Kecamatan Karangpandan.....	71
Tabel 21. Desa pada Kecamatan Matesih .....	72
Tabel 22. Kelurahan pada Kecamatan Karanganyar.....	74
Tabel 23. Desa pada Kecamatan Tasikmadu .....	75
Tabel 24. Desa pada Kecamatan Jaten .....	76
Tabel 25. Desa pada Kecamatan Kebakkramat.....	77
Tabel 26. Desa/Kelurahan penyusun segmen Hulu Sungai .....	79
Tabel 27. Desa/Kelurahan penyusun segmen 1 .....	81
Tabel 28. Desa/Kelurahan penyusun segmen 2 .....	83
Tabel 29. Desa/Kelurahan penyusun segmen 3 .....	85

Tabel 30. Desa/Kelurahan penyusun segmen 4 .....	87
Tabel 31. Desa/Kelurahan penyusun segmen 5 .....	89
Tabel 32. Desa/Kelurahan penyusun segmen 6 .....	91
Tabel 33. Beban Pencemaran <i>Point Source</i> .....	93
Tabel 34. Beban Pencemaran <i>Non-Point Source</i> pada Segmen 1.....	94
Tabel 35. Beban Pencemaran <i>Non-Point Source</i> pada Segmen 2.....	94
Tabel 36. Beban Pencemaran <i>Non-Point Source</i> pada Segmen 3.....	95
Tabel 37. Beban Pencemaran <i>Non-Point Source</i> pada Segmen 4.....	95
Tabel 38. Beban Pencemaran <i>Non-Point Source</i> pada Segmen 5.....	95
Tabel 39. Beban Pencemaran <i>Non-Point Source</i> pada Segmen 6.....	96
Tabel 40. Rekap Pemantauan Sungai Siwaluh Musim Kemarau 2010-2014 .....	103
Tabel 41. Pengukuran <i>in-situ</i> Sungai Siwaluh .....	105
Tabel 42. Elevasi dan <i>channel slope</i> Sungai Siwaluh.....	106
Tabel 43. Klasifikasi koefisien kekasaran manning.....	107
Tabel 44. Koefisien kekasaran manning per segmen.....	107
Tabel 45. Hasil Uji Kualitas Air Sungai Siwaluh Tahun 2015 .....	108
Tabel 46. Indeks Pencemaran Sungai Siwaluh pada Baku Mutu Kelas II.....	111
Tabel 47. Nilai Beban Pencemaran per Luas Area .....	112
Tabel 48. Klasifikasi Indeks Pencemaran Sungai Siwaluh.....	112
Tabel 49. Nilai Variabel Bebas dan Terikat untuk Parameter TSS.....	114
Tabel 50. <i>Output</i> SPSS: Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov TSS .....	115
Tabel 51. <i>Output</i> SPSS: ANOVA parameter TSS .....	115
Tabel 52. <i>Output</i> SPSS: Koefisien model Regresi parameter TSS .....	115
Tabel 53. Hasil Uji Balik parameter TSS.....	117
Tabel 54. Nilai Variabel Bebas dan Terikat untuk Parameter BOD .....	118
Tabel 55. <i>Output</i> SPSS: Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov BOD.....	118
Tabel 56. <i>Output</i> SPSS: ANOVA parameter BOD.....	119
Tabel 57. <i>Output</i> SPSS: Koefisien model Regresi parameter BOD .....	119
Tabel 58. Hasil Uji Balik Parameter BOD.....	120
Tabel 59. Nilai Variabel Bebas dan Terikat untuk Parameter COD .....	121
Tabel 60. <i>Output</i> SPSS: Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov COD.....	122

Tabel 61. <i>Output</i> SPSS: ANOVA parameter COD.....	122
Tabel 62. <i>Output</i> SPSS: Koefisien model Regresi parameter COD .....	122
Tabel 63. Hasil Uji Balik Parameter COD.....	124
Tabel 64. Nilai DTBP parameter TSS .....	126
Tabel 65. Selisih nilai DTBP Model dan Kualitas Air parameter TSS.....	127
Tabel 66. Nilai DTBP parameter BOD .....	128
Tabel 67. Selisih nilai DTBP Model dan Kualitas Air parameter BOD .....	129
Tabel 68. Nilai DTBP parameter COD .....	130
Tabel 69. Selisih nilai DTBP Model dan Kualitas Air parameter COD .....	131

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Penggunaan Ruang Kabupaten Karanganyar .....	158
Lampiran 2. Perhitungan Beban Pencemaran Limbah Domestik .....	159
Lampiran 3. Perhitungan Beban Pencemaran Sampah .....	161
Lampiran 4. Perhitungan Beban Pencemaran Pertanian .....	163
Lampiran 5. Perhitungan Beban Pencemaran Peternakan .....	165
Lampiran 6. Perhitungan Beban Pencemaran UMKM dan Hotel.....	167
Lampiran 7. Penggunaan <i>Software</i> QUAL2K .....	168
Lampiran 8. Transkrip Wawancara.....	172
Lampiran 9. Data <i>In-situ</i> Hulu Sungai .....	176
Lampiran 10. Data <i>In-situ</i> Segmen 1 .....	177
Lampiran 11. Data <i>In-situ</i> Segmen 2 .....	178
Lampiran 12. Data <i>In-situ</i> Segmen 3 .....	179
Lampiran 13. Data <i>In-situ</i> Segmen 4 .....	180
Lampiran 14. Data <i>In-situ</i> Segmen 5 .....	181
Lampiran 15. Data <i>In-situ</i> Segmen 6 .....	182
Lampiran 16. Hasil Laboratorium.....	183
Lampiran 17. Foto Alat dan Bahan .....	186
Lampiran 18. Foto Lapangan Segmen 1-6.....	187
Lampiran 19. Hasil Sampling .....	190

## ABSTRAK

Alih fungsi lahan merupakan aktivitas manusia yang berdampak besar pada perubahan kualitas air. Penggunaan lahan untuk industri, pertanian dan pemukiman telah mengubah karakteristik hidrologis air permukaan yang menyebabkan penurunan kualitas air. Pembangunan intensif industri, pertanian dan pemukiman di Kabupaten Karanganyar mengakibatkan penambahan polutan yang mencemari Sungai Siwaluh. Pencemar *point source* berasal dari IPAL Industri dan Rumah Sakit sedangkan pencemar *non-point source* berasal dari limbah domestik, pertanian, peternakan, sampah dan industri tanpa IPAL. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui beban pencemaran yang ditimbulkan akibat penggunaan lahan, kondisi kualitas air, pengaruh beban pencemaran terhadap kualitas air dan Daya Tampung Beban Pencemaran sehingga dapat diformulasikan upaya pengendalian pencemaran yang tepat. Batas penelitian menggunakan batas hidrologis yang membagi sub DAS Siwaluh menjadi 6 segmen berdasarkan penggunaan lahan dan sumber pencemar. Parameter kunci kualitas air yaitu TSS, BOD, dan COD. Perhitungan beban pencemar *point source* menggunakan pendekatan langsung berdasarkan data pemantauan IPAL sedangkan beban *non-point source* dihitung menggunakan pendekatan faktor emisi dan Sistem Informasi Geografis. Analisis kualitas air menggunakan sample sesaat pada 6 lokasi sample. Metode Indeks Pencemaran digunakan untuk menentukan mutu kualitas air. Daya Tampung Beban Pencemaran dihitung menggunakan model QUAL2Kw. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban pencemaran *point source* terbesar pada segmen 6 sedangkan *non-point source* terbesar pada segmen 3. Segmen 6 memiliki tingkat kualitas air paling buruk dengan kategori cemar berat. Beban pencemaran *point source* lebih mempengaruhi tingkat kualitas air dibanding *non-point source*. Dari semua segmen, Daya Tampung Beban Pencemaran pada segmen 6 terlampaui pada semua parameter sedangkan pada segmen 1 hanya terlampaui pada parameter TSS. Upaya Pengendalian Pencemaran Air diformulasikan berdasarkan beban pencemaran, kualitas air dan daya tampung beban pencemar yang menghasilkan rekomendasi teknis dan non teknis.

## ABSTRACT

Land conversion is one of the human activities having major impact on water quality degradation. Land use for industrial, agricultural, and residential has changed the hydrologic characteristics of the surface water causing water pollution. Intensive development of industry, agriculture and settlement in Karanganyar led to the addition of waste that pollute the Siwaluh River. Point source pollution derived from industrial and hospitals waste water while non-point sources pollution came from domestic waste, agricultural and other sources. This study aimed to determine pollution load caused by land use, water quality condition, total maximum daily load value, relationship between pollution load and water quality and water pollution control recommendation. Boundaries of research using hydrological boundaries where Siwaluh Watershed divided into six segments based on land use and pollution source. Key parameters for water quality analysis used are TSS, BOD and COD. Calculation of point sources pollution load using the direct estimation method of monitoring data Wastewater Treatment Plant (WWTP) while non-point sources pollution load using the estimation method based on the emission factors and Geographic Information System. Water quality analysis is using grab sample at 6 point of sample. River pollution index (RPI) method is used to determine water pollution. Total Daily Maximum Load (TMDL) estimated using QUAL2Kw Model. Water Pollution Control Policy determined based on QUAL2Kw Simulation. The results show that the largest point source pollution load is segment 6 while largest non-point sources pollution load is segment 3. Reach 6 has the worst water pollution with heavy polluted category. It's also known that the burden of non-point sources pollution load does not significantly affect water quality compared to the point source pollution load in the same units. Segment 6 has exceed the TMDL value with large deficit fom all key parameter, surprislyly segment 1 also exceed the TMDL Value for TSS parameter. Water Pollution Control based on Pollution Load caused by Land Use, Water Quality Analysis and TMDL value at Siwaluh River has two type recommendation, technical dan non-technical recommendation.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Air merupakan sumber daya yang penting dan memiliki jumlah yang terbatas. Kualitas air merupakan isu utama dalam pengembangan sumber daya air karena setiap perubahan dalam kualitas air akan berdampak signifikan terhadap lingkungan (Botkin and Keller, 2011). Kualitas air mencakup keadaan fisik, kimia dan biologi yang dapat mempengaruhi ketersediaan air untuk kehidupan manusia, pertanian, industri, rekreasi dan pemanfaatan air untuk kepentingan umat manusia lainnya (Asdak, 2014).

Alih fungsi lahan merupakan aktivitas manusia yang paling berdampak besar pada perubahan kualitas air pada sistem hidrologi (Bai et al., 2008; Fisher et al., 2000). Konversi lahan untuk keperluan pertanian, industri dan pemukiman secara signifikan mengubah karakteristik hidrologi tanah serta mengubah jalur dan tingkat aliran air permukaan. Perkembangan intensif industri, pertanian dan urbanisasi menyebabkan penambahan jumlah polutan dan limbah yang mencemari sungai. Peningkatan limbah yang tidak mampu diurai ke dalam badan air mengakibatkan penurunan kualitas air secara umum (Nakhaei and Shahidi, 2010). Pembuangan limbah pertanian, rumah tangga dan industri dengan sedikit ataupun tanpa pengolahan terlebih dulu merupakan praktek yang terjadi hampir di seluruh dunia terutama negara berkembang (Hadgu et al., 2014).

Sumber pencemaran air dapat berupa *point sources* (sumber tertentu) maupun *non-point sources* (sumber tak tentu). Pencemaran yang berasal dari *point sources* berasal dari saluran yang lokasinya dapat diidentifikasi dengan mudah dan dipantau, misalnya saluran pembuangan dari Instalasi Pembuangan Air Limbah (IPAL). Pencemaran air yang berasal dari *non-point sources* lebih sulit untuk diidentifikasi dan diukur karena berasal dari sumber yang sudah membur dan tersebar dalam area yang luas sehingga penilaian pencemaran air dari *non-point sources* lebih rumit. Beberapa *non-point sources* utama yaitu: (1) air larian air pada lahan pertanian (sedimen, bakteri, pupuk dan pestisida); (2) air larian dari

pemukiman (minyak lemak, bahan kimia beracun, logam berat, kuman dan sedimen); (3) deposisi dari atmosfer (bahan kimia beracun, nutrien, dan asam); dan (4) rembesan air tanah (nutrien dan bahan kimia beracun). Air larian membawa berbagai bahan pencemar yang bermuara pada badan air sehingga berdampak pada sistem hidrologi terutama dari segi kualitas air (Ji, 2008). Aspek tata ruang menjadi penting dalam penilaian pencemaran dari *non-point sources* karena pola penggunaan lahan yang sudah ada terganggu oleh aktivitas manusia sehingga menyebabkan perubahan karakteristik air larian yang mempengaruhi pencemaran air, terutama yang berasal dari *non-point sources*. Pencemaran dari *non-point sources* dihasilkan sebagai fungsi penggunaan lahan dan curah hujan, dimana kedua fungsi tersebut memiliki karakteristik spasial yang kuat dan melekat. Pengambil keputusan harus menyadari pentingnya informasi mengenai dampak hidrologi yang timbul akibat alih fungsi lahan di tingkat lokal dan regional (Bai et al., 2008).

Ada beberapa sungai di Kabupaten Karanganyar yang mengalami pencemaran air akibat pembuangan limbah, salah satunya Sungai Siwaluh. Sungai tersebut merupakan sungai penting di Kabupaten Karanganyar yang memiliki panjang 37 km, melintasi wilayah 6 (enam) kecamatan dengan hilirnya yaitu Sungai Bengawan Solo (BLH Karanganyar, 2014a). Pencemaran Air pada Sungai Siwaluh disebabkan peningkatan aktifitas industri, pertanian maupun pemukiman yang membuang limbahnya ke Sungai Siwaluh. Sumber pencemar *point source* berasal dari IPAL industri dan Rumah Sakit yang berada di sekitar aliran Sungai Siwaluh. Untuk pencemaran *non-point sources* berasal dari limbah rumah tangga, pertanian, peternakan, sampah dan sumber lainnya (BLH Karanganyar, 2014b).

Upaya pengendalian pencemaran air pada Sungai Siwaluh terfokus pada pencemaran *point sources* yaitu pada sektor industri dengan mewajibkan setiap industri memiliki Ijin Pembuangan Limbah Cair (IPLC) pada setiap IPAL. Namun demikian, kualitas air pada Sungai Siwaluh masih rendah terutama pada area hilir sungai (dikenal juga dengan Sungai Sroyo) dimana nilai parameter BOD sebesar 52,8 mg/L hanya memenuhi kriteria mutu air kelas IV sedangkan parameter COD sebesar 153,3 mg/L tidak mampu memenuhi kriteria mutu air kelas I, II, III dan IV (BLH Karanganyar, 2014c). Penetapan kelas air Sungai Siwaluh belum dilakukan

sehingga status mutu sasaran yang harus dicapai Kelas II dan Sungai Bengawan Solo yang menjadi hilir Sungai Siwaluh ditetapkan pada Kelas III. Hal tersebut menyebabkan Sungai Siwaluh seakan menjadi pencemar Sungai Bengawan Solo.

Pemberian ijin IPLC sebagai regulasi pengendalian pencemaran air diatur dalam Peraturan Bupati Karanganyar Nomor 40 Tahun 2009 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pemberian Izin Pembuangan Air Limbah ke Sumber Air di Wilayah Karanganyar. Regulasi tersebut mengacu pada aturan lama dimana pemberian ijin IPLC hanya mempersyaratkan baku mutu air limbah. Berdasarkan regulasi baru yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air, penetapan kebijakan pengendalian pencemaran air minimal harus berdasarkan hasil inventarisasi dan identifikasi sumber pencemaran, daya tampung beban pencemar dan mutu air sasaran.

Umumnya identifikasi beban pencemaran *non-point sources* menggunakan batas administratif wilayah yang kurang sesuai dengan konsep DAS (Ardhani, 2014; Baherem, 2014). Penggunaan batas hidrologis dalam identifikasi beban pencemaran *non-point sources* sungai memberikan hasil yang lebih relevan dibandingkan dengan batas administrasi. Pengendalian pencemaran air melibatkan skala ruang dan waktu yang besar dan berbagai informasi terkait parameter kualitas air. Informasi seperti lokasi sungai, posisi sungai, sebaran pencemar merupakan informasi bersifat data spasial dimana pengelolaan data konvensional tidak mampu mendefinisikan entitas ruang dengan baik (Wang et al., 2012). Fungsi pengelolaan dan representasi data spasial yang dimiliki Sistem Informasi Geografis (SIG) mampu memberikan estimasi beban pencemaran yang lebih terukur terutama untuk sumber pencemaran *non-point sources*. Identifikasi beban pencemaran yang dikombinasikan dengan data hidrologis dan kualitas air, memberikan hasil yang lebih baik dalam mendefinisikan sistem sungai (Amaya et al., 2012). Hal tersebut dapat diakomodir melalui model daya tampung beban pencemaran.

Sungai Siwaluh merupakan sungai yang penting di Kabupaten Karanganyar dan telah mengalami penurunan kualitas air karena Pencemaran Air dari limbah Industri, pertanian dan rumah tangga. Aktivitas manusia berupa dalam bentuk beban pencemaran yang diakibatkan penggunaan lahan mengakibatkan

penurunan kualitas air pada sungai Siwaluh. Untuk itu dibutuhkan upaya pengendalian pencemaran air pada Sungai Siwaluh sebagai upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air dengan mempertimbangkan beban pencemaran dari *point sources* dan *non-point sources* akibat penggunaan lahan, kualitas air dan daya tampung beban pencemaran pada Sungai Siwaluh.

### 1.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Berdasarkan gambaran diatas peneliti mencoba mengidentifikasi permasalahan mengenai pengaruh penggunaan lahan terhadap kualitas air dalam upaya pengendalian pencemaran air pada Sungai Siwaluh Kabupaten Karanganyar berupa pertanyaan penelitian, sebagai berikut:

1. Bagaimana beban pencemaran akibat penggunaan lahan untuk aktivitas industri, pertanian dan rumah pada sub DAS Siwaluh?
2. Bagaimana kondisi kualitas air dan pengaruh penggunaan lahan terhadap kualitas air pada Sungai Siwaluh?
3. Berapakah daya tampung beban pencemaran Sungai Siwaluh?
4. Bagaimana rekomendasi pengendalian pencemaran air dalam upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air pada Sungai Siwaluh?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang, identifikasi dan perumusan masalah yang diuraikan maka penulis dapat merumuskan tujuan penelitian, sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi dan menganalisis beban pencemaran akibat penggunaan lahan untuk aktivitas industri, pertanian dan rumah tangga pada sub DAS Siwaluh.
2. Menganalisis kualitas air dan pengaruh beban pencemaran terhadap kualitas air pada Sungai Siwaluh.
3. Menghitung daya tampung beban pencemaran pada Sungai Siwaluh.
4. Merumuskan rekomendasi pengendalian pencemaran air dalam upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air pada Sungai Siwaluh.

#### 1.4. Manfaat Penelitian

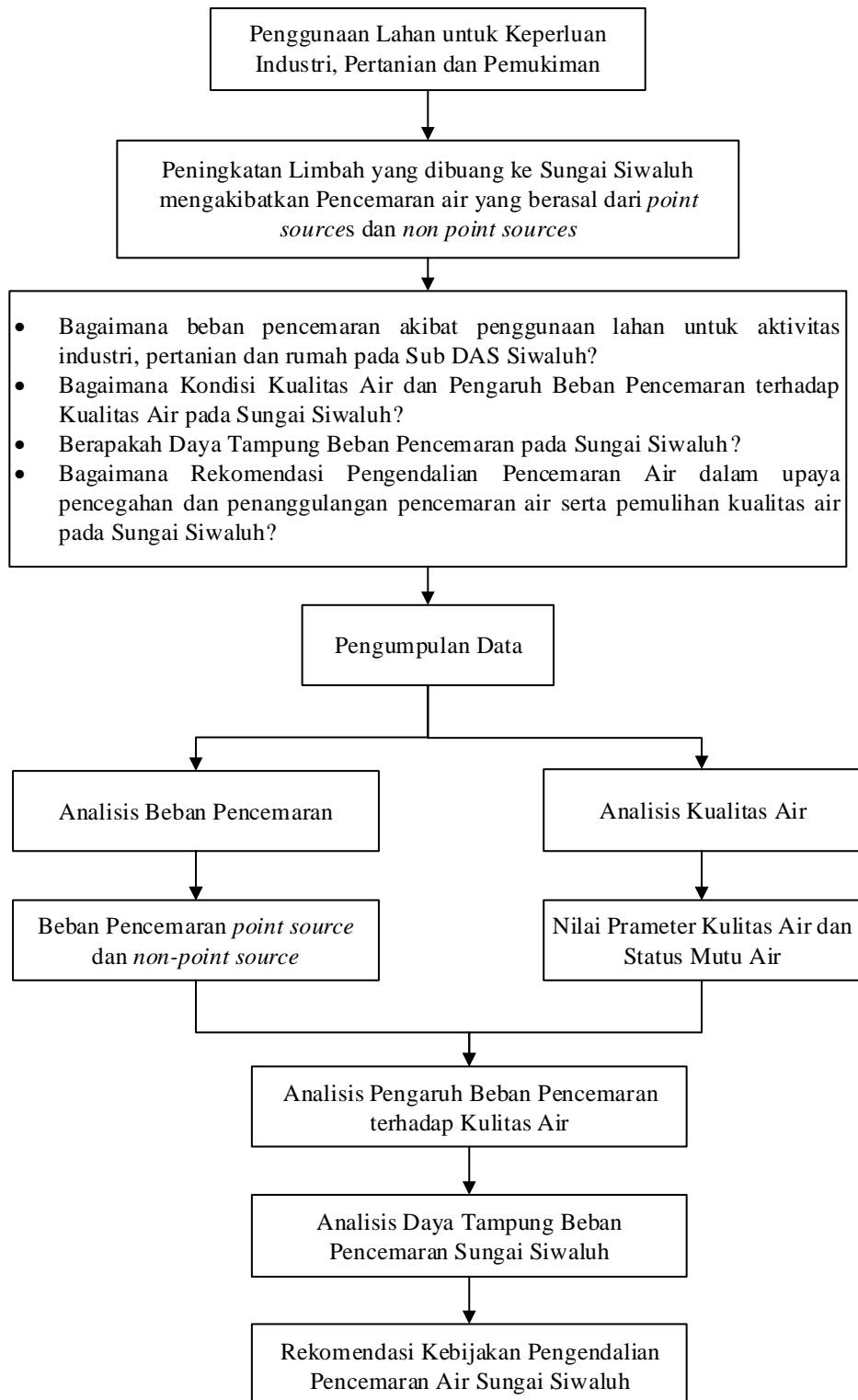
Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Bagi ilmu pengetahuan, sebagai karya ilmiah yang dapat berguna bagi pengembangan kajian dan penelitian lebih lanjut oleh pihak-pihak yang berkepentingan.
2. Bagi masyarakat, sebagai bahan informasi berupa beban pencemaran dari *point sources dan non-point sources* akibat penggunaan lahan, kualitas air dan daya tampung beban pencemaran pada Sungai Siwaluh.
3. Bagi peneliti, meningkatkan kemampuan dalam menganalisis aktivitas industri, pertanian dan rumah tangga yang menyebabkan pencemaran Sungai Siwaluh.
4. Bagi pemerintah, dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.

#### 1.5. Originalitas Penelitian

Penelitian mengenai kajian pengaruh penggunaan lahan terhadap kualitas air dalam upaya pengendalian pencemaran air pada Sungai Siwaluh Kabupaten Karanganyar belum pernah dilakukan. Dalam penelitian sebelumnya, kebijakan pengendalian pencemaran air diformulasikan berdasarkan analisis spasial penggunaan lahan dan sebaran sumber pencemar yang mempengaruhi sistem hidrologi (Latha and Rao, 2010; Wang et al., 2012). Analisis kualitas air menjadi dasar perumusan strategi pengendalian pencemaran air pada sistem Daerah Aliran Sungai (Agustiningsih, 2012; Yuliasuti, 2011). Pendekatan Sistem Informasi Geografis (SIG) digunakan untuk meneliti dampak penggunaan lahan terhadap pencemaran yang disebabkan *non-point sources* (Bai et al., 2008; Fisher et al., 2000). Model QUAL2K digunakan sebagai basis permodelan kualitas air sungai dan untuk mengetahui nilai daya tampung beban pencemaran Sungai serta melakukan simulasi kebijakan pengendalian pencemaran air permukaan namun perhitungan beban pencemaran masih menggunakan batas administratif (Ardhani, 2014; Baherem, 2014; Elsayed, 2014).

## 1.6. Kerangka Pikir



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

## BAB II

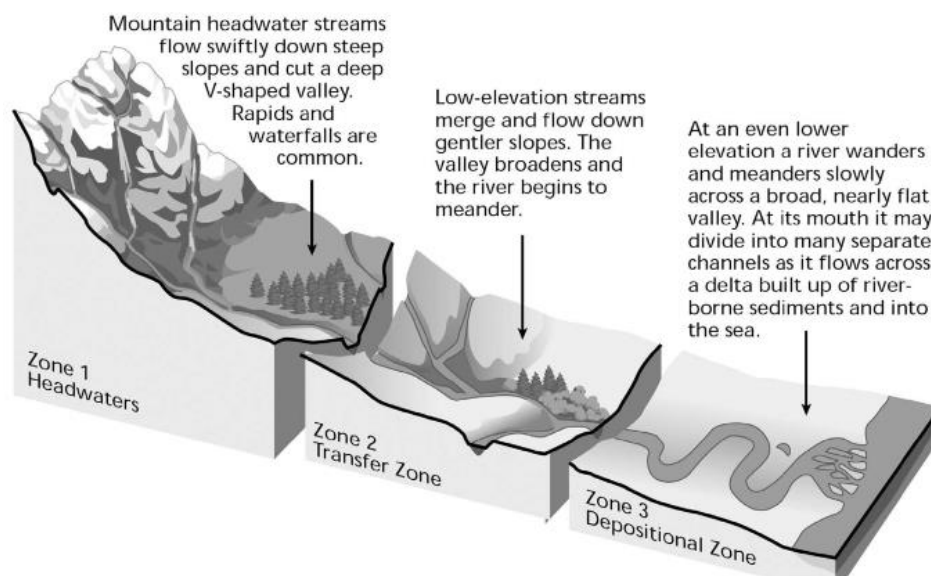
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Sungai dan Daerah Aliran Sungai (DAS)

Sungai adalah badan air yang mengalir secara alami menuju laut, danau ataupun sungai lainnya. Anak sungai adalah sungai atau aliran yang mengalir ke dalam badan air yang lebih besar seperti sungai induk, danau atau muara. Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya (Ji, 2008).

##### 2.1.1. Karakteristik Sungai

Aktivitas manusia dan perubahan kondisi iklim dan hidrologi mengakibatkan perubahan karakteristik sungai secara signifikan dari waktu ke waktu. Variasi sungai dipengaruhi oleh keadaan morfologi, hidrolik, dan ekologi karakteristik, termasuk (1) kemiringan sungai, lebar dan kedalaman; (2) aliran tingkat dan kecepatan aliran; (3) suhu air; (4) transportasi sedimen dan kontaminan deposis; dan (5) kandungan aliran dan proses eutrofikasi.



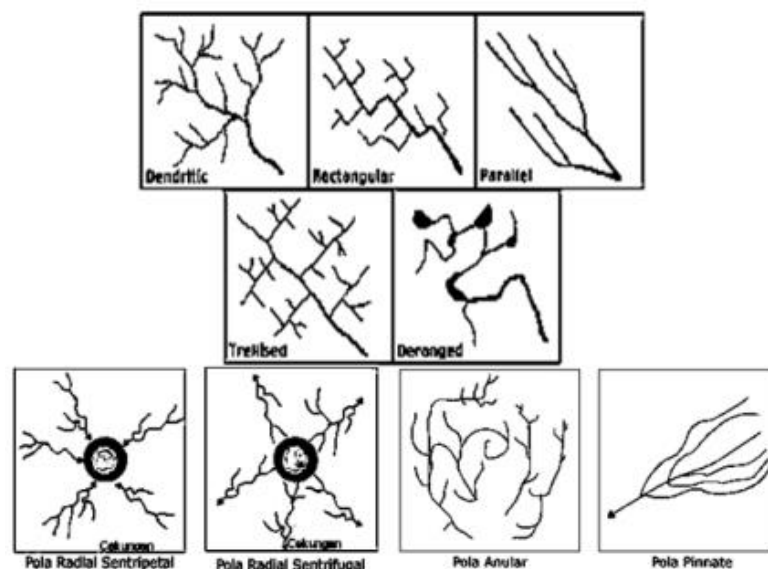
Gambar 2. Profil Longitudinal Sungai  
Sumber: Ji, 2008

Sungai terbagi dari mulai sungai dalam yang lambat sampai sungai pegunungan yang sangat cepat. Secara umum Profil Longitudinal Sungai terbagi 3

yaitu *Headwater Zone*, *Transfer Zone* dan *Depositional Zone* yang ditunjukkan pada Gambar 2. Sungai mengalir dari hulu (*headwater*) yang dapat berupa sumber mata air alami maupun pencairan gletsers sehingga seringkali daerah hulu sungai memiliki arus yang deras dan daerah yang curam karena berada di lereng gunung. Pada umumnya daerah hulu mempunyai kualitas air yang lebih baik daripada daerah hilir. Dari sudut pemanfaatan lahan, daerah hulu relatif sederhana dan bersifat alami seperti hutan dan perkampungan kecil. Semakin ke arah hilir keragaman pemanfaatan lahan meningkat. Sejalan dengan hal tersebut suplai limbah cair dari daerah hulu yang menuju daerah hilir pun menjadi meningkat. Pada akhirnya daerah hilir merupakan tempat akumulasi dari proses pembuangan limbah cair yang dimulai dari hulu (Ji, 2008).

#### 2.1.2. Pola Drainase Daerah Aliran Sungai

Kegiatan erosi dan tektonik yang menghasilkan bentuk - bentuk lembah sebagai tempat pengaliran air, selanjutnya akan membentuk pola - pola tertentu yang disebut sebagai pola aliran. Pola aliran ini sangat berhubungan dengan jenis batuan, struktur geologi kondisi erosi dan sejarah bentuk bumi. Sistem pengaliran yang berkembang pada permukaan bumi secara regional dikontrol oleh kemiringan lereng, jenis dan ketebalan lapisan batuan, struktur geologi, jenis dan kerapatan vegetasi serta kondisi iklim.



Gambar 3. Pola Drainase Sungai

Sumber: Zuidam, 1986

Deskripsi formal tentang pola drainase belum dibakukan. Menurut penelitian yang telah dilakukan dalam skala DAS, pola drainase tampaknya mempunyai peranan lebih menentukan daripada kerapatan drainase dalam mempengaruhi besarnya debit puncak dan lama waktu berlangsungnya debit puncak tersebut (Asdak, 2014).

Pola pengaliran sangat mudah dikenal dari peta topografi atau foto udara, terutama pada skala yang besar. Pola aliran sungai apabila dilihat dari atas tampak menyerupai beberapa bentuk dapat dilihat pada Gambar 3. Percabangan-percabangan yang kecil pada permukaan bumi akan tampak dengan jelas, sedangkan pada skala menengah akan menunjukkan pola yang menyeluruh sebagai cerminan jenis batuan, struktur geologi dan erosi. Pola pengaliran pada batuan yang berlapis sangat tergantung pada jenis, sebaran, ketebalan dan bidang perlapisan batuan serta geologi struktur seperti sesar, kekar, arah dan bentuk perlipatan (Zuidam, 1986). Tabel 1 menjelaskan pola drainase sungai dan karakteristiknya.

Tabel 1. Pola Drainase Sungai dan Karakteristiknya

No	Pola Drainase	Karakteristik
1.	Dendritik	Aliran dendritik seperti percabangan pohon, percabangan tidak teratur dengan arah dan sudut yang beragam. Berkembang di batuan yang homogen dan tidak terkontrol oleh struktur, umumnya pada batuan sedimen dengan perlapisan horisontal, atau pada batuan beku dan batuan kristalin yang homogen
2.	Rectangular	Pola aliran dari pertemuan antara alirannya membentuk sudut siku-siku atau hampir siku-siku. Pola aliran ini berkembang pada daerah rekahan dan patahan
3.	Paralel	Anak sungai utama saling sejajar / hampir sejajar, bermuara pada sungai-sungai utama dengan sudut lancip, langsung bermuara ke laut. Berkembang di lereng yang terkontrol oleh struktur (lipatan monoklinal, isoklinal, sesar yang saling sejajar dengan spasi yang pendek) atau dekat pantai.
4.	Trellis	Percabangan anak sungai dan sungai utama hampir tegak lurus, sungai-sungai utama sejajar /hampir sejajar. Berkembang di batuan sedimen terlipat atau terungkit dengan litologi yang berselang-seling antara yang lunak dan resisten.

5.	Deranged	Pola aliran yang tidak teratur dengan sungai dengan sungai pendek yang arahnya tidak menentu, payau dan pada daerah basah mencirikan daerah glacial bagian bawah.
6.	Radial Sentrifugal	Sungai yang mengalir ke segala arah dari satu titik. Berkembang pada vulkan atau dome.
7.	Radial Centripetal	Sungai yang mengalir memusat dari berbagai arah. Berkembang di kaldera, <i>crater</i> , atau cekungan tertutup lainnya
8.	Annular	Sungai utama melingkar dengan anak sungai yang membentuk sudut hampir tegak lurus. Berkembang di dome dengan batuan yang berseling antara lunak dan keras.
9.	Pinnate	Aliran sungai yang mana muara anak sungai membentuk sudut lancip dengan sungai induk. Sungai ini biasanya terdapat pada bukit yang lerengnya terjal.

Sumber: Zuidam, 1986

### 2.1.3. Batas Hidrologis

Batas Hidrologis adalah ruang persebaran wilayah yang media transportasi air dari wilayah tersebut akan mengalir menuju segmen yang diteliti, dimana komponen-komponen lingkungan berproses secara alami di dalam ruang tersebut dan saling memberikan pengaruh sehingga menghasilkan perubahan yang mendasar. Dengan demikian batas hidrologis ini didasarkan pada sebaran dampak melalui media air pada satu satuan ekosistem tertentu. Batas administrasi adalah ruang dimana masyarakat dapat secara leluasa melakukan kegiatan sosial ekonomi dan sosial budaya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku di dalam ruang (wilayah) administrasi tersebut

### 2.2. Pencemaran Air

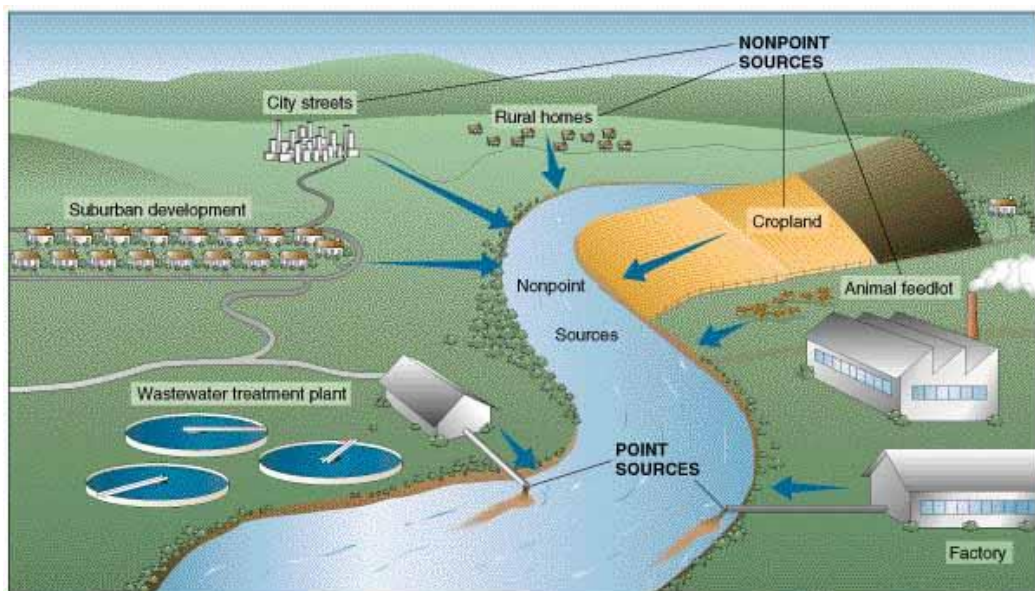
Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran air, Pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai peruntukannya.

Air dikatakan tercemar apabila kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu dikarenakan kadar zat atau energi yang ada di dalam air tersebut telah melebihi

kadar yang ditenggang keberadaannya dalam air sehingga dikatakan air telah melebihi baku mutu yang ditetapkan sehingga tidak bisa digunakan sesuai peruntukannya.

### 2.2.1. Sumber Pencemaran Air

Sumber pencemar yang masuk ke perairan berasal dari buangan limbah yang dibedakan menjadi *point source* (sumber titik) dan *non-point source* (sumber memanjang) seperti pada Gambar 4. *Point source* berasal dari sumber yang dapat diketahui secara pasti berupa limbah hasil kegiatan industri. *Non-point source* berasal dari sumber yang tidak diketahui secara pasti berupa buangan kegiatan pertanian yang mengandung pupuk dan pestisida serta dari limbah cair kegiatan domestik yaitu permukiman, perdagangan, dan perkantoran (Asdak, 2014).



Gambar 4. Ilustrasi *Point Source* dan *Non-Point Sources*

Sumber : Gende, 2015

Pencemaran yang terjadi dalam air sungai dapat disebabkan oleh pencemar organik maupun pencemar anorganik. Pencemar organik dapat meningkatkan kandungan BOD dalam air sungai yang mengindikasikan telah terjadi penurunan kualitas air. Pencemar organik sebagian besar berasal dari buangan kegiatan pertanian dan limbah cair kegiatan domestik sedangkan pencemar anorganik sebagian besar berasal dari buangan kegiatan industri (Suharto, 2011).

### 2.2.2. Karakteristik *Point Sources*

*Point source* adalah sumber pencemaran yang dapat dikaitkan dengan lokasi yang spesifik dan mudah diidentifikasi karena biasanya keluar dari sebuah pipa pembuangan. Contohnya termasuk Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada limbah domestik, IPAL industri, IPAL pada fasilitas peternakan dan lain sebagainya (Ji, 2008).

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Air, *point sources* merupakan sumber-sumber pencemar air secara geografis dapat ditentukan lokasinya dengan tepat. Jumlah limbah yang dibuang dapat ditentukan dengan berbagai cara, antara lain dengan pengukuran langsung, penghitungan neraca massa, dan estimasi lainnya. Sumber pencemar air yang berasal dari *point sources* antara lain seperti kegiatan industri dan pembuangan limbah domestik terpadu. Data pencemaran air dari sumber tertentu biasanya diperoleh dari informasi yang dikumpulkan dan dihasilkan pada tingkat kegiatan melalui pengukuran langsung dari efluen dan perpindahannya, atau melalui penggunaan metode untuk memperkirakan atau menghitung besar pencemaran air.

Regulasi mengenai pencemaran *point sources* di Indonesia diatur melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air. Kewenangan Pemberian Ijin Pembuangan Limbah ke dalam badan air dilimpahkan kepada Bupati/Walikota dengan pembinaan dari Menteri/Gubernur. Ijin Pembuangan Limbah Cair ke badan air di Kabupaten Karanganyar diatur melalui Peraturan Bupati Nomor 40 Tahun 2009 tentang Ijin Pembuangan Limbah Cair (IPLC). Beban pencemar *point source* dapat ditentukan dari laporan pemantauan debit yang menurut regulasi tersebut, perusahaan yang mengantongi IPLC diwajibkan melaporkan hasil pemantauan air limbahnya setidaknya 3 bulan sekali kepada Badan Lingkungan Hidup tingkat kabupaten.

### 2.2.3. Karakteristik *Non-point Sources*

Berbeda dengan *point sources*, *non-point sources* berasal dari berbagai lokasi yang tersebar luas atau sumber yang memiliki titik asal yang sukar didefinisikan dan secara kumulatif, mengancam kualitas air dan sistem alam.

Definisi umum dari *non-point sources* adalah sesuatu yang bukan *point sources*. Contoh *non-point sources* termasuk pertanian, konstruksi, peternakan, hutan, pekebunan, air larian pemukiman dan lain sebagainya. *Non-point sources* juga dapat berasal dari atmosfer, contohnya termasuk pelarutan akibat penggunaan pupuk berlebih dari lahan pertanian dan hujan asam. Setiap *non-point sources* tersebut secara individual mungkin tidak menjadi ancaman serius, tetapi bersama-sama *non-point sources* secara signifikan akan membahayakan badan air penerima baik sungai, danau ataupun rawa.

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Air, *non-point sources* adalah sumber-sumber pencemar air yang tidak dapat ditentukan lokasinya secara tepat, umumnya terdiri dari sejumlah besar sumber-sumber individu yang relatif kecil. Limbah yang dihasilkan antara lain berasal dari kegiatan pertanian, pemukiman, dan transportasi. Penentuan jumlah limbah yang dibuang tidak dapat ditentukan secara langsung, melainkan dengan menggunakan data statistik kegiatan yang menggambarkan aktivitas penghasil limbah.

*Non-point sources* atau *diffuse sources* biasanya berasal dari kegiatan pertanian, peternakan, kegiatan industri kecil-menengah, dan kegiatan domestik/penggunaan barang-barang konsumsi. Sumber-sumber pencemar air ini umumnya terdiri dari gabungan beberapa kegiatan kecil atau individual yang berpotensi menghasilkan air limbah yang dalam kegiatan inventarisasi sumber pencemar air tidak dapat dikelompokkan sebagai sumber tertentu.

*Non-point source* menunjukkan kontribusi yang berarti pada total nasional, sehingga keterlibatannya merupakan pertimbangan penting dalam inventarisasi nasional di Amerika Serikat. Sebagai contoh di daerah yang mengintensifkan kegiatan pertanian dengan melibatkan penggunaan bahan agrokimia dalam skala besar, atau di daerah yang memiliki banyak kegiatan industri kecil, sumber-sumber kecil ini memberikan kontribusi dalam total yang dihasilkan oleh kegiatan industri (Ji, 2008). Dalam beberapa kasus, menghitung besar kontribusi sumber pencemar air tak tentu dalam inventarisasi sumber pencemar air nasional sangatlah diperlukan untuk memperoleh gambaran total secara nasional. Kontribusi pencemar dari

sumber tak tentu dan dampak potensialnya terhadap kesehatan dan lingkungan menjadi hal penting dalam tingkat regional. Sebagai contoh, di beberapa kota yang memiliki sejumlah besar industri kecil yang beroperasi diantara daerah pemukiman maka inventarisasi sumber pencemar air tak tentu akan menjadi data yang berharga bagi studi dampak dan penerapan peraturan perundang-undangan yang berkaitan.

Untuk memperkirakan tingkat pencemaran air yang timbul akibat *non-point sources* membutuhkan pendekatan dan jenis data yang berbeda dibandingkan memperkirakan besaran tingkat pencemaran yang timbul akibat *point source*. Sumber-sumber informasi untuk memperkirakan kontribusi *non-point sources* adalah data statistik kegiatan-kegiatan ekonomi, data kependudukan, data penginderaan jarak jauh, faktor emisi dan data teknis. Peralatan yang memfasilitasi perkiraan dari *non-point source* adalah sistem informasi geografis (SIG) dan model komputer (seperti model aliran hidrologi dan QUAL2K)

Berdasarkan regulasi mengenai Pengendalian Pencemaran Air dari tingkat nasional dan daerah lebih memfokuskan pada pengelolaan *point sources* dan berhasil memaksa pelaku usaha untuk memiliki IPAL yang memenuhi baku mutu. Namun demikian, banyak badan air baik sungai maupun danau masih belum memenuhi standar kualitas air, bahkan dengan standar debit semakin ketat. Masyarakat telah secara bertahap mulai memahami bahwa sumber dominan polutan di banyak perairan adalah dari *non-point sources*, bukan dari *point sources* yang keluar dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). *Point sources* dan *non-point sources* sama-sama berkontribusi terhadap pencemaran air, pengendalian *non-point sources* seringkali memerlukan manajemen kompleks yang dominan dan mutakhir.

Beberapa *non-point sources* utama yaitu: (1) air larian air pada lahan pertanian (sedimen, bakteri, pupuk dan pestisida); (2) air larian dari pemukiman (minyak lemak, bahan kimia beracun, ogam berat, kuman dan sedimen); (3) deposisi dari atmosfer (bahan kimia beracun, nutrien, dan asam); dan (4) rembesan air tanah (nutrien dan bahan kimia beracun). Air larian membawa berbagai bahan pencemar yang bermuara pada badan air sehingga berdampak pada sistem hidrologi terutama dari segi kualitas air (Ji, 2008).

Sektor pertanian merupakan penyumbang *non-point sources* dari penggunaan pupuk dan pertisida kimia. Air larian dari pemukiman yang mempengaruhi badan air yang digunakan oleh banyak orang. Polutan dari deposisi atmosfer mencapai penerima perairan melalui deposisi langsung ke air atau deposisi dan pencucian berikutnya dari DAS. Curah hujan membawa polutan dari atmosfer dan melalui tanah. Air larian membawa polutan dan deposit ke perairan penerima. Bahan kimia beracun, nutrien, dan logam berat biasanya tersimpan pada tanah di area permukiman. Air tanah dapat membawa berbagai bahan beracun tersebut ke badan air dan berkontribusi terhadap pencemaran.

#### 2.2.4. Perbedaan *Point Sources* dan *Non-point Sources*

Secara signifikan, *non-point sources* berbeda dengan *point sources* dalam distribusi ruang dan waktu. *Non-point sources* sering melibatkan transportasi yang kompleks melalui tanah, air, dan udara. *Non-point sources* lebih luas dan sulit untuk diidentifikasi dan diukur dari *point sources*. Dengan demikian, solusi untuk pencemaran *non-point sources* lebih sulit. Tabel 2 merangkum perbedaan utama antara *point sources* dan *non-point sources*.

Tabel 2. Perbedaan antara *Point Source* dan *Non-Point Sources*

Karakteristik	<i>Point Sources</i>	<i>Non-point Sources</i>
Variasi waktu	Relatif tetap	Berubah-ubah
Besarnya aliran	Sedikit bervariasi	Sangat bervariasi
Dampak	Langsung	Tidak Langsung
Prediksi	Dapat diprediksi dengan baik	Kurang mampu diprediksi
Ijin Pembuangan	Perlu ijin yaitu IPLC	Tidak perlu

Sumber : Ji, 2008

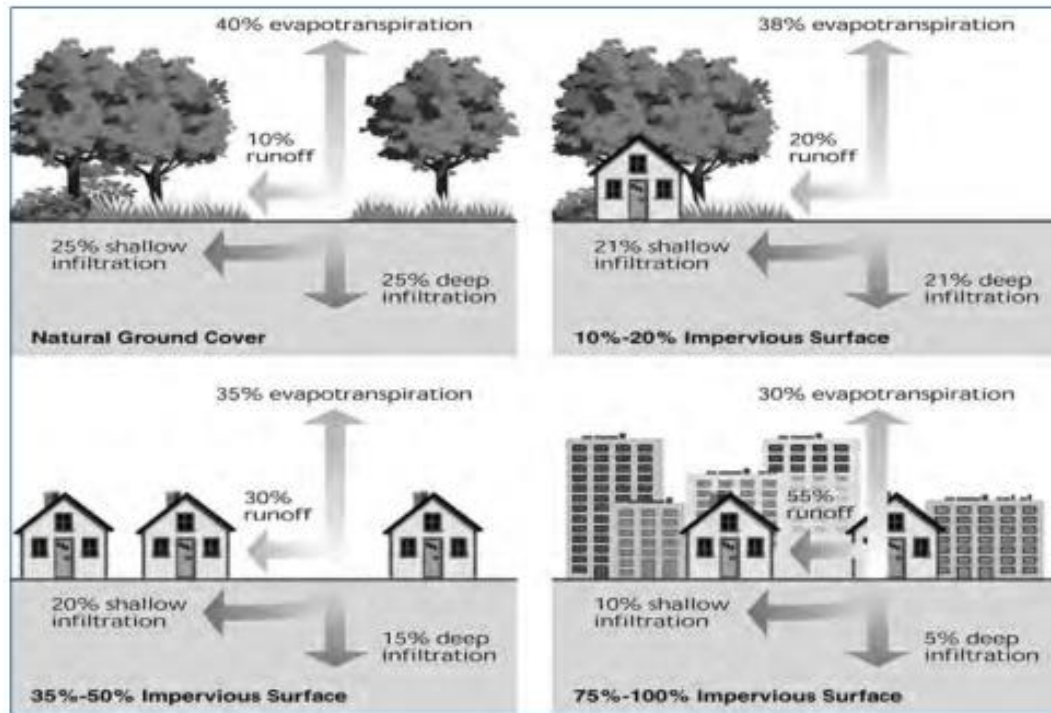
Berbeda dengan tingkat aliran cukup stabil pada *point sources*, tingkat aliran *non-point sources* sangat bervariasi hingga beberapa kali lipat. Dampak dari *point sources* pada badan air penerima sering lebih signifikan selama kondisi aliran rendah, sedangkan *Non-point sources* menegaskan dampak paling parah selama atau setelah peristiwa hujan (Ji, 2008). Penilaian dampak *non-point sources* seringkali lebih rumit. Sebagian besar *non-point sources* secara langsung atau tidak langsung didorong oleh adanya curah hujan yang mengaktifkan beban pencemarannya terjadi secara inheren dinamis di alam. Pembawa polutan dan

sedimen adalah air yang mengalir melalui DAS. Oleh karena itu, proses DAS yang rinci sangat diperlukan untuk menjelaskan pencemaran *non-point sources*. Karena ketidakpastian ini, *non-point sources* kurang diprediksi. Selain itu, *point sources* sudah diatur dalam regulasi berupa ijin IPLC sementara tidak ada izin yang diperlukan untuk *non-point sources*. Konsentrasi polutan dari *point sources* dan *non-point sources* juga berbeda secara signifikan

Dari sudut pandang pemodelan, pembuangan ke badan air penerima seperti anak sungai ke sungai, sungai ke danau dan sungai ke muara dapat diperlakukan sebagai pembuangan *point sources* ke perairan, ketika anak sungai tersebut didefinisikan sebagai sumber eksternal dan tidak langsung dimodelkan dalam penelitian. Dengan cara ini, baik *point sources* dan *non-point sources* dapat dimasukkan ke dalam model numerik dengan cara yang sama. Setelah model grid yang dihasilkan untuk area penelitian, semua *point sources* dan *non-point sources* dimasukkan untuk sel jaringan spesifik. Sebagai contoh, dalam pemodelan sungai anak sungai hanya diperlakukan sebagai *point sources* dan dimasukkan dalam sel grid tertentu sebagai dalam aliran. Sebuah *non-point sources* dari air larian juga diperlakukan sebagai aliran kecil yang mengalir dan masuk dalam sel-sel jaringan di sepanjang tepi sungai

### 2.3. Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan berkorelasi dengan aktivitas manusia atau fungsi ekonomi yang berasosiasi dengan bagian spesifik dari suatu lahan. Dalam studi hidrologis seperti karakteristik hujan dan air larian, sangat penting untuk mengetahui distribusi penggunaan lahan (Lillesand et al., 2003). Alih fungsi lahan untuk keperluan pertanian, industri dan pemukiman secara signifikan mengubah karakteristik hidrologi tanah serta mengubah jalur dan tingkat aliran air permukaan. Pola penggunaan lahan secara alami terganggu oleh aktivitas manusia. Beberapa permasalahan pencemaran air di wilayah China berkaitan dengan manajemen penggunaan lahan yang buruk yang mengakibatkan penurunan kualitas air pada badan air seperti sungai dan danau (Bai et al., 2008).



Gambar 5. Perubahan Lahan dan Pengaruhnya  
Sumber : Richard Lynn (2006)

Penggunaan lahan berkorelasi dengan beban pencemaran yang timbul seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Penggunaan lahan secara langsung mempengaruhi fungsi sistem Daerah Aliran Sungai. Ketika pembangunan masif terjadi daerah yang belum terbangun, menghasilkan perubahan yang signifikan pada struktur tanah dan mengubah bagaimana air diangkut dan disimpan. Pembangunan pemukiman membuat pemadatan pada tanah sehingga bahwa filter kurang air, yang akan meningkatkan kecepatan air larian dan menurunnya tingkat infiltrasi. Pembangunan pada sektor Industri menyebabkan produksi limbah cair.

### 2.3.1. Beban Pencemaran

Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air, beban pencemaran adalah jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air atau air limbah. Konsep beban pencemaran pertama kali diperkenalkan pada tahun 1991. Konsep beban relatif lebih baik dibandingkan dengan konsep terdahulu yaitu hanya mengendalikan kadar dari suatu polutan yang akan dibuang ke lingkungan. Konsep kadar memungkinkan penggunaan air secara berlebihan agar dapat memenuhi kadar

yang disyaratkan, sedangkan konsep beban mengendalikan sekaligus kadar dan volume limbah yang akan dibuang. Beban pencemaran dibagi menjadi 2 (dua) yaitu:

1. Beban Pencemaran *Point Sources*

Besaran pencemar air yang berasal dari *point sources* ditentukan berdasarkan data sekunder hasil pemantauan pihak pelaku kegiatan/ instansi yang berwenang sebagai pengawas. Data kuantitas dan kualitas pencemar air baik yang berasal dari limbah domestik maupun non-domestik dievaluasi dan dikaji dengan menggunakan metode estimasi.

a. Kebutuhan dan Sumber Data.

Data serta informasi yang diperlukan dalam menetapkan prosedur estimasi yang layak untuk yang berasal dari limbah *point sources* disajikan pada Tabel 3, sebagai berikut:

Tabel 3. Jenis dan Sumber Data *Point Sources*

No.	Jenis Data dan Informasi	Sumber Data
1.	Data Kualitas Air Limbah	- Hasil analisis dan pengukuran langsung - Data hasil pantau/ laporan periodik penataan ijin pembuangan air limbah
2.	Data Kuantitas Air Limbah	- Hasil analisis dan pengukuran langsung - Data hasil pantau/ laporan periodik penataan ijin pembuangan air limbah

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 1 Tahun 2010

b. Metode Estimasi

Untuk perhitungan potensi beban pencemaran *point sources* menggunakan metode perhitungan langsung menggunakan data hasil pemantauan. Dari data tersebut kemudian dihitung dengan rumus:

$$I, i = C_i \times V \times OpHrs / 1.000.000 \dots\dots\dots 1$$

Dimana:

$I, i$	: Besar Beban Pencemar	kg/tahun
$C_i$	: Konsentrasi Pencemar	mg/l
$V$	: Laju alir buangan air limbah	l/jam
$OpHrs$	: Jumlah jam operasi	jam/tahun
1.000.000	: Faktor Konversi	mg/kg

## 2. Beban Pencemaran *Non-Point Sources*

Besaran pencemar air yang berasal dari *non-point sources* diperkirakan dengan terlebih dahulu menentukan faktor emisi yang bersifat spesifik untuk masing-masing kategori kegiatan, mengingat keterbatasan dalam pengukuran langsung untuk setiap *non-point sources* dalam wilayah penelitian.

### a. Kebutuhan dan Sumber Data.

Data serta informasi yang diperlukan dalam menetapkan prosedur estimasi yang layak untuk yang berasal dari limbah *non-point sources* disajikan pada Tabel 4, sebagai berikut:

Tabel 4. Jenis dan Sumber Data *Non-Point Sources*

No.	Jenis Data dan Informasi	Sumber Data
1.	Limbah Domestik	- Emisi polutan yang berasal dari proses sanitasi dan pencucian - Emisi lainnya yang berkaitan dengan kepadatan penduduk, misalnya dari proses korosi, dan pemeliharaan hewan
2.	Sampah	Sampah yang tidak tertangani kemungkinan besar dibuang ke sungai
3.	Peternakan	jumlah dan jenis hewan ternak, dan proses yang diterapkan dalam produksi rabuk
4.	Pertanian	- Penggunaan pestisida, herbisida, dan fungisida. - Penggunaan pupuk kimia yang berlebihan
5.	Rumah Sakit	Jumlah hunian rumah sakit
6.	Hotel	Jumlah hunian hotel
7.	UMKM	- Kegiatan industri kecil dan menengah yang tidak termasuk dalam industri berkategori sumber pencemar air tertentu. - Kegiatan usaha yang aktivitasnya berhubungan dengan kepadatan populasi dalam area tertentu, seperti <i>bakery</i> , <i>dry cleaner</i> , dan <i>laundry</i>

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 1 Tahun 2010

### b. Metode Estimasi

Berdasarkan Peraturan menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air, metode estimasi besaran untuk setiap kelompok kegiatan yang potensial menghasilkan air limbah yang termasuk kategori *non-point sources* sebagai berikut:

#### 1. Potensi Beban Pencemaran Limbah Domestik

Potensi Beban Pencemaran Limbah Domestik dihitung dari estimasi pengeluaran limbah domestik penduduk dalam wilayah DAS dengan persamaan, sebagai berikut:

$$PBPD = \Sigma P \times EF \times REk \times \alpha \dots\dots\dots 2$$

Dimana:

*PBPD* : Potensi Beban Pencemar limbah Domestik

$\Sigma P$  : Jumlah Penduduk Wilayah

*EF* : Faktor Emisi

*REk* : Rasio Ekuivalensi

$\alpha$  : River Reaching Coefficient

Faktor Emisi adalah Nilai Pencemaran pada Area tertentu, yang ekuivalen dengan manusia (Stambuk-Giljanovic, 2010). Faktor emisi berbeda sesuai dengan kegiatan yang dilakukan (Kogi et al., 2010). Nilai Faktor emisi mengadopsi ketentuan dari *IPCC Guideliness from Greenhouse Inventory*. Masing-masing nilai faktor emisi disesuaikan dengan kawasan (Doorn and Liles, 1999).

Tabel 5. Nilai Faktor Emisi untuk setiap Parameter

No.	Jenis Polutan	Nilai Faktor Emisi (mg/l)
1.	TSS	38,00
2.	BOD	40,00
3.	COD	55,00
4.	Minyak&lemak	1,22
5.	Detergen	0,19
6.	NH <sub>4</sub> -N	1,80
7.	NO <sub>2</sub> -N	0,00
8.	NO <sub>3</sub> -N	0,01
9.	Organik-N	0,11
10.	Total-N	1,95
11.	PO <sub>4</sub> -P	0,17
12.	Total-P	0,21
13.	S	1,30
14.	Phenol	0,00
15.	E-coli	0,00

Sumber: Iskandar 2007 dalam Kurniawan, 2013

Tabel 6. Nilai Rasio Ekuivalensi

No	Daerah	Rasio Ekuivalensi (Rek)
1.	Kota	1,0000
2.	Pinggiran Kota	0,8125
3.	Pedalaman	0,6250

Sumber: Iskandar, 2007 dalam Kurniawan, 2013

Tabel 7. Nilai *River Reaching Coefficient* ( $\alpha$ )

No.	Pola Sanitasi	River Reaching Coefficient
1.	Pembuangan Langsung ke Sungai	1,0
2.	Saluran Terbuka	0,85
3.	Septic Tank	0,30

Sumber: Iskandar 2007 dalam Kurniawan, 2013

Nilai *River Reaching Coefficient* ( $\alpha$ ) berkaitan dengan jarak rumah penduduk ke sungai, dapat dijabarkan sebagai berikut:

Tabel 8. Hubungan Jarak Sungai dengan  $\alpha$ 

Nilai $\alpha$	Jarak Sungai	Asumsi
1,00	0 – 100 m	daerah yang lokasinya berjarak antara 0 sampai 100 meter dari sungai dimana limbah langsung dibuang.
0,85	100 – 500 m	lokasi yang berjarak diantara 100 – 500 meter dari sungai menggunakan drainase dan saluran terbuka
0,30	> 500 m	lokasi yang berjarak lebih besar dari 500 meter dari sungai yaitu menggunakan septik tank dan terdapat proses alami dalam tanah

Sumber: Iskandar 2007 dalam Kurniawan, 2013

## 2. Potensi Beban Pencemaran Sampah

Potensi Beban Pencemaran Sampah (PBPS) dihitung dari estimasi pengeluaran sampah dari penduduk dalam wilayah DAS dengan persamaan, sebagai berikut:

$$PBPS = \text{Beban Sampah tidak tertangani} \times FE \dots\dots\dots 3$$

Dimana:

*PBPS* : Potensi Beban Pencemar Sampah

*Beban Sampah tidak ditangani* : Ratio Sampah tidak ditangani x Beban Sampah

*FE* : Faktor Emisi

## 3. Potensi Beban Pencemaran Pertanian (PBPTN)

Potensi Beban Pencemaran Pertanian (PBPTN) dihitung dari estimasi luas lahan pertanian dengan persamaan, sebagai berikut:

$$PBPTN = \text{Luas Lahan} \times FE \dots\dots\dots 4$$

Dimana:

*PBPTN* : Potensi Beban Pencemar Pertanian

*Luas Lahan* : Luas Lahan Pertanian pada Wilayah DAS

*EF* : Faktor Emisi

Tabel 9. Nilai Faktor Emisi Pertanian

No.	Jenis Pertanian	Parameter Limbah				
		BOD	N (kg/ha/musim)	P (kg/ha/musim)	TSS	Pestisida (L/ha/musim)
1.	Sawah	225,00	20,00	10,00	0,04	0,16
2.	Palawija	9,00	10,00	5,00	2,40	0,08
3.	Perkebunan lain	9,00	3,00	1,50	1,60	0,02

Ket: COD=1,5 x BOD

Sumber: Iskandar 2007 dalam Kurniawan, 2013

## 4. Potensi Beban Pencemaran Peternakan. (PBPT)

Potensi Beban Pencemaran Peternakan (PBPT) dihitung dari estimasi jumlah ternak dengan persamaan, sebagai berikut:

$$PBPT = \Sigma T \times EF \times 20\% \dots\dots\dots 5$$

Dimana:

*PBPT* : Potensi Beban Pencemar Peternakan  
*Σ T* : Jumlah Ternak  
*EF* : Faktor Emisi  
 20% : Koefisien

Tabel 10. Nilai Faktor Emisi Peternakan

No.	Jenis Ternak	BOD	COD	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	N <sub>org</sub>	N <sub>tot</sub>	P <sub>tot</sub>
1.	Sapi	292,00	716,00	0,000	0,1833	0,6060	0,1400	0,933	0,153
2.	Kerbau	206,71	529,19	0,016	0,1741	2,2040	0,2063	2,599	0,390
3.	Kuda	226,00	558,10	0,000	0,0895	37,6790	0,2313	38,083	0,306
4.	Kambing	34,10	92,91	0,002	0,0750	1,4680	0,0258	1,624	0,116
5.	Domba	55,68	136,23	0,000	0,0333	0,2175	0,0258	0,278	0,115
6.	Ayam	2,36	5,59	0,000	0,0011	0,0006	0,0003	0,002	0,003
7.	Bebek	0,88	2,22	0,000	0,0005	0,0003	0,0003	0,001	0,005

Sumber: Kurniawan, 2013

## 5. Potensi Beban Pencemaran Hotel (PBPH)

Potensi Beban Pencemaran Hotel dihitung dari estimasi tingkat hunian dengan persamaan, sebagai berikut:

$$PBPH = TH \times \Sigma B \times EF \dots\dots\dots 6$$

Dimana:

*PBPH* : Potensi Beban Pencemar Hotel  
*TH* : Tingkat Hunian  
*Σ B* : Jumlah Tempat Tidur  
*EF* : Faktor Emisi

### 6. Potensi Beban Pencemaran Rumah Sakit (PBPR)

Potensi Beban Pencemaran Rumah Sakit (PBPR) dihitung dari estimasi tingkat hunian dengan persamaan, sebagai berikut:

$$PBPR = TH \times \Sigma B \times EF \dots\dots\dots 7$$

Dimana:

- PBPR* : Potensi Beban Pencemar Rumah Sakit  
*TH* : Tingkat Hunian  
*ΣB* : Jumlah Tempat Tidur  
*EF* : Faktor Emisi

Tabel 11. Nilai Faktor Emisi Hotel dan Rumah Sakit

No.	Sumber Pencemar	Faktor Emisi gr/hari		
		BOD	COD	TSS
1.	Rumah Sakit	123,00	169,125	116,85
2.	Hotel	55,00	75,625	5,25

Sumber: Iskandar 2007 dalam Kurniawan, 2013

### 7. Potensi Beban Pencemaran UMKM (PBPU)

Potensi Beban Pencemaran UMKM (PBPU) dihitung dari estimasi keluaran UMKM tanpa IPAL dengan persamaan, sebagai berikut:

$$PBPU = QT \times EF \dots\dots\dots 8$$

Dimana:

- PBPU* : Potensi Beban Pencemar UMKM  
*QT* : Kuantitas Produksi Total  
*EF* : Faktor Emisi

Tabel 12. Nilai Faktor Emisi UMKM

No.	Sektor Industri	Faktor Emisi		
		BOD	COD	TSS
1.	Tahu/Tempe	50,00	110,00	9,00

Sumber: Romli dan Supriharin, 2009

### 2.3.2. Estimasi Penduduk dengan Peta Penggunaan Lahan

Wilayah penyusun DAS dibagi menjadi 3 (tiga zona) sesuai dengan penggunaan lahan yaitu zona industri, pemukiman dan pertanian. Penggunaan lahan mewakili data sumber pencemar dimana untuk *point sources* umumnya berupa zona industri sedangkan *non-point sources* umumnya berupa zona Pemukiman dan Pertanian. Pendekatan yang dilakukan untuk estimasi populasi didasarkan pada hubungan jumlah penduduk dengan berbagai jenis penggunaan lahan (Wu et al., 2005). Total populasi untuk suatu wilayah dapat dihitung sesuai persamaan berikut:

$$P = \sum_j A_j \times D_j \dots\dots\dots 9$$

*Dimana:*

*P* : *Total Estimasi Populasi*

*Aj* : *Area Penggunaan Lahan*

*Dj* : *Kepadatan Penduduk*

### 2.3.3. Sistem Informasi Geografi (SIG)

Sistem Informasi Geografi (SIG) adalah sistem teknologi komputer yang digunakan untuk mengambil, menyimpan, mengolah dan menampilkan data Geografis (Huisman and By, 2009). SIG merupakan alat yang tepat dan powerful dalam pengembangan solusi permasalahan sumber daya air terutama untuk menilai pengaruh kualitas air, menentukan ketersediaan air dan memahami lingkungan dalam skala lokal dan regional (Latha and Rao, 2010). Kekuatan SIG terletak data spasial dan deskriptif. Data spasial direpresentasikan sebagai fitur peta yang dapat berupa titik, garis atau poligon. Data deskriptif direpresentasikan dalam informasi spasial dalam tabel data topologis dan informasi deskriptif dalam tabel atribut (Nobel and Allen, 2000).

Interpretasi citra merupakan perbuatan mengkaji foto udara atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut. Jadi di dalam interpretasi citra, penafsir mengkaji citra dan berupaya mengenali objek melalui tahapan kegiatan, yaitu:

#### 1. Deteksi

Pengenalan objek melalui proses deteksi yaitu pengamatan atas adanya suatu objek, berarti penentuan ada atau tidaknya sesuatu pada citra atau upaya untuk mengetahui benda dan gejala di sekitar kita dengan menggunakan alat pengindra (sensor). Untuk mendeteksi benda dan gejala di sekitar kita, pengindraannya tidak dilakukan secara langsung atas benda, melainkan dengan mengkaji hasil rekaman dari foto udara atau satelit.

#### 2. Identifikasi

Ada 3 (tiga) ciri utama benda yang tergambar pada citra berdasarkan ciri yang terekam oleh sensor yaitu sebagai berikut:

- a. Spektoral: ciri yang dihasilkan oleh interaksi antara tenaga elektromagnetik dan benda yang dinyatakan dengan rona dan warna.

- b. Spatial: ciri yang terkait dengan ruang yang meliputi bentuk, ukuran, bayangan, pola, tekstur, situs, dan asosiasi.
- c. Temporal: ciri yang terkait dengan umur benda atau saat perekaman.

### 3. Analisis

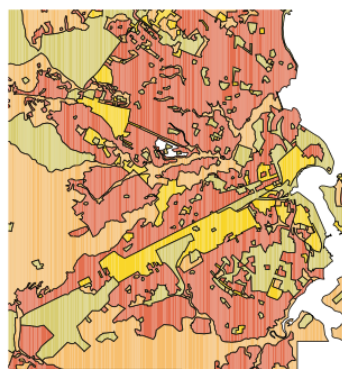
Citra dapat diterjemahkan dan digunakan ke dalam berbagai kepentingan seperti dalam: geografi, geologi, lingkungan hidup, dan sebagainya. Pada dasarnya kegiatan interpretasi citra terdiri dari dua proses, yaitu melalui pengenalan objek melalui proses deteksi dan penilaian atas fungsi objek. Penilaian atas fungsi objek dan kaitan antar objek dengan cara menginterpretasi dan menganalisis citra yang hasilnya berupa klasifikasi yang menuju ke arah teorisasi dan akhirnya dapat ditarik kesimpulan dari penilaian tersebut. Pada tahapan ini, interpretasi dilakukan oleh seorang yang sangat ahli pada bidangnya, karena hasilnya sangat tergantung pada kemampuan penafsir citra (Estess and Simonett, 1975).

#### 2.3.4. Analisis Spasial

Kemampuan analisis spasial SIG sangat berguna dalam beberapa ranah penelitian dewasa ini. Pengelompokan Kemampuan analisis yang dimiliki Sistem Informasi Geografi (SIG), sebagai berikut:

1. Fungsi Pengelompokan, Pengukuran dan Pemulihan: Semua fungsi tersebut dapat dilakukan pada single layer data yang mencakup data atribut.

Code	Old category	New category
10	Planned residential	Residential
20	Industry	Commercial
30	Commercial	Commercial
40	Institutional	Public
50	Transport	Public
60	Recreational	Public
70	Non built-up	Non built-up
80	Unplanned residential	Residential

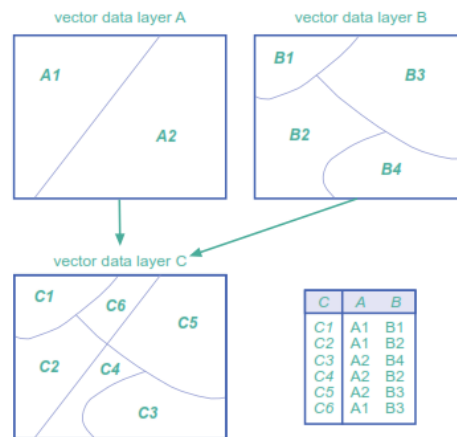


Gambar 6. Ilustrasi Fungsi Pengelompokan

Sumber: Huissman & By, 2009

2. Fungsi *Overlay*: Fungsi *Overlay* merupakan salah satu fitur SIG yang sering digunakan dalam analisis spasial. Fungsi *overlay* memungkinkan kombinasi dari dua tau lebih layer data spasial dan membandingkannya posisi demi posisi

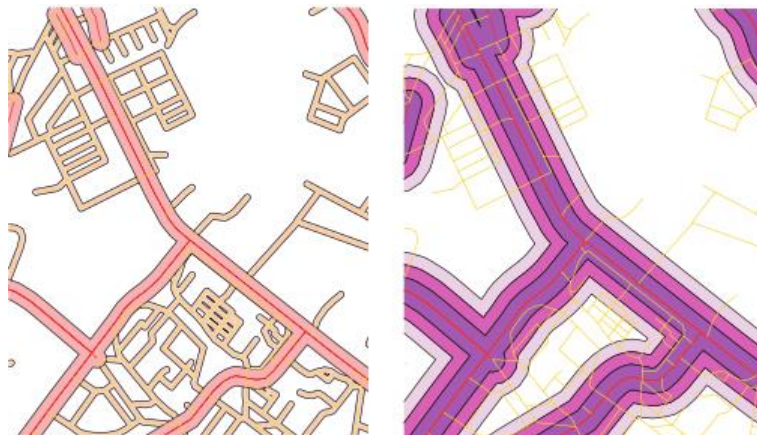
kemudian mengolah area yang *overlap* maupun tidak mengalami *overlap* dengan cara yang berbeda. Kebanyakan *software* GIS mendukung fungsi *overlay* antara lain untuk operasi *union*, *clip*, *dissolve* dan *merge*.



Gambar 7. Ilustrasi Fungsi *Overlay*

Sumber: Huissman & By, 2009

3. Fungsi *Neighbourhood*: Ketika menggabungkan fitur di lokasi yang sama, fungsi lingkungan mengevaluasi karakteristik suatu daerah disekitar lokasi fitur. Fungsi lingkungan memindai lingkungan yang diberikan fitur dan melakukan perhitungan di atasnya. Ada empat fungsi lingkungan yang sering digunakan yaitu fungsi pencarian, buffer, interpolasi dan topografi.

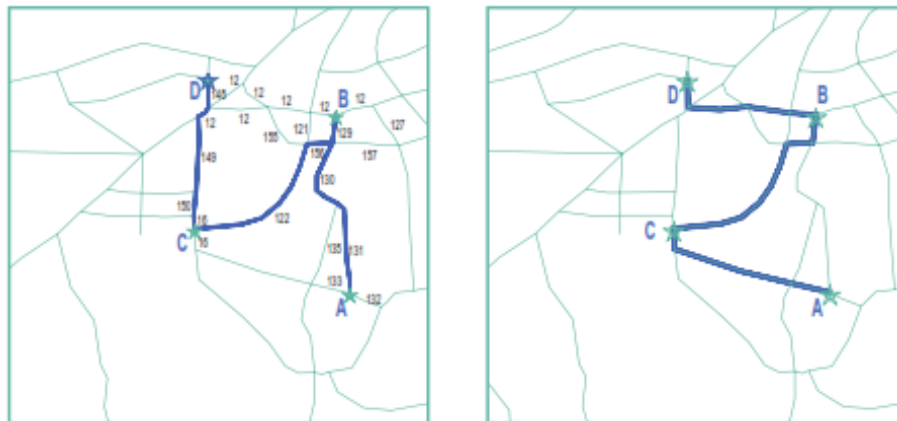


Gambar 8. Ilustrasi Fungsi Buffer

Sumber: Huissman & By, 2009

4. Fungsi *Network*: Fungsi-fungsi ini bekerja atas dasar jaringan, termasuk jaringan jalan, parit di wilayah pesisir dan garis komunikasi di telepon selular.

Jaringan ini merupakan hubungan spasial antara fitur. Fungsi utama dari jenis ini meliputi: fungsi kedekatan, fungsi analisis jaringan dan fungsi visibilitas.



Gambar 9. Ilustrasi Fungsi Analisis Jaringan  
Sumber: Huissman & By, 2009

#### 2.4. Kualitas Air

Posisi sungai yang berada paling rendah dalam lanskap bumi sehingga menjadikan kualitas air sungai dipengaruhi oleh kualitas pasokan air yang berasal dari daerah sekitar sungai/daerah tangkapan airnya. Kualitas pasokan air yang berasal dari daerah tangkapan dipengaruhi oleh aktivitas manusia yang ada di dalamnya (Wiwoho, 2005).

Kualitas air sungai merupakan kondisi kualitatif yang diukur berdasarkan parameter tertentu dan dengan metode tertentu sesuai peraturan perundangan yang berlaku. Kualitas air sungai dapat dinyatakan dengan parameter yang menggambarkan kualitas air tersebut. Parameter tersebut meliputi parameter fisika, kimia dan biologi. Parameter fisika kualitas air menggambarkan kondisi yang dapat dilihat secara visual/kasat mata yang meliputi kekeruhan, suhu, kandungan padatan terlarut, rasa, bau, warna dan sebagainya. Parameter kimia meliputi derajat keasaman (pH), oksigen terlarut DO, BOD, COD, kandungan logam, kesadahan dan sebagainya. Parameter biologi meliputi kandungan mikroorganisme dalam air (Asdak, 2014).

Parameter-parameter kualitas air sungai dapat berubah berdasarkan kondisi alami maupun adanya aktivitas antropogenik. Aktivitas antropogenik yang mempengaruhi kualitas air sungai berasal dari perubahan pola pemanfaatan lahan,

kegiatan pertanian, permukiman serta industri. Kegiatan pertanian dan permukiman pada dasarnya merubah bentang alam melalui pengolahan tanah, sehingga akan mempengaruhi kualitas air sungai (Asdak, 2014). Semakin ke arah hilir DAS, parameter fisik kekeruhan menunjukkan adanya pengaruh semakin keruh akibat semakin bervariasinya penggunaan lahan. Penggunaan lahan berupa tegalan, sawah dan permukiman paling memberikan pengaruh terhadap kekeruhan sungai. Begitu juga dengan parameter BOD dan COD, semakin beragamnya penggunaan lahan maka kandungan BOD dan COD dalam air semakin tinggi (Supangat, 2008). Hal ini disebabkan semakin tingginya konsentrasi bahan organik dalam air yang berasal dari kegiatan pertanian dan domestik (Agustiningsih, 2012).

#### 2.4.1. Mutu Air

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, Mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan/atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan.

Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Untuk itu agar kualitas air tetap terjaga maka setiap kegiatan yang menghasilkan limbah cair yang dibuang ke perairan umum atau sungai harus memenuhi standar baku mutu atau kriteria mutu air sungai yang akan menjadi tempat pembuangan limbah cair tersebut, sehingga kerusakan air atau pencemaran air sungai dapat dihindari atau dikendalikan.

Ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya kualitas air berubah sehingga tidak sesuai lagi dengan standar baku mutu yang dipersyaratkan oleh pemerintah. Standar baku mutu merupakan penilaian terhadap air apakah air itu layak digunakan oleh manusia atau tidak (tidak berbahaya).

Dalam standar baku mutu ada nilai maksimal untuk kualitas air. Apabila nilai melebihi nilai maksimal yang sudah ditentukan berarti air tersebut tidak sesuai dengan standar baku mutu air bersih atau dianggap berbahaya. Apabila bahan-bahan kimia atau senyawa kimia yang ada dalam air jumlahnya berlebih atau di atas

standar baku mutu air bersih maka air tersebut perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

Kelas air adalah peringkat kualitas air yang dinilai masih layak untuk dimanfaatkan bagi peruntukan tertentu. Klasifikasi dan kriteria mutu air mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Berdasarkan peraturan tersebut kelas air dapat diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas yaitu:

- 1 Kelas Satu: Air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk air baku air minum dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- 2 Kelas Dua: Air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukkan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- 3 Kelas Tiga: Air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk pembudayaan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukkan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- 4 Kelas Empat: Air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukkan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Pembagian tersebut didasarkan pada tingkatan baiknya mutu air berdasarkan kemungkinan penggunaannya pada suatu peruntukkan air (*designated beneficial water uses*). Peruntukan lain yang dimaksud dalam kriteria kelas air diatas, misalnya kegunaan air untuk proses produksi dan pembangkit tenaga listrik dengan ketentuan kegunaan tersebut dapat menggunakan air sebagaimana kriteria mutu air dari kelas yang dimaksud.

Kriteria baku mutu air berdasarkan peruntukan penggunaan kelas dapat dilihat pada dibawah.

Tabel 13. Kelas Air sesuai Peruntukan.

Parameter	Satuan	Kelas			
		I	II	III	IV
<b>Fisika</b>					
Temperatur	<sup>0</sup> C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400
<b>Kimia Organik</b>					
pH	mg/L	6-9	6-9	6-9	5-9
BOD	mg/L	2	3	6	12
COD	mg/L	10	25	50	100
DO	mg/L	6	4	3	0
Total Fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1	5
NO <sub>3</sub> sebagai N	mg/L	10	10	20	20
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1
Cobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)
Boron	mg/L	1	1	1	1
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05
Cadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01
Khrom (IV)	mg/L	0,05	0,05	0,05	1
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	0,3
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1
<b>Fisika</b>					
Mangan	mg/L	0,1	(-)	(-)	(-)
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2
Khlorida	mg/L	1	(-)	(-)	(-)
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)
Nitrit sbg N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)
Khlorin Bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)
Belerang sbg H <sub>2</sub> S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)
<b>Mikrobiologi</b>					
Fecal Coliform	mg/L	100	1000	2000	2000
Total Coliform	mg/L	1000	5000	10000	10000

Sumber: Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001

#### 2.4.2. Parameter Kunci Pencemaran Air

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air menetapkan 3 Parameter Fisika, 27 parameter kimia anorganik, 2 parameter mikrobiologi, 2 parameter radioktivitas dan 12 parameter kimia organik. Analisis pada semua parameter akan lebih baik namun akan terjadi ketidakefektifan dari segi waktu dan biaya.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air pada lampiran III tentang Pedoman Baku Mutu Air Limbah menyarankan penggunaan parameter kunci seperti bahan organik, hidrokarbon, tar dan solven cukup diwakili oleh parameter BOD dan COD sedangkan NaOH dan HCL diwakili dengan pH. Aktivitas antropogenik berdasarkan pengamatan ada tiga buah yaitu pemukiman, pertanian dan industri.

#### 2.4.3. Status Mutu Air

Status mutu air merupakan tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air, penentuan status mutu air dapat menggunakan Metode STORET atau Metode Indeks Pencemaran. Pengelolaan kualitas air atas dasar indeks pencemaran 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.

Pada model indeks pencemaran digunakan berbagai parameter kualitas air, maka penggunaannya dibutuhkan nilai rata-rata dari keseluruhan nilai C sebagai tolok ukur pencemaran, tetapi nilai ini tidak akan bermakna jika salah satu nilai Ci/Lij bernilai  $>1$ . Jadi indeks ini harus mencakup nilai Ci/Lij maksimum. Rumus yang digunakan untuk menyatakan indeks pencemaran sungai adalah sebagai berikut:

$$P_{ij} = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})^2 M + (C_i/L_{ij})^2 R}{2}} \dots\dots\dots 10$$

Dimana:

$L_i$  : Konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam baku mutu peruntukan air (j)

$C_i$  : konsentrasi parameter kualitas air hasil pengukuran

$P_{ij}$  : indeks pencemaran bagi peruntukan (j)

$(C_i/L_{ij})^2 M$  : Nilai Cij/Lij maksimum

$(C_i/L_{ij})^2 R$  : Nilai Cij/Lij rata-rata

Metode ini dapat langsung menghubungkan tingkat ketercemaran dengan dapat atau tidaknya sungai dipakai untuk penggunaan tertentu dan dengan nilai parameter-parameter tertentu. Evaluasi terhadap nilai indeks pencemaran ditunjukkan dengan tabel sebagai berikut :

Tabel 14. Hubungan Nilai Indeks Pencemaran dengan Mutu Air

No.	Indeks Pencemaran	Mutu Perairan
1.	$0,00 \leq P_{ij} \leq 1,00$	Kondisi Baik
2.	$1,00 < P_{ij} \leq 5,00$	Cemar Ringan
3.	$5,00 < P_{ij} \leq 10,00$	Cemar Sedang
4.	$P_{ij} > 10,00$	Cemar Berat

Sumber: Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003

## 2.5. Daya Tampung Beban Pencemaran Air

Daya tampung beban pencemaran (DTBP) yang juga sering disebut dengan beban harian maksimum total (*total maximum daily loads*) merupakan kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar. Penetapan DTBP merupakan pelaksanaan pengendalian pencemaran air yang menggunakan pendekatan kualitas air (*water quality-based control*).

Pendekatan ini bertujuan mengendalikan zat pencemar yang berasal dari berbagai sumber pencemar yang masuk ke dalam sumber air dengan mempertimbangkan kondisi intrinsik sumber air dan baku mutu air yang ditetapkan. Hasil penetapan DTBP dapat dipergunakan sebagai bahan pertimbangan dan kebijakan sebagai berikut:

1. Penetapan rencana tata ruang

2. Pemberian izin usaha dan/atau kegiatan yang lokasinya secara langsung atau tidak langsung mempengaruhi kualitas sumber air
3. Pemberian izin lingkungan yang berkaitan dengan pembuangan air limbah ke sumber air
4. Penetapan mutu air sasaran serta kebijakan pengendalian pencemaran air.

Berkaitan dengan pemberian izin, perhitungan DTBP dipergunakan untuk menetapkan mutu air limbah dan lokasi usaha dan/atau kegiatan sebagai salah satu persyaratan pemberian izin. Sementara itu hasil perhitungan DTBP dapat digunakan sebagai dasar pengalokasian beban yang diperbolehkan masuk ke sumber air dari berbagai sumber pencemar supaya tindakan pengendalian yang tepat dapat dilaksanakan yang pada akhirnya baku mutu air yang telah ditetapkan dapat dipenuhi atau mutu air sasaran dimasa yang akan datang dapat dicapai.

#### 2.5.1. Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemaran

Model kualitas air dapat dijadikan dasar dalam menentukan pilihan yang lebih baik, ilmiah dan aman di antara berbagai alternatif Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Dalam banyak kasus, model digunakan untuk mengevaluasi alternatif paling efektif dalam penyelesaian permasalahan kualitas air. Pengambil keputusan membutuhkan pertimbangan kondisi yang ada dan proyeksi kedepan yang perlu diantisipasi secara matematis dan ilmiah. Sebuah model kualitas air adalah representasi matematis dari proses kualitas air yang terjadi dalam badan air (Ji, 2008).

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air, Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemaran dapat dilakukan dengan metode sebagai berikut:

##### 1. Metode Neraca Massa

Metode Neraca Massa adalah metode penetapan daya tampung beban pencemaran dengan menggunakan perhitungan neraca massa komponen-komponen pencemaran. Metode ini dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi rata-rata aliran hilir yang berasal dari *point source* dan *non-point sources*. Perhitungan ini dapat digunakan untuk menentukan perubahan laju alir dan beban pollutant. Adapun Persamaan yang digunakan dalam Metode Neraca Massa sebagai berikut:

$$CR = \frac{\sum C_i Q_i}{\sum Q_i} = \frac{\sum M_i}{\sum Q_i} \dots\dots\dots 11$$

Dimana:

$CR$  : Konsentrasi rata-rata konstituen

$C_i$  : Konsentrasi konstituen aliran  $i$

$Q_i$  : Laju alir aliran  $i$

$M_i$  : Massa konstituen aliran  $i$

Metode Neraca Massa ini dapat digunakan untuk menentukan pengaruh erosi terhadap kualitas air selama fase konstruksi suatu proyek dan dapat digunakan pada suatu segmen aliran, suatu danau ataupun lautan. Namun demikian, metode ini hanya dapat diterapkan pada suatu parameter yang tidak dapat mengalami perubahan selama proses pencampuran. Penggunaan neraca massa untuk parameter BOD, COD dan  $NH_3N$  hanya dapat digunakan sebagai pendekatan saja.

## 2. Metode Steter-Phelps

Metode Steter-Phelps adalah metode untuk penetapan daya tampung beban pencemaran air dengan perhitungan matematis neraca massa dengan asumsi 1 dimensi dan kondisi tunak. Metode Steter-Phelps terbatas pada dua fenomena yaitu proses pengurangan oksigen terlarut karena aktivitas bakteri dalam mendegradasi zat organik yang ada dalam air dan proses peningkatan oksigen terlarut karena proses aerasi yang disebabkan oleh turbulensi aliran.

Proses Pengurangan oksigen yang terlarut dalam perairan disebabkan oleh aktivitas bakteri yang mendegradasi zat organik. Laju Oksidasi biokimiawi senyawa organik ditentukan oleh konsentrasi senyawa organik yang terkandung didalamnya. Adapun proses pengurangan oksigen dimodelkan dengan persamaan berikut:

$$\frac{dl}{dt} = -K \cdot Lt \dots\dots\dots 12$$

$$Lt = Lo \cdot e^{(-Kt)} \dots\dots\dots 13$$

Dimana:

$\frac{dl}{dt}$  : Laju Pengurangan Oksigen

$Lt$  : BOD pada hari  $t$

$Lo$  : BOD awal

$K$  : Konsentrasi reaksi orde  $t$

$t$  : Waktu dalam hari

Proses Penambahan oksigen dalam air akibat turbulensi aliran yang menyebabkan perpindahan oksigen dari udara ke air yang disebut proses reaerasi. Laju reaerasi dirumuskan sebagai berikut:

$$Rr = K' \cdot 2(CS - C) \dots\dots\dots 14$$

Dimana:

$Rr$  : Laju reaerasi  
 $K'$  : Konstanta reaerasi  
 $Cs$  : Konsentrasi oksigen terlarut jenuh  
 $C$  : Konsentrasi oksigen terlarut

Daya tampung pada metode neraca massa maupun steter-phelps adalah selisih konsentrasi pada baku mutu kualitas air, selisih tersebut merupakan kelebihan atau kekurangan beban yang dapat diterima sungai.

$$Cdt = Cbm - Ci \dots\dots\dots 15$$

Dimana:

$Cdt$  : Konsentrasi yang masih diterima  
 $Cbm$  : Konsentrasi baku mutu  
 $Ci$  : Konsentrasi hasil pengukuran

$$DTBP = Cdt \times Qt \dots\dots\dots 16$$

Dimana:

$DTBP$  : Daya Tampung Beban Pencemar  
 $Qt$  : Debit Beban Pencemar

Metode Neraca Masa dan Stetr-Phelp belum mampu menggambarkan Daya Tampung Beban Pencemaran suatu sistem perairan sungai secara utuh.

### 3. Metode Permodelan Numerik Terkomputasi

Salah satu Metode Permodelan Numerik yang sering digunakan dalam analisis Daya Tampung Beban Pencemaran adalah Model QUAL2K yang dikembangkan dari Metode Steter-Phelps. Model QUAL2Kw mempunyai kemampuan untuk mensimulasi atau memprediksi perubahan kualitas sungai jika aliran limbah dikurangi atau ditambah. Simulasi seperti inilah yang dapat dimanfaatkan untuk mengetahui daya tampung beban pencemaran suatu sungai sesuai dengan kriteria mutu air yang ditetapkan (Djajadilaga, 2011). Dalam penelitian ini, model QUAL2Kw digunakan dalam perhitungan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Siwaluh. Model QUAL2Kw merupakan pembaruan dari model QUAL2E yang mampu mensimulasikan kualitas air sungai dan aliran sungai. Model QUAL2Kw adalah model satu dimensi (1D) yang dapat diaplikasikan dengan baik secara lateral dan vertikal dendritik penampang sungai. Model QUAL2Kw dikemas dalam suatu perangkat lunak berbasis *spreadsheet* Microsoft Excel berlisensi open source (Chapra et al., 2008)

### 2.5.2. Model QUAL2Kw

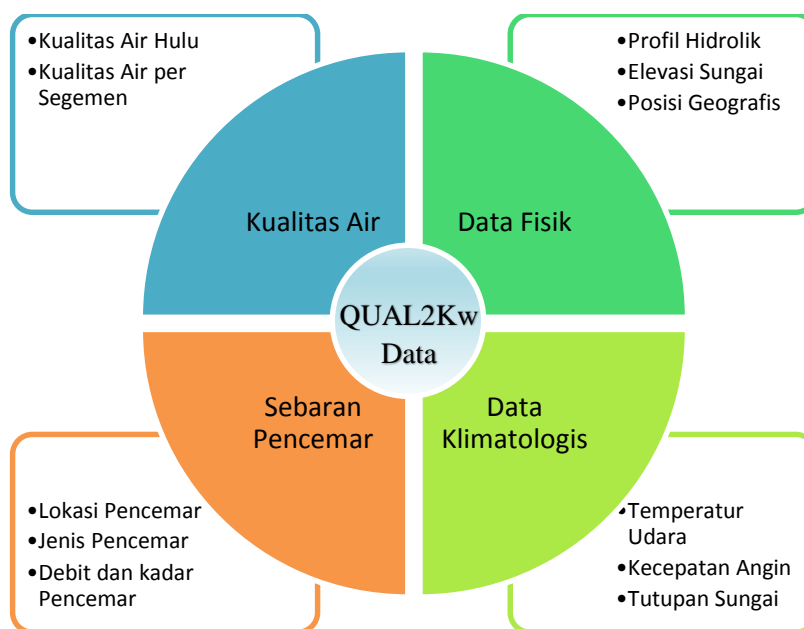
Pada umumnya model kualitas air QUAL2K merupakan pengembangan dari model Streeter-Phelps. Pada tahun 1960, *Texas Water Development Board* mengembangkan model Streeter-Phelps menjadi paket aplikasi (*software*) yang diberi nama DOSAG yang kemudian dikembangkan lagi menjadi QUAL I. Badan Lingkungan Hidup Amerika Serikat (*United States - Environmental Protection Agency*) kemudian mengambil alih pengembangan QUAL I agar dapat digunakan pada sungai yang lebih kompleks dan mampu mensimulasikan interaksi lingkungan yang berhubungan dengan proses fotosintesa dan simulasi-simulasi lainnya. Hasil pengembangan QUAL I adalah QUAL II yang mempunyai kemampuan mensimulasi nutrient dan keterkaitannya dengan oksigen terlarut baik dalam aliran stabil maupun tidak. Pengembangan lanjutan dari QUAL II adalah QUAL2E dan versi terakhir adalah QUAL2Kw6.

QUAL2Kw juga membagi sungai menjadi bagian-bagian penghitungan. Setiap bagian yang disebut reach atau segmen dibagi lagi dalam sejumlah unsur perhitungan yang masing-masing mengandung kesetimbangan hidrologi, kesetimbangan panas dan suhu, dan kesetimbangan massa dalam konsentrasi. Kesetimbangan massa memperhitungkan massa hilang atau bertambah melalui proses pembuangan air limbah atau pengambilan air (*withdrawl*) dari sungai serta proses internal seperti reaksi penguraian senyawa organik dan fotosintesa.

### 2.5.3. Data QUAL2Kw

Data Kualitas air yang dibutuhkan meliputi kualitas air di hulu dan hilir serta kualitas air hasil sampling. Data fisik sungai yang diperlukan yaitu elevasi sungai, posisi geografis dan profil hidrolik sungai meliputi panjang, kecepatan aliran, kedalaman kemiringan dan lebar sungai. Data klimatologi meliputi temperatur udara, titik embun, kecepatan angin, tutupan awan, tutupan benda lain dan penyinaran matahari. Sumber Pencemar berupa data *point source* (*effluent* industri, saluran air, drainase, anak sungai): lokasi, debit, dan kadar. Data *non-point source* (limbah rumah tangga): lokasi, debit, dan kadar. Pengambilan air sungai (*point abstraction*) untuk rumah tangga, industri atau pengolahan air minum: lokasi dan debit. Resapan (*seepage*) air sungai ke air tanah (*non-point abstraction*): lokasi dan

debit. Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran menggunakan Model QUAL2KW memerlukan berbagai data yang terkait dengan sungai yang dijelaskan pada bagan sebagai berikut:



Gambar 10. Bagan Kebutuhan Data QUAL2Kw

Data yang bersumber terutama dari instansi terkait, pengambilan sampel di lapangan, dan survei hidrografi. Peta SIG dari cekungan dengan informasi pada jaringan sungai, sub DAS, topografi dan penggunaan lahan yang yang dibutuhkan. Survei hidrografi dilakukan untuk memenuhi data hidrolik dan persyaratan hidrologi. Data kualitas air paling baik dapat diperoleh dari stasiun kualitas air yang terletak di sepanjang DAS ataupun dapat dilakukan dengan melakukan sampling ada beberapa titik yang dianggap mewakili (Othman and Eldin M.E, 2014).

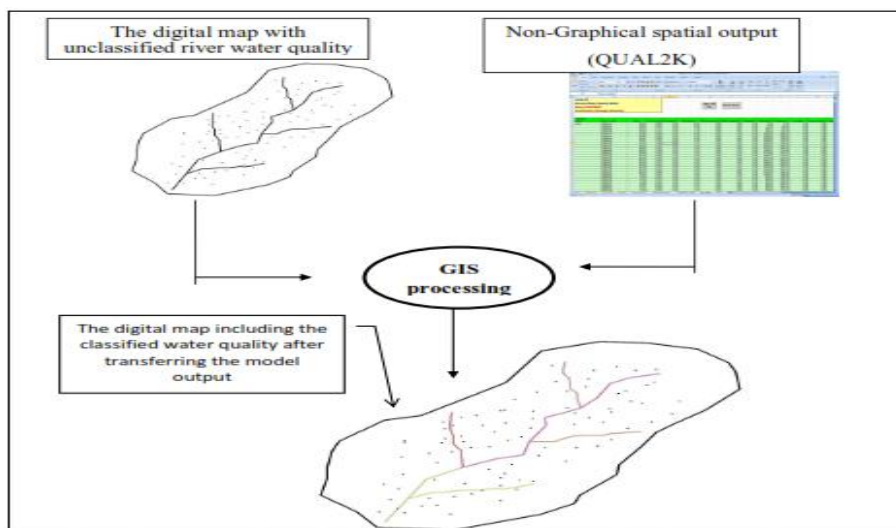
*Output* QUAL2Kw berupa *worksheet* yang terdiri dari berbagai macam keluaran, sebagai berikut :

- a. *Source Summary*: Worksheet ini merupakan ringkasan total beban untuk setiap ruas model berdasarkan waktu dalam sehari. Perhatikan bahwa sel B1 menunjukkan apakah output untuk menjalankan model terakhir dilakukan oleh versi VBA atau Fortran dari Q2K

- b. *Hydraulics Summary*: Worksheet ini merupakan ringkasan parameter hidrolik untuk setiap ruas model.
- c. *WQ Output*: Worksheet ini merupakan ringkasan output konsentrasi rata-rata untuk masing-masing ruas model.
- d. *Dissolved Oxygen*: Grafik kualitas sungai untuk parameter DO hasil simulasi QUAL2Kw berdasarkan data dari WQ Output.
- e. *CBOD Slow*: Grafik kualitas air untuk parameter CBOD Slow hasil simulasi QUAL2Kw berdasarkan data dari WQ Output.

#### 2.5.4. Integrasi Model QUAL2Kw dengan SIG.

Dengan menggunakan *software* SIG, output Model QUAL2Kw diintegrasikan ke dalam platform SIG untuk menghubungkan output model dengan fenomena alam yang terjadi di sungai. Dalam proses tersebut Peta Digital Sungai menjadi dasar platform SIG. Gambar 11 menunjukkan proses integrasi *output* model QUAL2Kw dengan platform SIG (Othman and Eldin M.E, 2014).



Gambar 11. Proses Integrasi Data Tabel QUAL2Kw ke dalam SIG

#### 2.6. Pengendalian Pencemaran Air

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air, pengendalian pencemaran air adalah upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air.

### 2.6.1. Prinsip Pengendalian Pencemaran Air

Prinsip panduan dalam kebijakan publik yaitu menempatkan ranah politik dalam kebijakan ke dalam istilah yang lebih praktis dengan menetapkan kerangka kontekstual yang lebih rinci yang mendukung kebijakan secara keseluruhan. Prinsip tersebut harus diklarifikasi dengan interpretasi naratif yang singkat (Helmer and Hespanhol, 1997). Prinsip panduan berikut memberikan dasar yang cocok untuk pengelolaan pencemaran air bernuansa pelestarian lingkungan, sebagai berikut:

1. Pencegahan lebih baik daripada pemulihan akibat pencemaran.

Pengalaman masa lalu memperlihatkan bahwa memulihkan area yang tercemar pada sungai umumnya menelan biaya yang lebih banyak dibandingkan dengan pencegahan terjadinya pencemaran. Pendekatan logis yang dapat diterapkan yaitu pencegahan produksi yang menghasilkan limbah serta meminimasi limbah yang dihasilkan secara keseluruhan.

2. Prinsip kehati-hatian.

Banyak kasus pencemaran lingkungan yang membutuhkan investigasi yang lama dan sehingga ketika kebijakan dikeluarkan kerusakan lingkungan yang hebat sudah terjadi. Untuk menghindari potensi kerusakan lingkungan oleh zat berbahaya tidak boleh ditunda dengan alasan bahwa penelitian ilmiah belum terbukti sepenuhnya hubungan sebab akibat antara substansi dan potensi kerusakan.

3. Prinsip pencemar harus membayar.

Prinsip pencemar harus membayar adalah konsep dimana biaya pencegahan pencemaran dan pengelolaan lingkungan dibebankan pada pencemar. Prinsip tersebut adalah instrumen ekonomi yang bertujuan untuk mempengaruhi perilaku, yaitu dengan mendorong perilaku yang menempatkan sedikit penekanan pada lingkungan.

4. Penerapan standar dan peraturan realistis.

Elemen penting dalam strategi pengendalian pencemaran air adalah perumusan Standar dan Peraturan yang realistis, dimana standar harus dapat dicapai dan peraturan dapat ditegakkan. Standar yang tidak realistis dan peraturan yang tidak dapat dilaksanakan dapat lebih berbahaya daripada tidak memiliki standar

dan peraturan, karena mereka menciptakan sikap ketidakpedulian terhadap aturan dan peraturan secara umum, baik di kalangan pencemar dan birokrasi.

5. Keseimbangan ekonomi dan instrumen regulasi.

Instrumen manajemen peraturan sangat diandalkan oleh pemerintah di banyak negara untuk mengendalikan pencemaran air. Instrumen ekonomi, biasanya dalam bentuk biaya pembuangan air limbah dan denda telah diperkenalkan terutama oleh negara maju. Dibandingkan dengan instrumen ekonomi, keuntungan dari pendekatan regulasi pengendalian pencemaran air berupa prediksi tentang pengurangan polusi tingkat yang wajar, memberikan kontrol kepada pemerintah atas tujuan lingkungan yang ingin dicapai dan ketika dapat dicapai. Kelemahan utama dari pendekatan regulasi adalah inefisiensi ekonomi.

6. Penerapan pengendalian pencemaran air pada tingkat paling sesuai.

Tingkat yang sesuai didefinisikan sebagai tingkat dimana dampak signifikan berada, misalnya masalah kualitas air tertentu hanya memiliki dampak pada masyarakat lokal, maka tingkat masyarakat adalah tingkat manajemen yang tepat. Jika dampak lingkungan mempengaruhi masyarakat lainnya, maka tingkat manajemen yang tepat adalah satu tingkat lebih tinggi dari tingkat masyarakat, misalnya tingkat DAS.

7. Membangun mekanisme untuk integrasi lintas sektoral.

Untuk memastikan koordinasi upaya pengendalian pencemaran air dalam sektor-sektor yang berhubungan dengan air, seperti kesehatan dan pertanian, mekanisme formal dan sarana kerjasama serta pertukaran informasi harus ditetapkan.

8. Mendorong pendekatan partisipatif melibatkan semua pihak terkait.

Pendekatan partisipatif meningkatkan kesadaran pentingnya pengendalian pencemaran air di kalangan pembuat kebijakan dan masyarakat umum. Keputusan harus diambil dengan konsultasi publik penuh dan dengan melibatkan kelompok-kelompok dipengaruhi oleh perencanaan dan pelaksanaan kegiatan pengendalian pencemaran air. Ini berarti, bahwa informasi masyarakat harus dijaga terus menerus. Masyarakat diberi kesempatan untuk mengekspresikan pandangan, pengetahuan dan prioritas

mereka, dengan catatan bahwa pandangan mereka telah diperhitungkan dengan jelas.

9. Memberikan akses terbuka untuk informasi pencemaran air.

Prinsip ini secara langsung berhubungan dengan prinsip keterlibatan masyarakat dalam proses pengambilan keputusan, karena prasyarat bagi partisipasi adalah kemudahan akses informasi yang dimiliki oleh otoritas publik setempat. Membuka akses informasi membantu untuk merangsang pemahaman, diskusi dan saran untuk solusi masalah kualitas air.

10. Mempromosikan kerjasama pengendalian pencemaran air.

Polusi air lintas batas biasanya ditemui di sungai-sungai besar, membutuhkan kerjasama internasional dan koordinasi upaya agar efektif. Kurangnya pengakuan fakta ini dapat menyebabkan investasi yang boros dalam pengurangan beban pencemaran di satu negara.

Perumusan strategi pengendalian pencemaran air harus dilakukan dengan memperhatikan prinsip-prinsip tersebut di atas, serta prinsip-prinsip lain untuk pengelolaan sumber daya air yang ditetapkan dalam berbagai dokumen. Ketika merumuskan strategi pengendalian pencemaran air, harus dipastikan bahwa berbagai elemen pelengkap dari sistem pengendalian pencemaran air yang efektif dikembangkan dan diperkuat secara bersamaan. Komponen utama dari sistem pengendalian pencemaran air rasional dapat didefinisikan, sebagai berikut :

1. Lingkungan yang memungkinkan, yang merupakan kerangka kerja kebijakan nasional, perundangan dan pengaturan regulasi untuk pencemar dan otoritas manajemen.
2. Sebuah kerangka kelembagaan yang memungkinkan interaksi yang erat antara berbagai tingkat administrasi.
3. Perencanaan dan prioritas kemampuan yang memungkinkan para pengambil keputusan untuk membuat pilihan antara tindakan alternatif yang didasarkan pada kebijakan yang telah disepakati, sumber daya yang tersedia, dampak lingkungan, sosial dan ekonomi.

Ketiga komponen diperlukan untuk mencapai pengendalian pencemaran air yang efektif. Pada tingkat strategi kebijakan harus memberikan petunjuk umum

bagi manajer kualitas air pada bagaimana untuk mewujudkan tujuan dari kebijakan pengendalian pencemaran air dan bagaimana menerjemahkan prinsip-prinsip dalam manajemen praktis. Strategi ini harus memberikan detail yang cukup untuk membantu mengidentifikasi dan merumuskan tindakan nyata dan proyek-proyek yang berkontribusi untuk mencapai kebijakan yang ditetapkan (Helmer and Hespanhol, 1997).

#### 2.6.2. Kebijakan Pengendalian Pencemaran Air.

Aspek-aspek yang mempengaruhi tingkat pencemaran sungai dan prinsip pengendalian pencemaran air sesuai Peraturan Menteri No 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air. Ada 4 unsur yang mempengaruhi pengendalian pencemaran air, sebagai berikut :

1. Kondisi Pencemaran Sungai.

Unsur yang menjelaskan kondisi lingkungan sungai *existing*, masalah yang dihadapi dan tantangan kedepan.

2. Upaya Pengendalian Pencemaran Air

Unsur yang menjelaskan upaya pengendalian pencemaran air yang dilakukan oleh masyarakat industri dan pemerintah

3. Sikap dan Perilaku Masyarakat

Unsur yang menjelaskan sikap dan perilaku masyarakat setempat dalam upaya pengendalian pencemaran air

4. Peran Pemerintah dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air

Unsur yang menjelaskan kebijakan pemerintah pusat, pemerintah provinsi dan pemerintah kabupaten/kota beserta instansi terkait lainnya dalam upaya pengendalian pencemaran air.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### 3.1. Tipe Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif dalam penelitian ini digunakan untuk menggambarkan beban pencemaran akibat aktivitas kegiatan manusia, kualitas air dan daya tampung beban pencemaran pada Sungai Siwaluh. Pengaruh beban pencemaran terhadap kualitas air digambarkan melalui model statistik. Rekomendasi kebijakan pengendalian disusun berdasarkan hasil analisis kuantitatif dan studi literatur terkait.

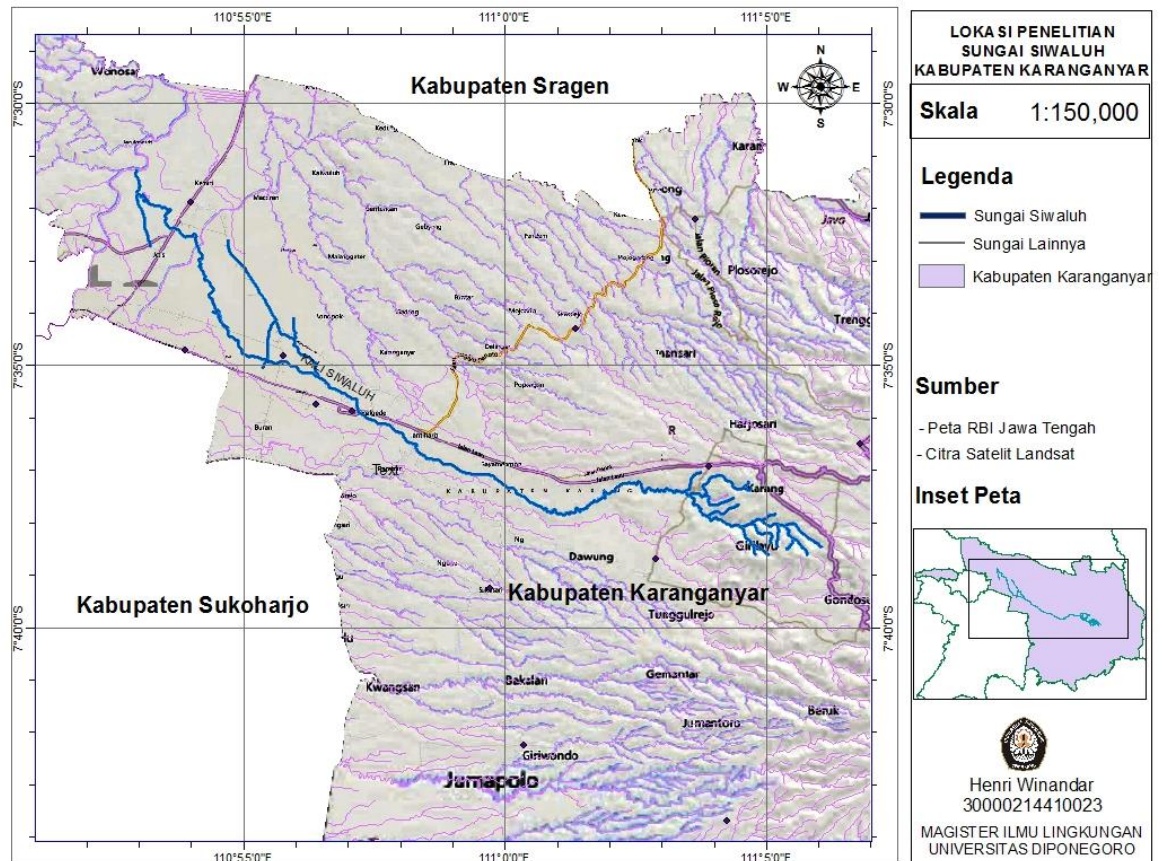
#### 3.2. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini dibatasi hal sebagai berikut:

1. Parameter kunci yang digunakan adalah parameter BOD, COD dan TSS.
2. Satu ruas ditetapkan jika sungai utama melalui suatu daerah perkotaan, daerah permukiman padat penduduk, daerah industri, areal perkebunan, areal persawahan, dan areal lain yang mempengaruhi kualitas air sungai tersebut.
3. Penelitian mengkaji Sungai Siwaluh sebagai sistem dari hulu dan hilir.

#### 3.3. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada wilayah DAS Bengawan Solo tepatnya pada Sungai Siwaluh sepanjang 37 km dari hulu berupa aliran sungai kecil dan hilir berupa Sungai Bengawan Solo. Sungai Siwaluh merupakan sungai penting yang membelah Kabupaten Karanganyar. Sungai Siwaluh mengalami pencemaran akibat limbah dari aktifitas pertanian, rumah tangga dan industri. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 12. Adapun waktu penelitian pada awal musim kemarau bulan Mei – Juli Tahun 2015 dimana air sungai berada pada debit minimumnya namun masih mengalir dengan baik.



Gambar 12. Peta Lokasi Penelitian

### 3.4. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang diamati dalam penelitian ini berupa penggunaan lahan pada area DAS Siwaluh untuk pemukiman pertanian dan industri dalam bentuk beban pencemaran *point sources* dan *non-point sources*; Kualitas air meliputi penentuan mutu sasaran, analisis parameter kunci dan status mutu air menggunakan metode indeks pencemaran; Pengaruh beban pencemaran terhadap kualitas air dan daya tampung beban pencemaran. Data yang digunakan yaitu data primer dan data sekunder. Variabel penelitian, jenis data dan sumber data disajikan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 15. Variabel Penelitian, Jenis Data dan Sumber Data.

No.	Tujuan	Variabel	Jenis Data	Sumber Data
1.	Mengidentifikasi dan Menganalisis beban pencemaran air akibat aktivitas industri, pertanian dan rumah tangga pada sub DAS Siwaluh.	Penggunaan lahan pada sub DAS Siwaluh  Beban pencemaran <i>point sources</i> dan <i>non-point sources</i>	1. Demografi penduduk 2. Peta dasar 3. Peta tematik yaitu (Administrasi, Land use, Kontur dan DAS) 4. Citra satelit 5. RTRW Karanganyar 6. Data penggunaan lahan pada DAS Siwaluh.  1. Penggunaan lahan DAS 2. Jenis pencemar 3. Jumlah beban pencemar 4. Sebaran pencemar	1. Observasi 2. BAPPEDA Karanganyar 3. BPDAS Bengawan Solo 4. BLH Karanganyar 5. BPS Karanganyar 6. DPU Karanganyar
2.	Menganalisis kualitas air serta pengaruh beban pencemaran terhadap kualitas air pada Sungai Siwaluh	Kualitas air meliputi status mutu air sasaran, analisis parameter kunci dan status mutu air  Analisis regresi	1. Data sekunder 2. Data kualitas air hasil sampling.  1. Beban pencemaran 2. Kualitas air	1. Pengukuran Langsung dan Sampling 2. Hasil Analisis Laboratorium 3. BLH Karanganyar
3.	Menganalisis daya tampung beban pencemaran pada Sungai Siwaluh	Analisis daya tampung beban pencemaran	1. Beban Pencemaran. 2. Kualitas Air. 3. Data Klimatologi. 4. Data Hidrologi.	1. Data Kualitas Air 2. BLH Karanganyar
4.	Merumuskan rekomendasi pengendalian pencemaran air dalam upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air pada Sungai Siwaluh	Rekomendasi Teknis dan Non Teknis Pengendalian Pencemaran Air	1. Beban Pencemaran 2. Kualitas Air 3. Daya Tampung Beban Pencemaran.	1. Hasil Analisis 2. Studi Literatur

### 3.5. Jenis Data dan Sumber Data.

Data yang digunakan dalam penelitian terdiri dari data primer dan data sekunder, sebagai berikut:

#### 3.5.1. Data Primer

Data primer didapatkan dengan metode observasi lapangan, pengukuran langsung lapangan dan wawancara. Data primer dalam penelitian, sebagai berikut:

1. Data koordinat lokasi sumber pencemar.
2. Data kualitas air Sungai Siwaluh
  - a. Data klimatologi dan meteorologi, antara lain: radiasi sinar matahari, curah hujan, suhu udara, kecepatan angin dan Kelembaban udara.
  - b. Data hidrolik sumber air yang meliputi: debit, volume, panjang, lebar, kedalaman, kemiringan hidrolis, kecepatan air.
  - c. Data kualitas air Sungai Siwaluh hasil sampling
3. Hasil wawancara

Wawancara dilakukan menggunakan metode wawancara terstruktur sebagai konfirmasi atas data sekunder kualitas air dan beberapa kebijakan yang diambil terkait pencemaran Sungai Siwaluh. Responden wawancara terdapat 2 orang, yang pertama Kepala Sub Bidang Pengendalian Lingkungan Hidup pada Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Karanganyar. Responden tersebut dipilih karena memiliki uraian tugas yang berkaitan dengan penelitian ini yaitu melaksanakan kegiatan pengendalian lingkungan, menyiapkan bahan kajian kualitas air pada aliran sungai dan melaksanakan pengendalian pencemaran air pada sumber air. Responden kedua adalah Pejabat Pengawas Lingkungan Hidup yang bertugas melakukan kegiatan pengawasan ketaatan penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan terhadap ketentuan perizinan lingkungan dan peraturan perundang-undangan

#### 3.5.2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dengan mengumpulkan informasi dari sumber resmi dari instansi terkait, hasil pustaka, media internet dan dari hasil penelitian terdahulu. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian, sebagai berikut:

1. Data kondisi umum DAS siwaluh dan faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap kondisi sumber air yang akan ditentukan Daya Tampung Beban Pencemarannya yang meliputi:
  - a. Demografi penduduk.
  - b. Peta dasar (peta rupa bumi atau peta topografi).
  - c. Peta tematik berupa Peta Administrasi, Peta Penggunaan Lahan, Peta Pembagian DAS dan Peta Kontur.
  - d. Citra satelit.
  - e. Data penggunaan lahan pada DAS Siwaluh.
  - f. Data kualitas air Sungai Siwaluh.
2. Data jenis, jumlah beban (debit dan konsentrasi) dan karakteristik sumber pencemar yang meliputi:
  - a. *Point Source* (Sumber pencemar tertentu): outlet limbah industri atau domestik (IPAL rumah tangga terpadu, hotel, dan rumah sakit).
  - b. *Non-Point Source* (Sumber pencemar tak tentu): rumah tangga tanpa IPAL, pertanian, peternakan dan UMKM.

### 3.6. Teknik Pengumpulan Data

Teknik Pengumpulan Data disesuaikan dengan karakteristik data yang akan diambil. Adapun teknik pengumpulan data primer sebagai berikut:

#### 3.6.1. Teknik Pengukuran Debit

Debit sungai adalah volume air yang mengalir melalui suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Metode yang umum diterapkan untuk menetapkan debit sungai adalah metode profil sungai (*cross section*). Pada metode ini debit merupakan hasil perkalian antara luas penampang vertikal sungai (profil sungai) dengan kecepatan aliran air.

Ada beberapa metode dalam pengukuran debit pada badan air, mulai dari metode yang sederhana (menggunakan alat-alat sederhana) sampai dengan menggunakan metode yang rumit dan mahal (menggunakan alat manual dan otomatis). Pada penelitian ini akan menggunakan metode pengukuran debit air dengan Metode Apung.

Metode ini menggunakan alat bantu benda ringan untuk mengetahui kecepatan air yang diukur pada sumber air yang membentuk aliran yang seragam. Pengukuran dilakukan oleh 3 (tiga) orang yang masing-masing bertugas sebagai pelepas pengapung di titik awal, pengamat di titik akhir lintasan dan pencatat waktu perjalanan alat pengapung dari awal sampai titik akhir. Pengukuran dilakukan dengan cara menghanyutkan benda terapung dari suatu titik tertentu kemudian dibiarkan mengalir mengikuti kecepatan aliran sampai batas titik tertentu (finish), sehingga diketahui waktu tempuh yang diperlukan benda terapung tersebut pada bentang jarak yang ditentukan tersebut. Alat-alat yang diperlukan dalam pengukuran debit air dengan Metode Apung:

- a. Bola pingpong atau bisa diganti dengan benda lain yang ringan (gabus, kayu kering, dll)
- b. Stop watch atau bisa diganti dengan alat ukur waktu yang lain (arloji/hand phone yang dilengkapi dengan stop watch)
- c. Alat ukur panjang (meteran atau tali plastik yang kemudian diukur panjangnya dengan meteran).

Langkah-langkah pelaksanaan pengukuran dengan metode ini adalah:

- a. Pilih bagian aliran yang tenang dan seragam, hindari aliran yang memiliki pusaran air.
- b. Tentukan dulu panjang lintasan (P) sungainya dan batasi titik awal dan akhir.
- c. Bersihkan bagian aliran tersebut dan bentuklah menjadi aliran yang lurus dengan penampang aliran yang memiliki kedalaman yang relatif sama.
- d. Bagilah panjang saluran/lintasan menjadi beberapa bagian yaitu 5 bagian/titik, ukur lebar sungai (L) pada titik-titik tersebut; dan ukur juga kedalamannya (H) pada bagian tepi kanan, tepi kiri dan tengah aliran. Kemudian hitung masing-masing rata-ratanya.
- e. Hitung luas penampang (A) rata-rata.
- f. Gunakan benda apung (bola pingpong, kayu kering, gabus, dll) yang dapat mengalir mengikuti aliran air dan tidak terpengaruh angin.

- g. Lepaskan benda terapung pada titik awal lintasan (*start*) bersamaan dengan menekan *stop watch* (tanda *start*) dan tekan kembali stop watch (tanda stop) pada titik akhir lintasan (*finish*) dan hitung waktunya (T).
- h. Ulangi pengukuran waktu tempuh 5 kali ulangan.
- i. Catat waktu tempuh benda apung dan hitung waktu rata-ratanya.
- j. Hitung kecepatannya (V) menggunakan variabel luas penampang rata-rata (A) dan waktu rata-rata (T) sesuai rumus.
- k. Hitung Debit air (Q) yang mengalirnya sesuai rumus.

#### 1. Perhitungan Luas Penampang (A)

Luas penampang diperoleh dengan membuat profil penampang sungai. Bentuk geometri saluran air berpengaruh terhadap besarnya kecepatan aliran sungai. Pembuatan profil sungai dilakukan dengan langkah mengukur lebar sungai, membagi lebar sungai dengan interval jarak yang sama dan mengukur kedalaman air di setiap interval. Luas penampang (A) merupakan hasil perkalian antara Lebar rata-rata (L) saluran/aliran dengan Kedalaman rata-rata (H) saluran/aliran air.

$$A = L \text{ rata - rata } \times H \text{ rata - rata } \dots\dots\dots 17$$

Dimana:

- A : Luas Penampang (m<sup>2</sup>)
- L rata-rata : Lebar rata-rata (meter)
- H rata-rata : Kedalaman rata-rata (meter)

#### 2. Penghitungan Kecepatan (v)

Kecepatan aliran merupakan hasil bagi antara jarak lintasan dengan waktu tempuh. Pengukuran kecepatan aliran air dilakukan dengan metode apung yaitu dengan cara mengapungkan suatu benda (bola tennis), pada lintasan tertentu sampai pada suatu titik yang telah diketahui jaraknya. Langkah pengukuran kecepatan aliran air sungai yaitu menentukan lintasan dengan jarak tertentu, memnuat profil sungai pada titik akhir lintasan dan mencatat Catat waktu tempuh benda apung mulai saat dilepaskan sampai dengan garis akhir lintasan. Untuk menghitung Kecepatan aliran sungai dengan metode apung maka perlu ditetapkan lintasan aliran. Pada penelitian lintasan aliran ditetapkan 5 meter. Persamaan yang digunakan sebagai berikut

$$v = \frac{P}{T \text{ rata-rata}} \dots\dots\dots 18$$

Dimana:

- v : Kecepatan (meter/detik)

$P$  : Panjang saluran (meter)  
 $T$  rata-rata : Waktu rata-rata (detik)

### 3. Penghitungan debit air

Debit sungai adalah volume air yang mengalir melalui suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$Q = A \times V \dots\dots\dots 19$$

Dimana:

$Q$  : Debit Aliran (m<sup>3</sup>/detik)  
 $A$  : Luas Penampang (m<sup>2</sup>)  
 $V$  : Kecepatan Aliran (m/detik)

#### 3.6.2. Teknik Pengambilan Sampel Kualitas Air

Pengambilan Sampel Air menggunakan SNI 6989.57-2008 tentang Air dan air limbah – Bagian 57: Metode pengambilan contoh air permukaan dan disesuaikan dengan karakteristik lapangan.

##### 1. Jenis Sampel

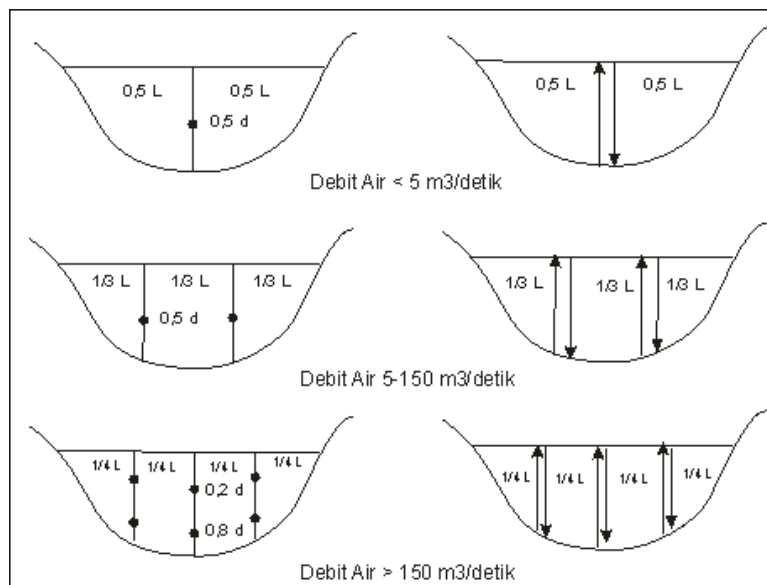
Sampel Kualitas Air Sungai pada penelitian menggunakan sampel sesaat (grab sample) dimana volume sampel yang diambil langsung dari badan air yang sedang diteliti.

##### 2. Titik Pengambilan Sampel

Titik pengambilan sampel air sungai ditentukan berdasarkan debit air sungai (Putra, 2009). Adapun ketentuan pengambilan sampel diatur sebagai berikut:

- a. Sungai dengan debit kurang dari 5 m<sup>3</sup>/detik, contoh diambil pada satu titik ditengah sungai pada kedalaman 0,5 kali kedalaman dari permukaan atau diambil dengan alat *integrated sampler* sehingga diperoleh contoh air dari permukaan sampai ke dasar secara merata (Gambar 13).
- b. Sungai dengan debit antara 5 m<sup>3</sup>/detik – 150 m<sup>3</sup>/detik, contoh diambil pada dua titik masing-masing pada jarak 1/3 dan 2/3 lebar sungai pada kedalaman 0,5 kali kedalaman dari permukaan atau diambil dengan alat *integrated sampler* sehingga diperoleh contoh air dari permukaan sampai ke dasar secara merata (Gambar 13) kemudian dicampurkan.
- c. Sungai dengan debit lebih dari 150 m<sup>3</sup>/detik, contoh diambil minimum pada enam titik masing-masing pada jarak 1/4, 1/2, dan 3/4 lebar sungai pada kedalaman 0,2 dan 0,8 kali kedalaman dari permukaan atau diambil dengan

alat *integrated sampler* sehingga diperoleh contoh air dari permukaan sampai ke dasar secara merata (Gambar 13) lalu dicampurkan.



Gambar 13. Titik Pengambilan Sampel Sungai.  
Sumber: Putra, 2009

### 3. Cara Pengambilan Sampel

Cara pengambilan sampel untuk pengujian kualitas air secara umum dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- Siapkan alat pengambil sampel yang sesuai dengan keadaan sumber airnya.
- Bilas alat pengambil sampel dengan air yang akan diambil, sebanyak 3 (tiga) kali.
- Ambil sampel sesuai dengan peruntukan analisis dan campurkan dalam penampung sementara, kemudian homogenkan.
- Masukkan ke dalam wadah yang sesuai peruntukan analisis.
- Lakukan segera pengujian untuk parameter suhu, kekeruhan dan daya hantar listrik, pH dan oksigen terlarut (DO) yang dapat berubah dengan cepat dan tidak dapat diawetkan.
- Hasil pengujian parameter lapangan dicatat dalam buku catatan khusus.
- Pengambilan contoh untuk parameter pengujian di laboratorium dilakukan pengawetan.

### 3.7. Segmentasi DAS dan Lokasi Sampling

#### 3.7.1. Penentuan Segmen DAS

Langkah pertama yang harus dilakukan dalam pengumpulan data kualitas air adalah menentukan ruas-ruas sungai yang dihitung daya tampungnya. Sungai yang akan dihitung daya tampung beban pencemarannya harus merupakan sistem aliran yang utuh dari hulu (danau, bendungan, atau mata air yang kualitasnya masih alami) sampai dengan hilir (laut, rawa, atau danau). Pembagian ruas atau segmentasi sebuah sungai berdasarkan dua hal yaitu:

##### 1. Penentuan ruas berdasarkan Sistem Aliran Sungai

Satu ruas sungai (*reach*) didefinisikan jika sungai utama bertemu dengan aliran sungai lain yang masuk ke sungai utama atau jika ada aliran sungai yang keluar dari sungai utama.

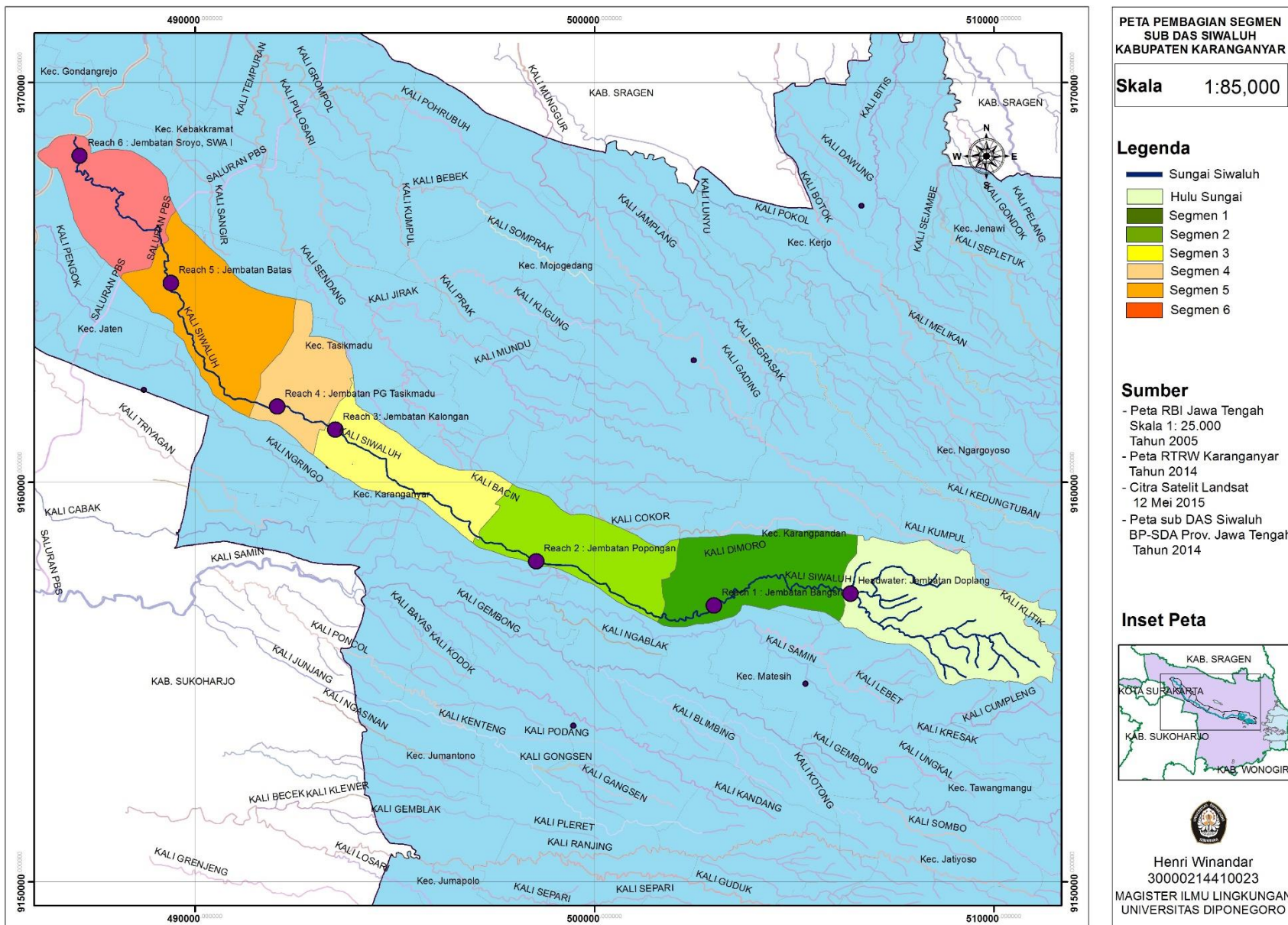
##### 2. Penentuan Ruas berdasarkan Area Sumber Pencemaran.

Satu ruas juga dapat ditetapkan jika sungai utama melalui suatu daerah perkotaan, daerah permukiman padat penduduk, daerah industri, areal perkebunan, areal persawahan dan areal-areal lain yang mempengaruhi kualitas air sungai tersebut.

Sungai Siwaluh memiliki karakteristik percabangan yang sedikit sehingga pembagian ruas sungai Siwaluh pada penelitian berdasarkan Area Sumber Pencemaran. Berdasarkan karakteristik penggunaan lahan dan untuk keperluan penghitungan beban pencemaran serta daya tampung beban pencemaran maka sub DAS Siwaluh dibagi menjadi Daerah Hulu Sungai dan 6 Segmen, sebagai berikut :

Tabel 16. Pembagian Segmen pada sub DAS Siwaluh

No	Nama Segmen	Panjang Segmen (km)	Luas (km <sup>2</sup> )
1.	Hulu Sungai	6,73	12,82
2.	Segmen 1	6,80	9,08
3.	Segmen 2	5,28	7,87
4.	Segmen 3	5,30	7,06
5.	Segmen 4	2,05	5,12
6.	Segmen 5	5,72	9,86
7.	Segmen 6	5,38	7,00
Total		37,26	58,81



Gambar 14. Peta Pembagian Segmen sub DAS Siwaluh dan Lokasi Sampling

### 3.7.2. Penentuan Lokasi Sampling

Langkah awal dalam penentuan lokasi pengambilan sampel air sungai adalah mengetahui tentang geografi yang menggambarkan aliran sungai serta aktifitas yang ada di sekitar daerah aliran sungai. Secara umum, penentuan lokasi pengambilan sampel air sungai adalah:

1. Daerah hulu atau pada air sumber alamiah yaitu lokasi yang belum terjadi pencemaran. Penentuan lokasi ini untuk identifikasi kondisi asal atau base line dari sistem tata air;
2. Daerah pemanfaatan air sungai yaitu suatu lokasi dimana air sungai akan dimanfaatkan untuk bahan baku air minum, air untuk rekreasi, industri, perikanan, pertanian dan lain-lain. Penentuan lokasi ini untuk mengetahui kualitas air sebelum dipengaruhi suatu aktifitas;
3. Daerah yang potensial sebagai penerima kontaminan yaitu lokasi yang mengalami perubahan kualitas air disebabkan setelah adanya aktifitas industri, pertanian, domestik dan lain sebagainya. Penentuan lokasi ini untuk mengetahui pengaruh aktifitas yang ada dengan penurunan kualitas air sungai;
4. Daerah pertemuan dua sungai atau lokasi masuknya anak sungai. Penentuan lokasi ini diperlukan apabila antara sungai dan anak sungai terdapat aktifitas yang masing-masing mempunyai pengaruh terhadap penurunan kualitas air sungai.
5. Daerah hilir atau muara yaitu daerah pasang-surut pertemuan antara air sungai dengan air laut. Penentuan lokasi ini untuk mengetahui kualitas air sungai secara keseluruhan. Apabila data hasil pengujian yang diperoleh pada daerah hilir dibandingkan dengan daerah hulu maka evaluasi tersebut dapat digunakan sebagai bahan kebijakan pengelolaan kualitas air sungai terpadu.

Berdasarkan peta pembagian segmen pada gambar 14 ditentukan lokasi pengambilan sampel untuk setiap segmen. Lokasi pengambilan sampel yaitu 1 titik untuk setiap segmen sungai dan hulu sungai. Penentuan titik pengambilan sampel disamping memperhatikan tujuan penelitian juga mempertimbangkan akses dan medan di lapangan pada lokasi pengambilan sampel. Tabel 17 menunjukkan koordinat lokasi pengambilan sampel.

Tabel 17. Penentuan Lokasi Sampling

No.	Nama Segmen	Desa/Kelurahan	Titik Koordinat					
			Lintang Selatan			Bujur Timur		
1	Hulu Sungai	Desa Doplang	7 <sup>0</sup>	37'	28.1"	111 <sup>0</sup>	03'	29.1"
2	Segmen 1	Desa Bangsri	7 <sup>0</sup>	37'	38.2"	111 <sup>0</sup>	03'	37.9"
3	Segmen 2	Kelurahan Tegalgede	7 <sup>0</sup>	37'	02.5"	110 <sup>0</sup>	59'	14.1"
4	Segmen 3	Desa Papahan	7 <sup>0</sup>	35'	13.5"	110 <sup>0</sup>	56'	26.0"
5	Segmen 4	Desa Ngijo	7 <sup>0</sup>	34'	55.7"	110 <sup>0</sup>	55'	41.5"
6	Segmen 5	Desa Jetis	7 <sup>0</sup>	33'	14.8"	110 <sup>0</sup>	54'	13.8"
7	Segmen 6	Desa Sroyo	7 <sup>0</sup>	31'	31.7"	110 <sup>0</sup>	52'	59.2"

### 3.8. Teknik Analisis Data

Analisis data adalah proses telaah dan pencarian makna dari data yang diperoleh untuk menemukan jawaban dari masalah penelitian. Analisis data yang dilakukan dalam penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### 3.8.1. Analisis Beban Pencemaran pada DAS Siwaluh.

Analisis Beban Pencemaran dilakukan untuk memetakan aktivitas pembangunan manusia yang mempengaruhi kedalam lingkungan Daerah Aliran Sungai (DAS) Siwaluh. Potensi beban pencemaran terbagi menjadi 2 yaitu potensi beban pencemaran *point sources* dan potensi beban pencemaran *non-point sources* berasal dari limbah domestik, sampah, pertanian, peternakan, hotel, rumah sakit dan ukm. Perhitungan beban pencemaran untuk *point sources* menggunakan metode estimasi langsung data pemantauan IPAL sedangkan *non-point sources* menggunakan metode estimasi berdasarkan faktor emisi dengan Sistem Informasi Geografis. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

#### 1. Analisis Penggunaan Lahan sub DAS Siwaluh

##### a. Penentuan Area DAS

Untuk menentukan area Daerah Aliran Sungai (DAS) digunakan analisis SIG. Ada 3 peta tematik yang diperlukan yaitu Peta DAS Siwaluh telah ditetapkan oleh BPDAS Bengawan Solo, Peta Administrasi Desa dan Peta Sungai yang ditetapkan oleh BAPPEDA. Analisis SIG diperlukan dalam Proses *Overlay* antara area DAS dengan Peta Administrasi Kabupaten Karanganyar dan Peta Sungai akan didapat sungai penyusun DAS dan wilayah administratif penyusun DAS. Penentuan Area DAS berfungsi untuk mengetahui karakteristik wilayah DAS Siwaluh sesuai dengan wilayah administratif yang telah ditetapkan.

b. Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan pada sub DAS Siwaluh menggunakan Peta Penggunaan Lahan yang dikeluarkan oleh BAPPEDA Karanganyar. Dalam Peta tersebut Penggunaan Lahan dibagi menjadi 2 kawasan yaitu kawasan lindung dan budidaya. Penggunaan Lahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu penggunaan lahan pada kawasan budidaya dimana penggunaan lahan dibagi menjadi 3 zona yaitu

1. Pemukiman: Zona Pemukiman merupakan daerah yang digunakan untuk pemukiman penduduk.
2. Pertanian: Zona Pertanian merupakan daerah yang digunakan untuk budidaya pertanian berupa sawah, ladang dan tegal.
3. Industri: Zona Industri merupakan daerah yang digunakan untuk bangunan yang berkaitan dengan industri seperti Pabrik maupun Gudang Industri.

c. Analisis Spasial

Analisi Spasial dipergunakan untuk mempermudah perhitungan estimasi penduduk, luas wilayah, batas hidrologis dan faktor emisi pada wilayah yang ditentukan. Beberapa analisis spasial yang dilakukan, sebagai berikut:

1. *Intersect 1*

Fungsi *Intersect* dilakukan antara peta administrasi desa dan peta sub DAS Siwaluh sehingga menghasilkan peta tematik gabungan administrasi desa dan DAS. Dalam peta tersebut terkandung informasi

pada setiap poligon berupa nama poligon, nama desa, segmentasi, penggunaan lahan dan luas area.

2. *Buffer 1*

Fungsi *buffer* dilakukan pada Sungai Siwaluh dengan 3 kategori yaitu:

1. Jarak 0-100 m dari Sungai
2. Jarak 100-500 m dari Sungai
3. Jarak lebih dari 500 m dari Sungai

Fungsi *buffer* tersebut digunakan untuk menentukan besaran faktor emisi pada tiap luasan.

3. *Intersect 2*

Fungsi *intersect* diaplikasikan dari peta tematik *intersect 1* dan *buffer 1* sehingga menghasilkan peta tematik baru.

4. *Dissolve 1*

Fungsi *dissolve* dilakukan untuk menyederhanakan berbagai macam polygon yang telah dilakukan atas dasar persamaan segmen dan nama desa. Fungsi *dissolve* ini menghasilkan peta tematik baru yang lebih ringkas dan merupakan peta yang dijadikan dasar menghitung beban pencemaran. Informasi yang terkandung dari peta tersebut yaitu nama polygon, nama desa, luas wilayah, sumber *point source*, segmentasi, penggunaan lahan dan luas area.

d. Perhitungan Area Penggunaan Lahan dan Jumlah Populasi

Data sumber pencemar untuk *point sources* berasal dari data sekunder berupa titik koordinat IPAL dan hasil uji kualitas air yang dilakukan secara periodik. Data pencemar untuk *non-point sources* berupa area yang menyusun suatu zona. Untuk zona pertanian data sumber pencemar berupa poligon yang kemudian dapat diestimasi luas zona pertanian. Digitasi data *point sources* dan *non-point sources* akan menghasilkan peta penggunaan lahan yang mencakup penggunaan lahan untuk industri, pemukiman dan pertanian pada DAS Siwaluh yang kemudian akan digunakan sebagai estimasi luas dan jumlah penduduk dibantu dengan statistik kependudukan

dari BPS Karanganyar. Estimasi jumlah penduduk dihitung dengan persamaan 1.

## 2. Menghitung Potensi Beban Pencemaran

### a. Potensi Beban Pencemaran *Point Sources*

Menghitung Beban Pencemaran *Point Sources* dengan Persamaan 2.

### b. Potensi Beban Pencemaran *Non-Point Sources*.

Menghitung Potensi Beban Pencemaran Limbah Domestik dihitung dengan Persamaan 3, Potensi Beban Pencemaran Sampah (PBPS) dihitung dengan Persamaan 4, Potensi Beban Pencemaran Pertanian (PBPTN) dihitung dengan Persamaan 5, Potensi Beban Pencemaran Peternakan. (PBPT) dihitung dengan Persamaan 6, Potensi Beban Pencemaran Hotel (PBPH) dihitung dengan Persamaan 7, Potensi Beban Pencemaran Rumah Sakit (PBPR) dihitung dengan Persamaan 8 dan Potensi Beban Pencemaran UKM (PBPU) dihitung dengan Persamaan 9.

### c. Beban Pencemaran Total

Beban Pencemaran Total dihitung dengan menjumlahkan beban pencemaran *point source* dan *non-point source*. Beban pencemaran total digunakan untuk membuat peta status pencemaran air dengan menghitung rata-rata beban pencemaran gabungan per-satuan luas yang kemudian diperingkat dari nilai terkecil ke nilai terbesar.

## 3.8.2. Analisis Kualitas Air.

Analisis Kualitas Air bertujuan untuk mengetahui kondisi kualitas air Sungai Siwaluh melalui parameter kunci. Analisis Kualitas Air terbagi menjadi tahapan sebagai berikut:

### 1. Penentuan Lokasi Sampling.

Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan pembagian ruas sungai. Data lain yang diambil berupa profil sungai dan data fisik yang terkait.

### 2. Penetapan Status Mutu Air Sasaran

Data hasil pengujian kualitas air yang meliputi parameter fisika, kimia dan biologi dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Baku mutu air atau kriteria tropik air pada Sungai Siwaluh belum ditetapkan, sehingga

digunakan kualitas air kelas II sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

### 3. Perhitungan Status Mutu Air dengan Metode Indeks Pencemaran (IP)

Penentuan status mutu air Sungai Siwaluh dilakukan dengan perhitungan indeks pencemaran (IP) dengan persamaan 9. Nilai Status Mutu air kemudian dijadikan dasar pembuatan peta status pencemaran air sesuai dengan kategori yang ada kemudian dibandingkan dengan beban pencemaran per-satuan luas.

### 4. Pengaruh Beban Pecemaran terhadap Kualitas Air

Untuk mengetahui pengaruh beban pencemaran terhadap kualitas air digunakan analisis regresi linear berganda. Analisis tersebut digunakan untuk mengukur pengaruh antara lebih dari satu variabel prediktor (variabel bebas) terhadap variabel terikat. Analisis regresi linier ditentukan untuk menentukan hubungan antara variabel bebas berupa beban pencemaran *point source* ( $x_1$ ) dan Beban Pencemaran *Non Point Source* ( $x_2$ ) terhadap Variabel Dependent yaitu Kualitas Air ( $y$ ). Persamaan umum Regresi yaitu:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots b_nx_n$$

Dimana:

- $y$  : Variabel terikat
- $a$  : Konstanta persamaan regresi
- $b_1, b_2$  : Koefisien Regresi
- $x_1, x_2$  : Variabel Bebas

- **Analisis Variansi (Anova)**

ANOVA bertujuan untuk mengetahui kelayakan model regresi yang terbentuk untuk memprediksi

#### Hipotesis :

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = 0$ , tidak ada koefisien yang tidak nol atau berarti

$H_a : \beta_1 \neq \beta_2 \neq 0$ , ada koefisien yang tidak nol atau berarti

#### Pengambilan Keputusan:

$F_{hitung} \leq F_{tabel} = H_0$  diterima

$F_{hitung} > F_{tabel} = H_0$  ditolak,  $H_a$  diterima

- **Uji signifikansi model dengan uji t**

uji signifikansi dengan uji t yang berguna untuk mengetahui apakah ada pengaruh nyata (signifikan) dari variabel bebas terhadap variabel terikat

**Hipotesis :**

*Ho :  $\beta_1 = \beta_2 = 0$ , tidak ada pengaruh nyata dari variabel bebas terhadap variabel terikat*

*Ha :  $\beta_1 \neq \beta_2 \neq 0$  ada pengaruh nyata dari variabel bebas terhadap variabel terikat*

**Pengambilan Keputusan:**

*t hitung  $\leq$  t tabel = Ho diterima*

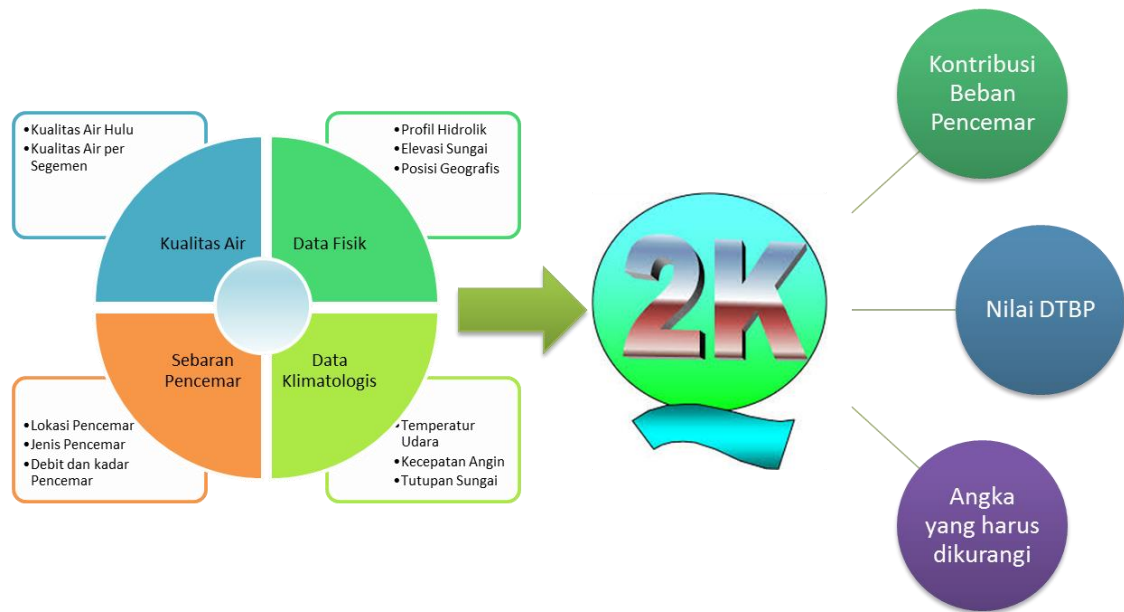
*t hitung  $>$  t tabel = Ho ditolak, Ha diterima*

### 3.8.3. Analisis Daya Tampung Beban Pencemar (DTBP).

Perhitungan daya tampung beban pencemaran (DTBP) yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan parameter kunci kualitas air di sungai yang meliputi BOD, COD, dan TSS. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa parameter kunci tersebut dapat memperlihatkan Gambaran umum tingkat kualitas air sungai untuk berbagai peruntukkan (Baherem, 2014). Adapun tujuan penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran sebagai berikut:

1. Mendapatkan Informasi kontribusi beban pencemar khususnya parameter BOD dari masing-masing sumber pencemar.
2. Mendapatkan angka DTBP.
3. Memperoleh angka jumlah beban pencemar yang harus dikurangi dari masing-masing sumber pencemar agar kualitas air memenuhi kelas air yang ditetapkan DTBP.

Perhitungan DTBP menggunakan metode permodelan numerik yang terkomputasi yaitu model QUAL2K yang terbaru berupa QUAL2Kw versi 6. Perangkat lunak yang digunakan berupa program berbasis Microsoft Excel QUAL2Kw versi 6 yang berbasis komputasi 64 bit. Langkah-langkah dalam penghitungan DTBP, sebagai berikut: *input data*, *running program* dan *output* seperti yang ditampilkan pada Gambar 15. Nilai Daya Tampung Beban Pencemaran kemudian dibandingkan pada nilai kualitas air setiap parameter. Apabila melampaui daya tampung maka diperlukan upaya pengendalian pencemaran air.

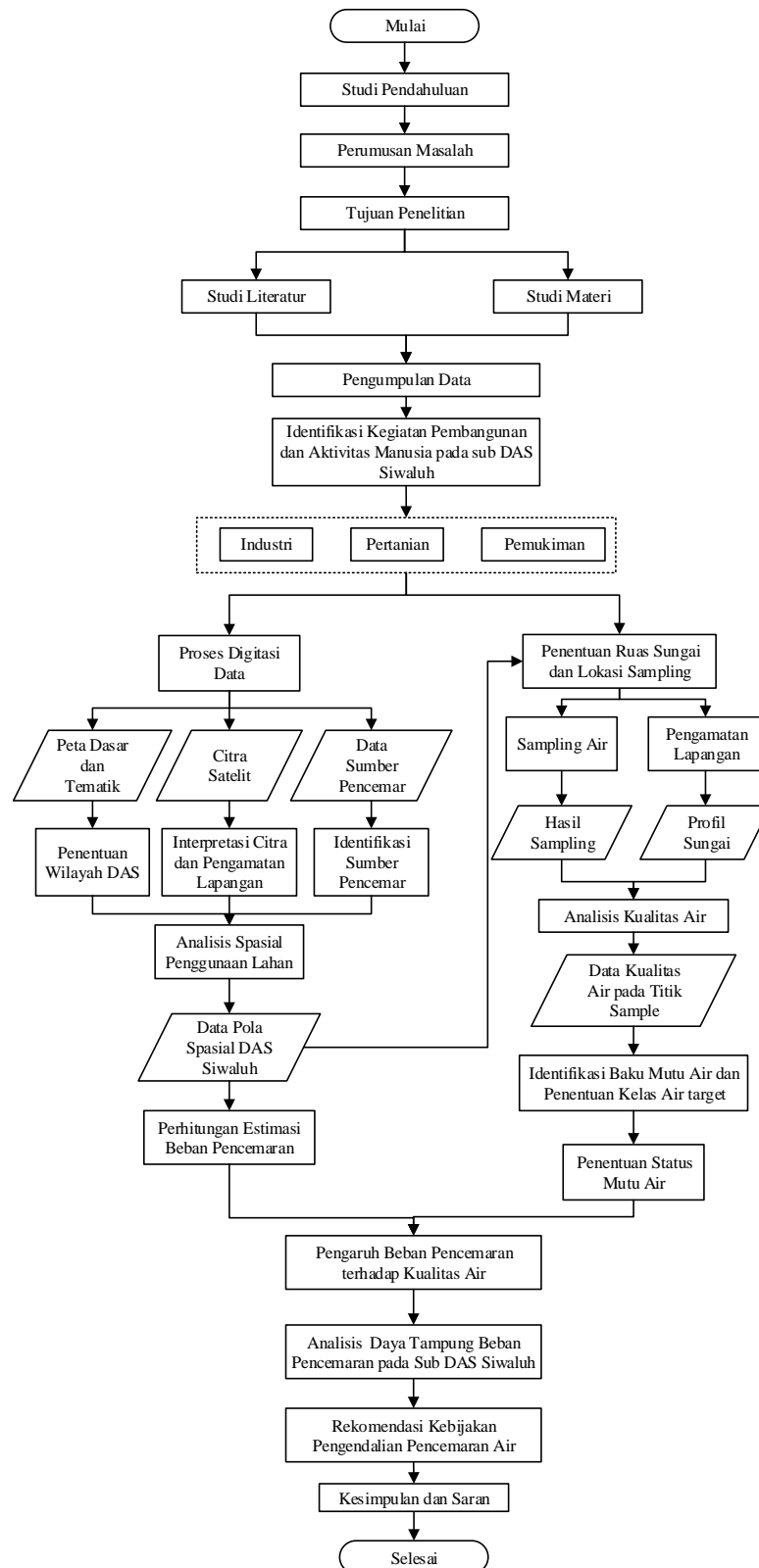


Gambar 15. Bagan perhitungan DTBP menggunakan QUAL2K

#### 3.8.4. Rekomendasi Kebijakan Pengendalian Pencemaran Air.

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.1 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air, Bupati/Walikota menetapkan kebijakan pengendalian pencemaran air yang kemudian diatur dalam bentuk Peraturan Bupati/Walikota. Kebijakan pengendalian pencemaran air harus berdasarkan hasil inventarisasi dan identifikasi sumber pencemar, daya tampung beban pencemaran dan mutu air sasaran. Rekomendasi Kebijakan akan disesuaikan dengan kontribusi pencemar baik *point source* maupun *non-point source* terhadap pencemaran dengan prioritas kebijakan diutamakan untuk segmen/ruas Sungai Siwaluh yang paling tercemar. Indeks kualitas air yang mencerminkan tingkat pencemaran serta nilai daya tampung beban pencemaran pada sungai juga dijadikan pertimbangan penting dalam rekomendasi pengendalian pencemaran air.

## 3.9. Alur Penelitian.



Gambar 16. Alur Penelitian

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### 4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

##### 4.1.1. Sungai dan DAS Siwaluh

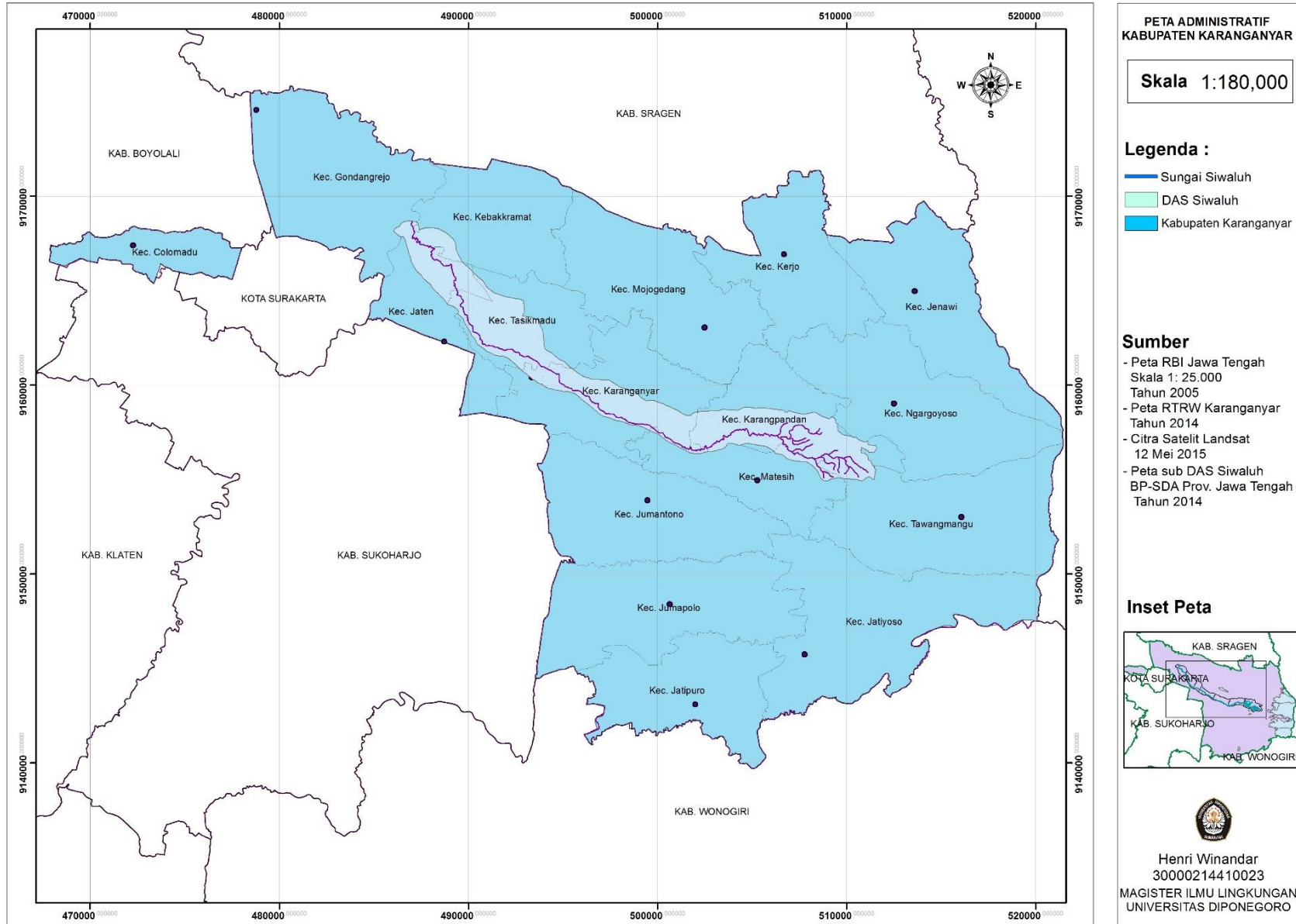
Sungai Siwaluh merupakan salah satu sungai penting di Kabupaten Karanganyar. Sungai Siwaluh memiliki panjang 37 km dengan hulu sungai berada di Kecamatan Karangpandan dan Sungai Bengawan Solo merupakan hilir sungai Siwaluh. Penamaan Sungai Siwaluh berbeda-beda untuk setiap daerah berdasarkan daerah yang dilewatinya, ada beberapa nama lain sungai siwaluh yaitu Sungai Kalongan melintas di Dusun Kalongan Desa Ngijo Kecamatan Tasikmadu dan Sungai Sroyo melintas di Desa Sroyo Kecamatan Jaten. Namun berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Karanganyar Nomor 1 Tahun 2013 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Karanganyar Tahun 2013-2032 ditetapkan bahwa sungai yang dimaksud bernama Sungai Siwaluh.

##### 1. Letak Geografis Sungai Siwaluh

Secara geografis Sub DAS Siwaluh membentang dari  $7^{\circ}34'58.83''$  -  $7^{\circ}38'11.73$  Lintang Selatan dan  $111^{\circ}00'20.29''$  -  $111^{\circ}05'40.50''$  Bujur Timur. Secara Administratif Sungai Siwaluh melintasi 6 wilayah kecamatan yaitu Kecamatan Karangpandan, Kecamatan Matesih, Kecamatan Karanganyar, Kecamatan Tasikmadu, Kecamatan Jaten dan Kecamatan Kebakkramat.

##### 2. Luas sub DAS Siwaluh

Siwaluh sebagai sub DAS merupakan bagian dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo yang keseluruhannya berada di Kabupaten Karanganyar. Penamaan sub DAS Siwaluh berdasarkan Batas DAS berdasarkan Instruksi Menhut No : INS.3/Menhut-II/2009 dengan Lampiran Surat Edaran No : SE.02/V-SET/2009, Tentang Penetapan Wilayah Kerja BPDAS. Berdasarkan Peta Topografi Batas sub DAS yang dikeluarkan oleh Balai Pengelolaan Sumber Daya Air (BP-SDA) Provinsi Jawa Tengah diketahui Luas sub DAS Siwaluh yaitu  $51 \text{ km}^2$ .



Gambar 17. Peta Administratif Sungai Siwaluh

### 3. Karakteristik Sungai

Sungai Siwaluh merupakan sungai musiman dengan debit dipengaruhi oleh curah air hujan. Beberapa sumber mata air berada didaerah hulu sungai Siwaluh sehingga Sungai Siwaluh tidak pernah kering. Pola drainase Sungai Siwaluh bertipe aliran *dendritik* dengan sedikit percabangan tidak teratur dengan arah dan sudut yang beragam. Berkembang di batuan yang homogen dan tidak terkontrol oleh struktur, umumnya pada batuan sedimen dengan perlapisan horisontal, atau pada batuan beku dan batuan kristalin yang homogen

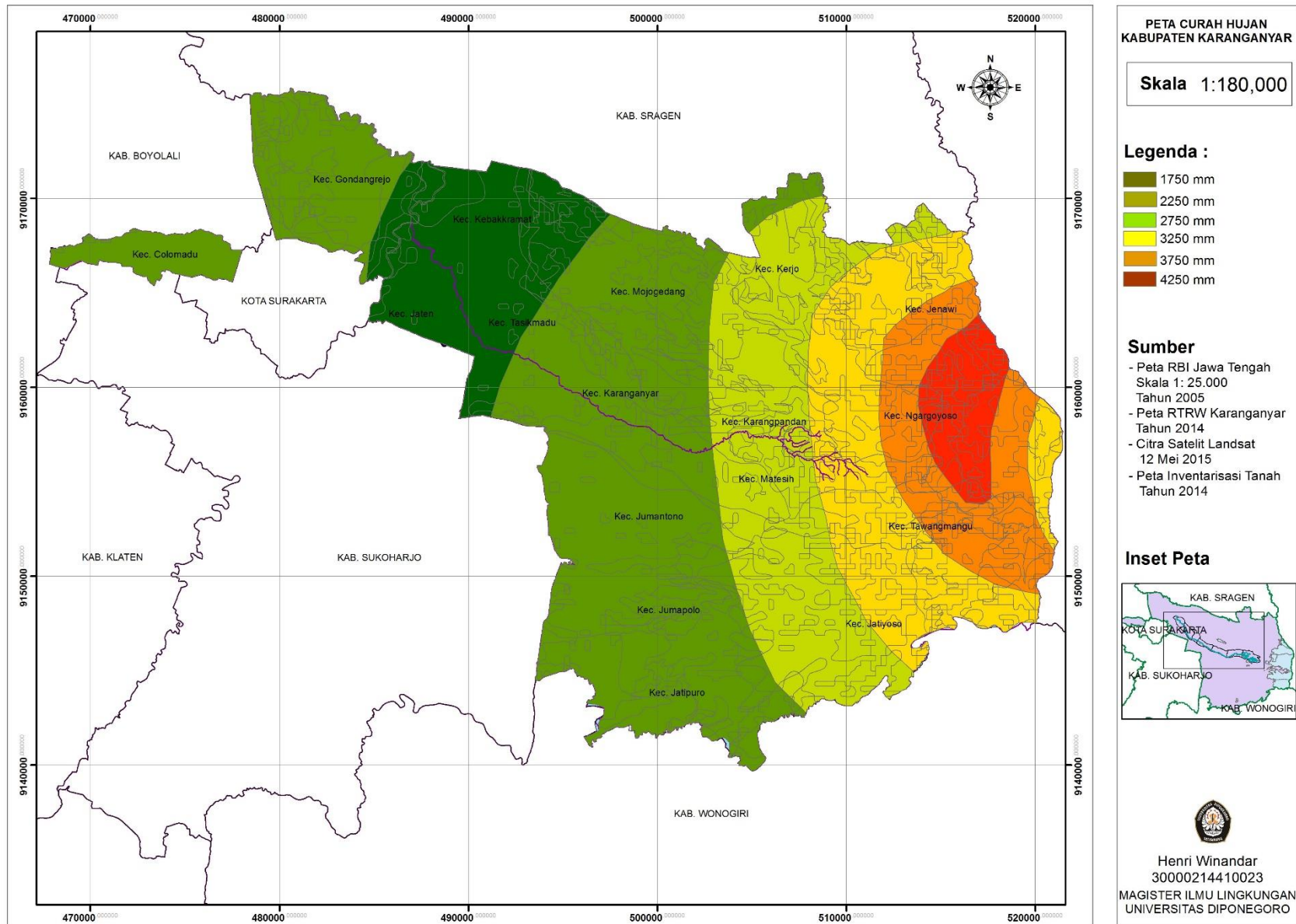
### 4. Kondisi Hidrologis

Berdasarkan data dari 6 stasiun pengukur yang ada di Kabupaten Karanganyar, banyaknya hari hujan selama tahun 2013 adalah 115,6 hari dengan rata-rata curah hujan 7.231,4 mm, dimana curah hujan tertinggi terjadi pada Bulan Februari dan April. Sedangkan yang terendah pada Bulan Agustus dan September. Daerah yang berada di wilayah pegunungan lebih memiliki curah hujan yang lebih tinggi dibanding yang berada pada dataran rendah.

Tabel 18. Curah Hujan pada Stasiun Pemantauan

	Colomadu		Tasikmadu		Mojogedang		Jumapolo		Karangpandan		Tawangmangu		Rata-rata	
	HR	MM	HR	MM	HR	MM	HR	MM	HR	MM	HR	MM	HR	MM
1 Januari	19	2.380	21	362	22	858	21	611	18	311	0	0	20	904,4
2 Pebruari	13	3.030	9	199	16	546	19	486	15	587	0	0	14	969,6
3 Maret	10	2.170	9	195	8	200	16	324	13	252	0	0	11	628,2
4 April	14	7.170	17	214	11	260	12	249	12	386	0	0	13	1.655,80
5 Mei	8	3.750	15	185	2	62	11	262	0	0	0	0	7	851,8
6 Juni	5	240	7	142	15	185	10	195	0	0	0	0	7	152,4
7 Juli	6	0	0	0	8	118	8	96	0	0	0	0	5	172,8
8 Agustus	0	0	0	0	2	18	0	0	2	9	0	0	1	5,4
9 September	0	0	2	5	2	8	0	0	0	0	0	0	1	2,6
10 Oktober	6	2.040	6	7	8	69	8	95	8	122	0	0	7	466,6
11 Nopember	8	2.110	11	85	10	118	15	175	19	206	0	0	13	538,8
12 Desember	12	2.700	12	160	20	641	19	503	16	411	0	0	16	883
Total	101	25590	109	1554	124	3083	139	2996	103	2284	0	0	115	7231,4
Rata-Rata	8	2133	9	130	10	257	12	250	9	190	0	0	10	603

Sumber: BPS Karanganyar



Gambar 18. Peta Curah Hujan Kabupaten Karanganyar

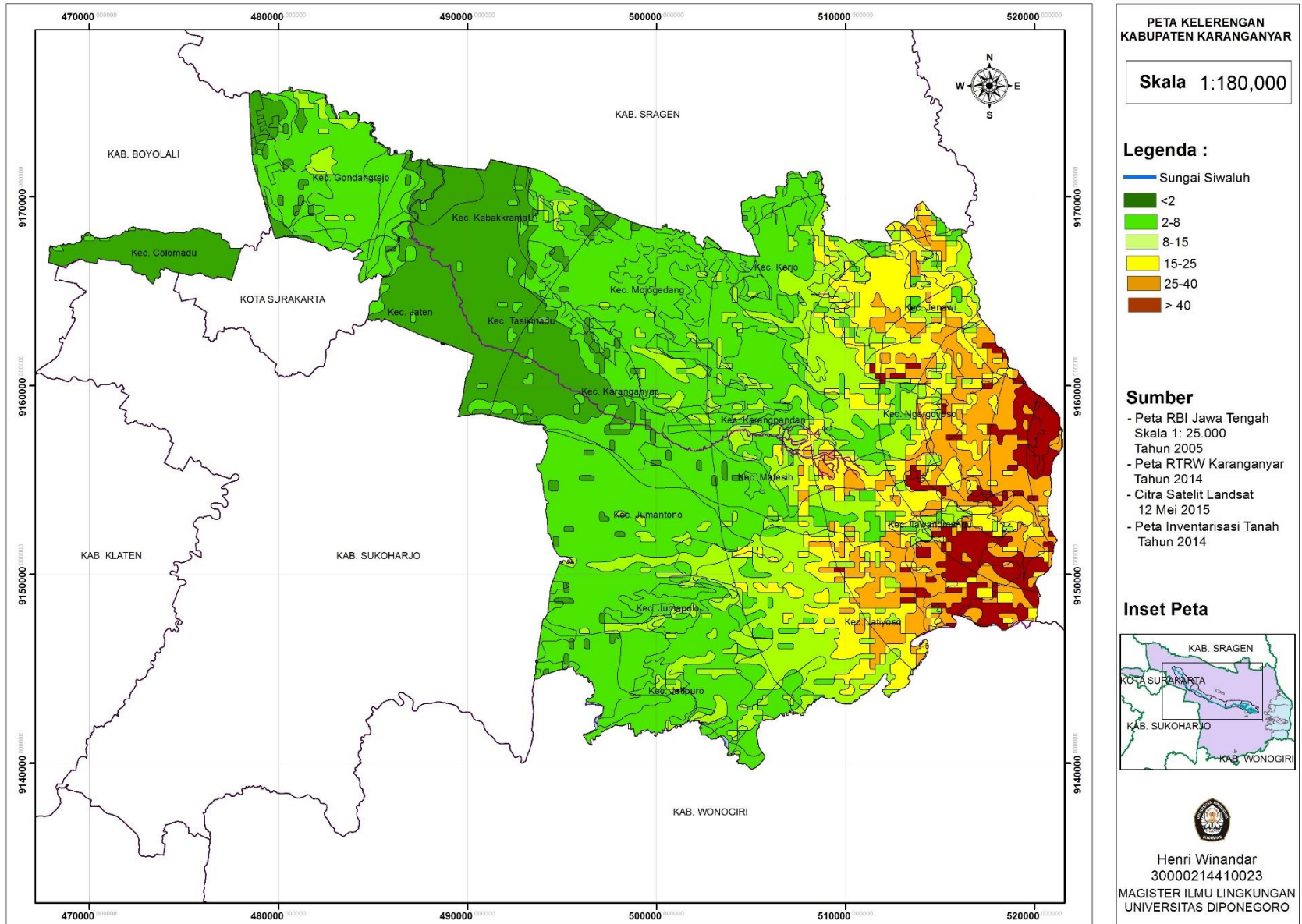
## 5. Topografi Sungai Siwaluh

Topografi Sungai Siwaluh berbeda dengan sungai induknya yaitu Sungai Bengawan Solo. Rata-rata ketinggian wilayah di Kabupaten Karanganyar berada di atas permukaan laut yakni sebesar 511 m, adapun wilayah terendah di kabupaten karanganyar berada di kecamatan Jaten yang hanya 90 m dan wilayah tertinggi berada di kecamatan tawangmangu yang mencapai 2000 m diatas permukaan laut. Ketinggian suatu tempat dapat diketahui dari peta topografi, diukur di lapangan atau melalui foto udara jika terdapat salah satu titik kontrol sebagai titik ikat. Ketinggian rata-rata pada suatu DAS merupakan faktor penting yang berpengaruh terhadap temperatur dan pola hujan khususnya pada daerah topografi bergunung.

Tabel 19. Ketinggian Wilayah Kabupaten Karanganyar

Kecamatan	Ketinggian (m)		
	Terendah	Tertinggi	Rata-rata
1. Jatipuro	500	1.200	770
2. Jatiyoso	800	1.550	950
3. Jumapolo	340	580	470
4. Jumantono	300	600	450
5. Matesih	380	750	450
6. Tawangmangu	800	2.000	1.200
7. Ngargoyoso	750	1.000	880
8. Karangpandan	450	650	500
9. Karanganyar	240	480	320
10. Tasikmadu	120	240	140
11. Jaten	90	105	98
12. Colomadu	130	150	140
13. Gondangrejo	140	170	150
14. Kebakkramat	80	187	95
15. Mojogedang	380	500	403
16. Kerjo	380	520	450
17. Jenawi	410	1.500	750
Kab. Karanganyar	80	2000	511

Sumber: BPS Karanganyar



Gambar 19. Peta Kelerengan Kabupaten Karanganyar

## 6. Jaringan Sungai

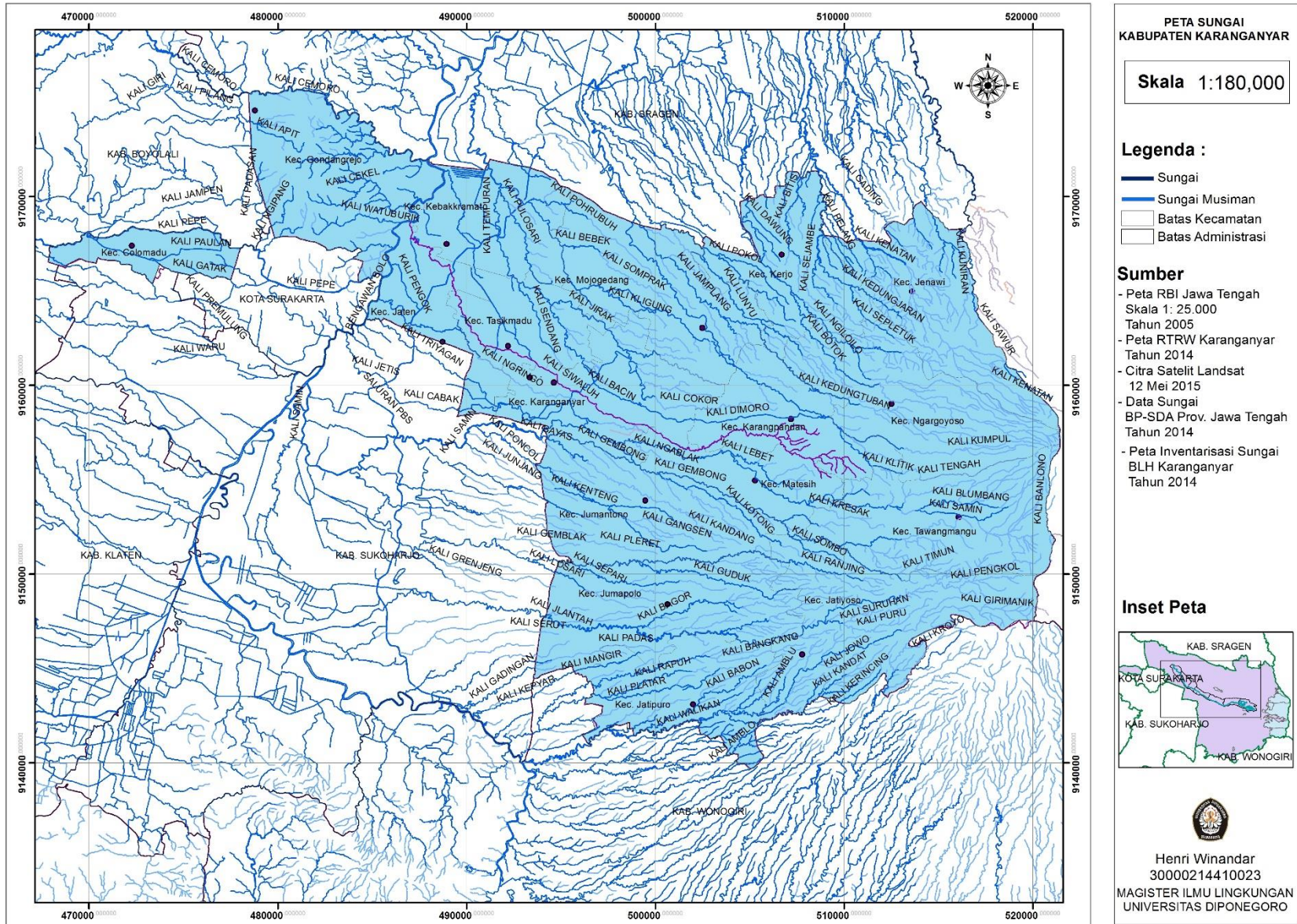
Pola aliran atau susunan sungai suatu DAS merupakan karakteristik fisik setiap drainase basin yang penting karena pola aliran sungai mempengaruhi efisiensi sistem drainase dan karakteristik hidrografis, dan pola aliran menentukan bagi pengelola DAS untuk mengetahui kondisi tanah dan permukaan DAS khususnya tenaga erosi. Panjang sungai terpanjang dan sungai induk DAS diukur dari outlet ke sumber asal air, yaitu dari mulut DAS (*outlet/mouth of watershed*) sampai sumber air. Sedangkan panjang sungai utama diukur dari mulut DAS sampai ujung sungai utama.

## 7. Pola Aliran

Terdapat bermacam-macam bentuk pola aliran yang masing-masing dirincikan oleh kondisi yang dilewati oleh sungai tersebut. Delapan jenis pola aliran yang biasa dijumpai adalah pola dendritik, parallel, trellis, rectangular, radial, annural, multibasinal dan *contorted*. Pola aliran dendritik yang mencirikan sebagian besar sungai-sungai di Indonesia, dapat dijumpai dalam kondisi yang berbeda-beda menurut batuanannya.

## 8. Pemanfaatan Sungai Siwaluh

Sungai Siwaluh dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan terutama bagi sekali bagi pertanian, perkebunan dan perikanan. Debit Sungai Siwaluh yang cukup tinggi karena telah berkontribusi untuk keperluan Irigasi pada Kabupaten Karanganyar melalui berbagai saluran primer yang berada dari hulu sampai hilir Sungai Siwaluh. Penduduk disekitar Sungai Siwaluh juga memanfaatkan untuk keperluan Mandi Cuci Kaks (MCK) terutama dibagian hulu Sungai. Di sepanjang alirannya, sungai ini menyimpan banyak bahan galian golongan C. Di beberapa bagian sungai terutama pada musim kemarau aktivitas penambangan pasir marak dilakukan oleh penduduk disekitar hulu Sungai Siwaluh. Pada bagian perkotaan, Sungai lebih difungsikan sebagai badan air penerima akhir (tempat pembuangan) limbah domestik dari pemukiman penduduk sehingga menyebabkan air sungai tercemar.



Gambar 20. Peta Sungai Kabupaten Karanganyar

#### 4.1.2. Wilayah Penyusun DAS Siwaluh

Secara Administratif DAS Siwaluh terdiri dari wilayah yang mencakup 6 kecamatan pada Kabupaten Karanganyar, sebagai berikut:

##### 1. Kecamatan Karangpandan.

###### a. Letak Geografis.

Kecamatan Karangpandan merupakan salah satu kecamatan dari 17 kecamatan yang ada di Kabupaten Karanganyar. Jarak dari ibukota kabupaten 13 km arah timur. Luas wilayah Kecamatan Karangpandan adalah 34,17 km<sup>2</sup> dengan ketinggian rata-rata 517 m di atas permukaan laut, dengan batas administratif:

- Sebelah Utara : Kecamatan Ngargoyoso
- Sebelah Selatan : Kecamatan Matesih
- Sebelah Barat : Kecamatan Karanganyar
- Sebelah Timur : Kecamatan Tawangmangu

Luas wilayah Kecamatan Karangpandan adalah 34,17 km. Desa yang mempunyai luas terbesar yaitu Desa Tohkuning, 5,51 km<sup>2</sup> sedangkan yang terkecil yaitu Desa Harjosari, 2,09 km<sup>2</sup>. Kecamatan Karangpandan terdiri dari 11 desa, 67 dusun, 122 dukuh, 115 RW dan 298 RT (BPS Karanganyar, 2014). Seluruh desa sudah berklasifikasi desa swa sembada. Pembagian wilayah administratif desa sesuai dengan Tabel 20.

Tabel 20. Desa pada Kecamatan Karangpandan

Desa	Jumlah Penduduk	Luas Wilayah (Km <sup>2</sup> )	Kepadatan Penduduk Kasar
01 Bangsri	4.229	4,17	1.014
02 Ngemplak	3.706	3,67	1.010
03 Dopleng	2.962	2,84	1.043
04 Gerdu	3.167	3,73	849
05 Karang	3.969	2,40	1.661
06 Salam	2.579	2,31	1.124
07 Karangpandan	5.452	2,88	1.887
08 Tohkuning	4.898	5,51	889
09 Gondangmanis	2.540	2,28	1.114
010 Dayu	2.366	2,29	1.033
011 Harjosari	3.183	2,08	1.523
Jumlah	39.051	34,17	1.143

Sumber: Karanganyar Dalam Angka 2014

b. Kondisi Sosial Ekonomi.

Jumlah Penduduk di Kecamatan Karangpandan tahun 2013 sebanyak 39.051 jiwa, yang terdiri dari laki-laki 19.217 jiwa dan perempuan 19.852 jiwa. Pada tahun 2013 kepadatan penduduk Kecamatan Karangpandan mencapai 1.143 jiwa/km<sup>2</sup>. Sesuai dengan kondisi alam Kecamatan Karangpandan yang pegunungan, maka sebagian besar penduduknya mempunyai mata pencaharian di sektor pertanian (petani sendiri dan buruh tani). Kemudian sebagai buruh industri/karyawan swasta, buruh bangunan dan pedagang. Selebihnya adalah sebagai pengusaha, di sektor pengangkutan, PNS/TNI/Polri, pensiunan, jasa-jasa dan lain-lain.

2. Kecamatan Matesih.

a. Letak Geografis.

Kecamatan Matesih merupakan salah satu kecamatan dari 17 kecamatan yang ada di Kabupaten Karanganyar. Jarak dari ibukota kabupaten 15 km arah timur. Luas wilayah Kecamatan Matesih adalah 26,27 km<sup>2</sup> dengan ketinggian rata-rata 461 m di atas permukaan laut. Batas wilayah Kecamatan Matesih:

- Sebelah Utara : Kecamatan Karangpandan
- Sebelah Selatan : Kecamatan Jumantono
- Sebelah Barat : Kecamatan Karanganyar
- Sebelah Timur : Kecamatan Tawangmangu

Kecamatan Matesih terdiri dari 9 desa, 78 dusun, 155 dukuh, 124 RW dan 326 RT. Desa dengan luas terbesar yaitu Desa Pablengan seluas 4,28 km<sup>2</sup> dan yang terkecil yaitu Desa Gantiwarno seluas 1,83 km<sup>2</sup>. Seluruh desa sudah berklasifikasi desa swa sembeda. Pembagian wilayah administratif desa pada Kecamatan Matesih sesuai dengan Tabel 21.

Tabel 21. Desa pada Kecamatan Matesih

Desa	Jumlah Penduduk	Luas Wilayah (km <sup>2</sup> )	Kepadatan Penduduk
01 Ngadiluwih	5.495	3,38	1.627
02 Dawung	3.897	2,57	1.519
03 Matesih	6.654	2,75	2.423
04 Karangbangun	5.090	2,71	1.875
05 Koripan	3.854	2,37	1.628

06 Girilayu	3.673	3,11	1.179
07 Pablengan	4.159	4,28	972
08 Plosorejo	4.244	3,27	1.299
09 Gantiwarno	2.676	1,83	1.461
Jumlah	39.742	26,27	1.513

Sumber: Karanganyar Dalam Angka 2014

#### b. Kondisi Sosial Ekonomi.

Jumlah Penduduk di Kecamatan Matesih tahun 2013 sebanyak 39.742 jiwa, yang terdiri dari laki-laki 19.648 jiwa dan perempuan 20.094 jiwa. Pada tahun 2013 kepadatan penduduk Kecamatan Matesih mencapai 1.513 jiwa/km<sup>2</sup>. Sesuai dengan kondisi alam Kecamatan Matesih yang pegunungan, maka sebagian besar penduduknya mempunyai mata pencaharian di sektor pertanian (petani sendiri dan buruh tani). Kemudian sebagai buruh industri/ karyawan swasta, buruh bangunan dan pedagang. Selebihnya adalah sebagai pengusaha, di sektor pengangkutan, PNS/TNI/Polri, pensiunan, jasa-jasa dan lain-lain.

### 3. Kecamatan Karanganyar.

#### a. Letak Geografis.

Kecamatan Karanganyar merupakan salah satu kecamatan dari 17 kecamatan yang ada di Kabupaten Karanganyar. Jarak dari ibukota kabupaten 1 km arah timur. Luas wilayah Kabupaten Karanganyar adalah 43,03 km<sup>2</sup> dengan ketinggian rata-rata 195m di atas permukaan laut. Batas wilayah Kecamatan Karanganyar:

- Sebelah Utara : Kecamatan Mojogedang
- Sebelah Selatan : Kabupaten Sukoharjo dan Kecamatan Jumantono
- Sebelah Barat : Kecamatan Tasikmadu dan Kecamatan Jaten
- Sebelah Timur : Kecamatan Karangpandan dan Kecamatan Matesih

Kecamatan Karanganyar terdiri dari 12 kelurahan, 54 lingkungan, 189 dukuh, 162 RW dan 555 RT. Seluruh kelurahan sudah berklasifikasi desa swa karya dan swa sembada. Pembagian wilayah administratif kelurahan pada Kecamatan Karanganyar sesuai dengan Tabel 22.

Tabel 22. Kelurahan pada Kecamatan Karanganyar

Kelurahan	Jumlah	Luas Wilayah	Kepadatan
01 Lalung	8.014	4,03	1.988
02 Bolong	3.563	3,22	1.105
03 Jantiharjo	5.536	3,25	1.703
04 Tegalgede	9.392	3,86	2.435
05 Jungke	5.789	1,88	3.085
06 Cangakan	6.447	1,49	4.336
07 Karanganyar	4.458	0,52	8.548
08 Bejen	10.282	3,85	2.668
09 Popongan	7.514	3,48	2.158
010 Gayamdompo	5.495	3,69	1.488
011 Delingan	4.672	8,01	583
012 Gedong	6.064	5,74	1.057
Jumlah	77.226	43,02	1.795

Sumber: Karanganyar Dalam Angka 2014

b. Kondisi Sosial Ekonomi.

Jumlah Penduduk di Kecamatan Karanganyar tahun 2013 sebanyak 77.226 jiwa, yang terdiri dari laki-laki 37.936 jiwa dan perempuan 39.290 jiwa. Pada tahun 2013 kepadatan penduduk Kecamatan Karanganyar mencapai 1.795 jiwa/km<sup>2</sup>. Sebagian besar penduduk di Kecamatan Karanganyar mempunyai mata pencaharian sebagai buruh/karyawan sektor industri, sektor pertanian, wiraswasta/pedagang, dan buruh bangunan. Selebihnya adalah sebagai PNS/TNI/Polri, pengangkutan, pensiunan, jasa-jasa dan lain-lain.

4. Kecamatan Tasikmadu.

a. Letak Geografis.

Kecamatan Tasikmadu merupakan salah satu kecamatan dari 17 kecamatan yang ada di Kabupaten Karanganyar. Jarak dari ibukota kabupaten 3,5 km arah selatan. Luas wilayah Kecamatan Tasikmadu adalah 27,5973 km<sup>2</sup> dengan ketinggian rata-rata 123 m di atas permukaan laut. Batas wilayah Kecamatan Tasikmadu:

- Sebelah Utara : Kecamatan Mojogedang
- Sebelah Selatan : Kecamatan Karanganyar dan Kecamatan Jaten
- Sebelah Barat : Kecamatan Jaten dan Kecamatan Kebakkramat
- Sebelah Timur : Kecamatan Karanganyar

Kecamatan Tasikmadu terdiri dari 10 desa, 58 dusun, 80 dukuh, 85 RW dan 440 RT. Seluruh desa sudah berklasifikasi desa swa sembada. Pembagian wilayah administratif desa pada Kecamatan Tasikmadu sesuai dengan Tabel 23.

Tabel 23. Desa pada Kecamatan Tasikmadu

Desa	Jumlah Penduduk	Luas Wilayah (km <sup>2</sup> )	Kepadatan Penduduk
01 Buran	4.989	2,02	2.460
02 Papahan	7.161	2,29	3.122
03 Ngijo	6.969	2,35	2.969
04 Gaum	5.822	3,41	1.707
05 Suruh	6.364	2,64	2.412
06 Pandeyan	4.957	2,27	2.182
07 Karangmojo	6.004	2,96	2.031
08 Kaling	5.898	2,88	2.049
09 Wonolopo	4.496	2,42	1.854
010 Kalijirak	5.311	4,35	1.222
Jumlah	57.971	27,60	2.101

Sumber: Karanganyar Dalam Angka 2014

b. Kondisi Sosial Ekonomi.

Jumlah Penduduk di Kecamatan Tasikmadu tahun 2013 sebanyak 57.971 jiwa, yang terdiri dari laki-laki 28.345 jiwa dan perempuan 29.26 jiwa. Pertumbuhan penduduk Kecamatan Tasikmadu pada tahun 2013 sebesar 2,50 %, dan naik sedikit bila dibandingkan dengan hasil SP 2010. Pada tahun 2013 kepadatan penduduk Kecamatan Tasikmadu mencapai 2.101 jiwa/km<sup>2</sup>. Sesuai dengan kondisi Kecamatan Tasikmadu yang dekat dengan perkotaan, maka sebagian besar penduduknya mempunyai mata pencaharian di sektor industri dengan buruh industri/karyawan swasta, kemudian sektor pertanian (petani sendiri dan buruh tani, buruh bangunan, dan pedagang. Selebihnya adalah sebagai pengusaha, di sektor pengangkutan, PNS/TNI/Polri, pensiunan, jasa-jasa dan lain-lain.

5. Kecamatan Jaten

a. Letak Geografis.

Kecamatan Jaten merupakan salah satu kecamatan dari 17 kecamatan yang ada di Kabupaten Karanganyar. Jarak dari ibukota kabupaten 5 km arah barat. Luas

wilayah Kecamatan Jaten adalah 25,55 km<sup>2</sup> dengan ketinggian rata-rata 110 m di atas permukaan laut. Batas wilayah Kecamatan Jaten:

- Sebelah Utara : Kecamatan Kebakkramat
- Sebelah Selatan : Kabupaten Sukoharjo
- Sebelah Barat : Kota Surakarta
- Sebelah Timur : Kecamatan Tasikmadu dan Kecamatan Karanganyar

Kecamatan Jaten terdiri dari 8 desa, 46 dusun, 105 dukuh, 110 RW dan 567 RT. Seluruh desa sudah berklasifikasi desa swa sembada dan termasuk desa urban. Desa dengan dusun terbanyak adalah desa Ngringo, yaitu 8 dusun dan yang paling sedikit adalah desa Jati, yaitu 4 dusun. Sedangkan desa dengan jumlah RT terbanyak adalah desa Ngringo yaitu 170 RT dan yang paling sedikit adalah desa Suruhkalang, yaitu 24 RT. Pembagian wilayah administratif desa pada Kecamatan Jaten sesuai dengan Tabel 24.

Tabel 24. Desa pada Kecamatan Jaten

Desa	Jumlah Penduduk	Luas Wilayah (km <sup>2</sup> )	Kepadatan Penduduk
01 Suruhkalang	5.066	3,03	1.674
02 Jati	6.915	2,65	2.605
03 Jaten	15.329	2,77	5.527
04 Dagen	6.008	2,83	2.119
05 Ngringo	26.333	4,20	6.266
06 Jetis	5.507	2,63	2.097
07 Sroyo	9.780	4,60	2.127
08 Brujul	5.963	2,83	2.105
Jumlah	80.901	25,55	3.167

Sumber: Karanganyar Dalam Angka 2014

#### b. Kondisi Sosial Ekonomi.

Jumlah Penduduk di Kecamatan Jaten tahun 2013 sebanyak 80.901 jiwa, yang terdiri dari laki-laki 39.797 jiwa dan perempuan 41.104 jiwa. Pada tahun 2013 kepadatan penduduk Kecamatan Jaten mencapai 3.167 jiwa/km<sup>2</sup>. Sesuai dengan kondisi alam Kecamatan Jaten yang banyak industri, maka sebagian besar penduduknya mempunyai mata pencaharian di sektor industri. Kemudian sebagai buruh tani dan pedagang. Selebihnya adalah sebagai pengusaha, di sektor pengangkutan, PNS/TNI/Polri, pensiunan, jasa-jasa dan lain-lain.

## 6. Kecamatan Kebakkramat.

### a. Letak Geografis.

Kecamatan Kebakkramat merupakan salah satu kecamatan dari 17 kecamatan yang ada di Kabupaten Karanganyar. Jarak dari ibukota kabupaten 10,5 km arah barat laut. Luas wilayah Kecamatan Kebakkramat adalah 37,46 km<sup>2</sup> dengan ketinggian rata-rata 108 m di atas permukaan laut. Batas wilayah Kecamatan Kebakkramat:

- Sebelah Utara : Kabupaten Sragen
- Sebelah Selatan : Kecamatan Jaten
- Sebelah Barat : Kecamatan Gondangrejo
- Sebelah Timur : Kecamatan Tasikmadu

Kecamatan Kebakkramat terdiri dari 10 desa, 60 dusun, 119 dukuh, 124 RW dan 391 RT. Seluruh desa sudah berklasifikasi desa swa sembada. Pembagian wilayah administratif desa pada Kecamatan Kebakkramat yaitu:

Tabel 25. Desa pada Kecamatan Kebakkramat

Desa	Jumlah Penduduk	Luas Wilayah (km <sup>2</sup> )	Kepadatan Penduduk
01 Kemiri	8.581	3,91	2.195
02 Nangsri	5.897	2,52	2.340
03 Macanan	5.221	2,8	1.865
04 Alastuwo	6.575	4,12	1.596
05 Banjarharjo	3.841	3,08	1.247
06 Malangaten	4.929	3,35	1.471
07 Kaliwuluh	8.968	7,32	1.225
08 Pulosari	4.874	3,15	1.547
09 Kebak	4.682	3,78	1.239
010 Waru	6.139	3,43	1.790
<b>Jumlah</b>	<b>59.707</b>	<b>37,46</b>	<b>1.594</b>

Sumber: Karanganyar Dalam Angka 2014

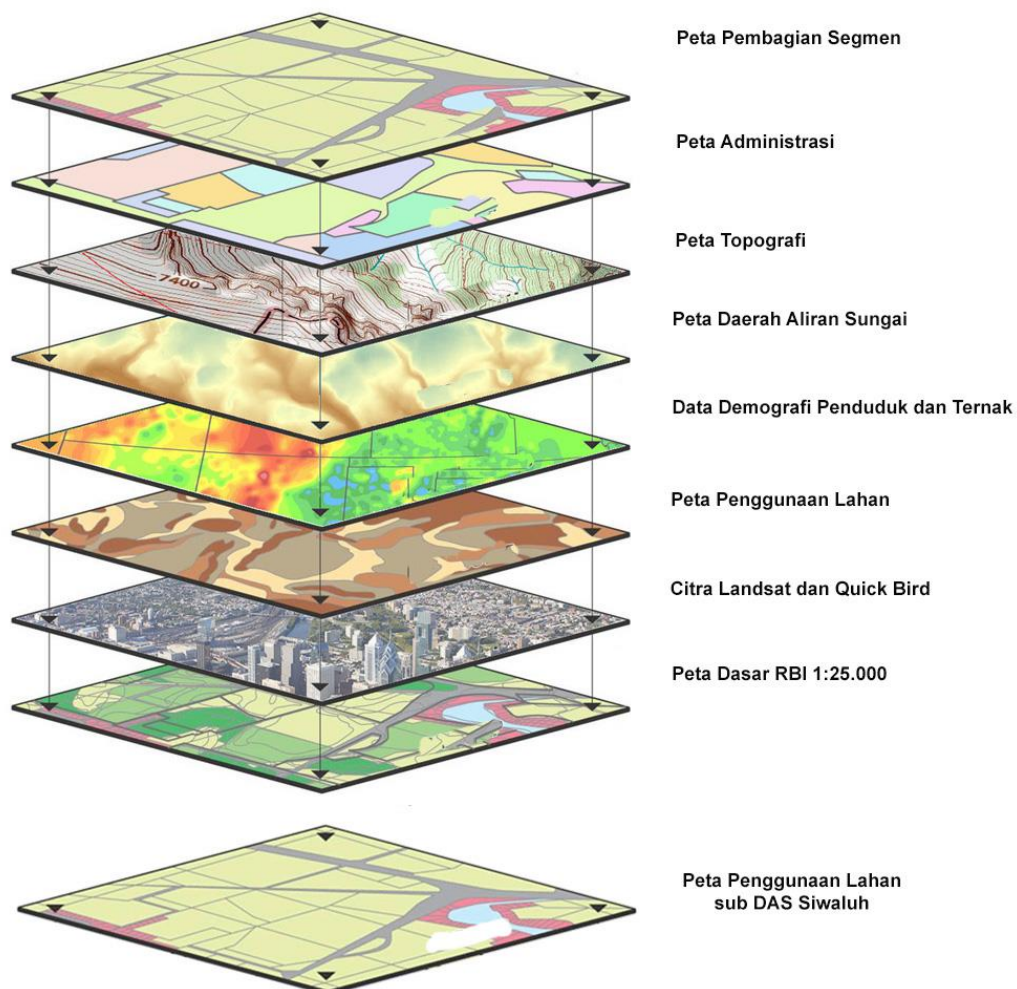
### b. Kondisi Sosial Ekonomi.

Jumlah Penduduk di Kecamatan Kebakkramat tahun 2013 sebanyak 59.707 jiwa, yang terdiri dari laki-laki 29.657 jiwa dan perempuan 30.050 jiwa. Pada tahun 2013 kepadatan penduduk Kecamatan Kebakkramat mencapai 1.594 jiwa/km<sup>2</sup>. Sesuai dengan kondisi alam Kecamatan Kebakkramat yang pegunungan, maka sebagian besar penduduknya mempunyai mata pencaharian

di sektor pertanian (petani sendiri dan buruh tani). Kemudian sebagai buruh industri/karyawan swasta, buruh bangunan dan pedagang. Selebihnya adalah sebagai pengusaha, di sektor pengangkutan, PNS/TNI/Polri, pensiunan, jasa-jasa dan lain-lain.

#### 4.2. Analisis Beban Pencemaran

Beban Pencemaran dihitung berdasarkan pendekatan penggunaan lahan. Penggunaan lahan untuk aktivitas manusia dibagi menjadi 3 (zona) yaitu pemukiman, pertanian dan industri. Langkah utama yang dilakukan yaitu membuat peta penggunaan lahan untuk mengetahui kondisi persebaran zona pemukiman, pertanian dan industri. Pembuatan peta penggunaan lahan dilakukan menggunakan bantuan *software* Arc GIS 10.



Gambar 21. Proses Pembuatan Peta Penggunaan Lahan sub DAS Siwaluh

#### 4.2.1. Penggunaan Lahan pada sub DAS Siwaluh

##### 1. Daerah Hulu

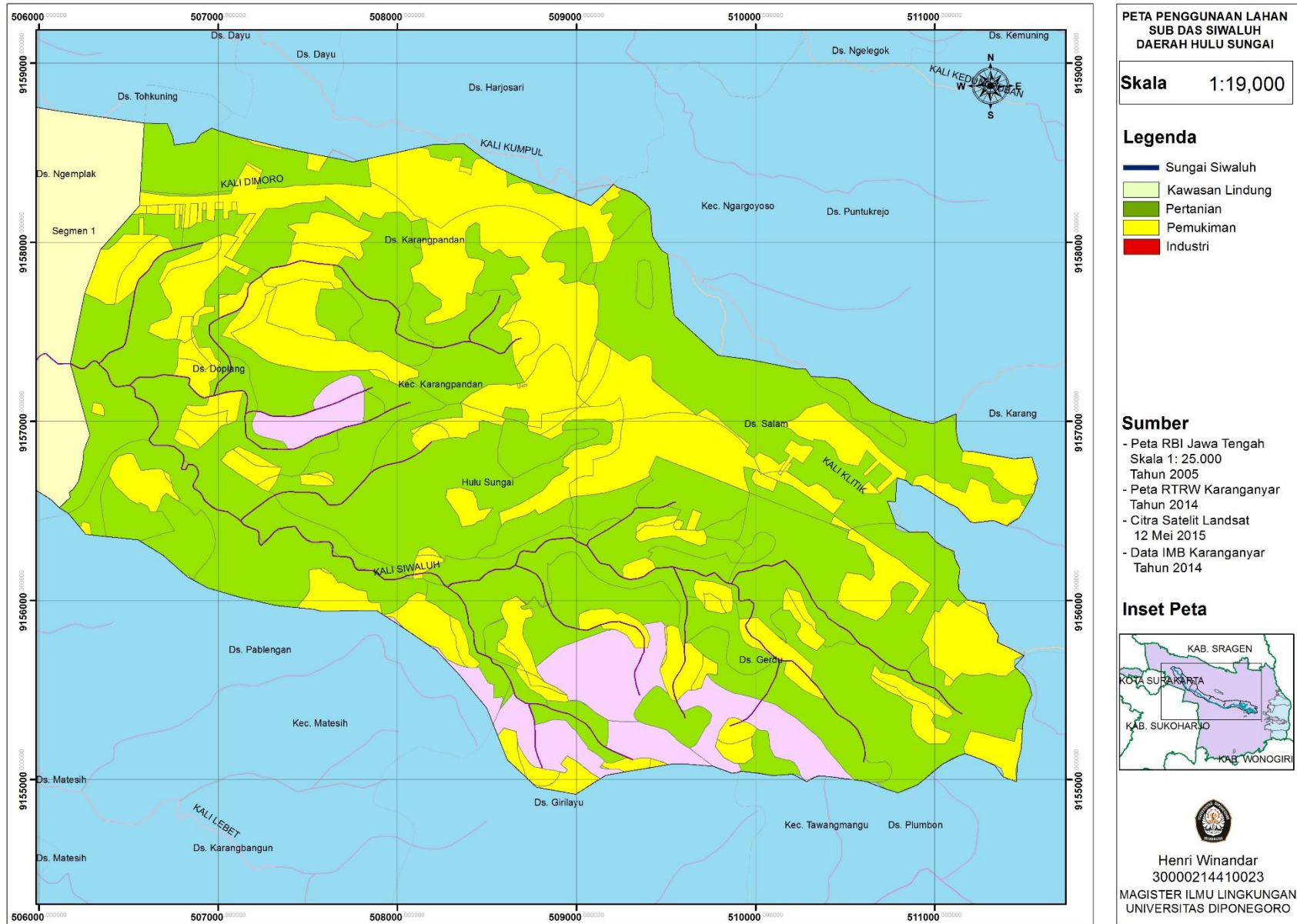
Daerah Hulu Sungai merupakan daerah disekitar hulu sungai siwaluh. Sungai Siwaluh memiliki hulu sungai berupa beberapa mata air yang berada di kaki gunung lawu. Secara administratif daerah hulu sungai disusun dari wilayah 7 desa yaitu Desa Doplang, Desa Gerdu, Desa Girilayu, Desa Karangpandan, Desa Pablengan, Desa Salam dan Desa Tohkuning. Berdasarkan analisis spasial pada peta penggunaan lahan, komposisi desa/kelurahan penyusun pada segmen 1 dijelaskan tabel dibawah.

Tabel 26. Desa/Kelurahan penyusun segmen Hulu Sungai

No.	Desa/Kelurahan	Luas Total (km <sup>2</sup> )	Luas masuk Segmen Hulu Sungai (km <sup>2</sup> )
1.	Desa Doplang	2,84	1,90
2.	Desa Gerdu	3,73	3,93
3.	Desa Girilayu	3,11	0,21
4.	Desa Karangpandan	2,88	2,61
5.	Desa Pablengan	4,28	1,02
6.	Desa Salam	2,31	2,32
7.	Desa Tohkuning	5,51	0,00
Total			11,99

Sumber: Perhitungan

Penggunaan Lahan pada segmen hulu sebagian besar didominasi dengan pertanian dan sebagian pemukiman. Ciri khas pemukiman pedesaan masih kental dalam pemukiman di segmen hulu sungai. Dibeberapa area terdapat kawasan lindung berupa hutan yang merupakan sumber resapan air pada DAS Siwaluh.



Gambar 22 Peta Penggunaan Lahan pada Daerah Hulu sub DAS Siwaluh

Beberapa mata air menjadi sumber air pada Sungai Siwaluh. Pada segmen hulu sumber pencemar yang teridentifikasi merupakan sumber pencemaran *non-point source* yaitu dari penggunaan lahan untuk pemukiman dan pertanian. Pada penelitian daerah hulu tidak dijadikan dasar perbandingan dalam penentuan beban pencemaran.

## 2. Segmen 1

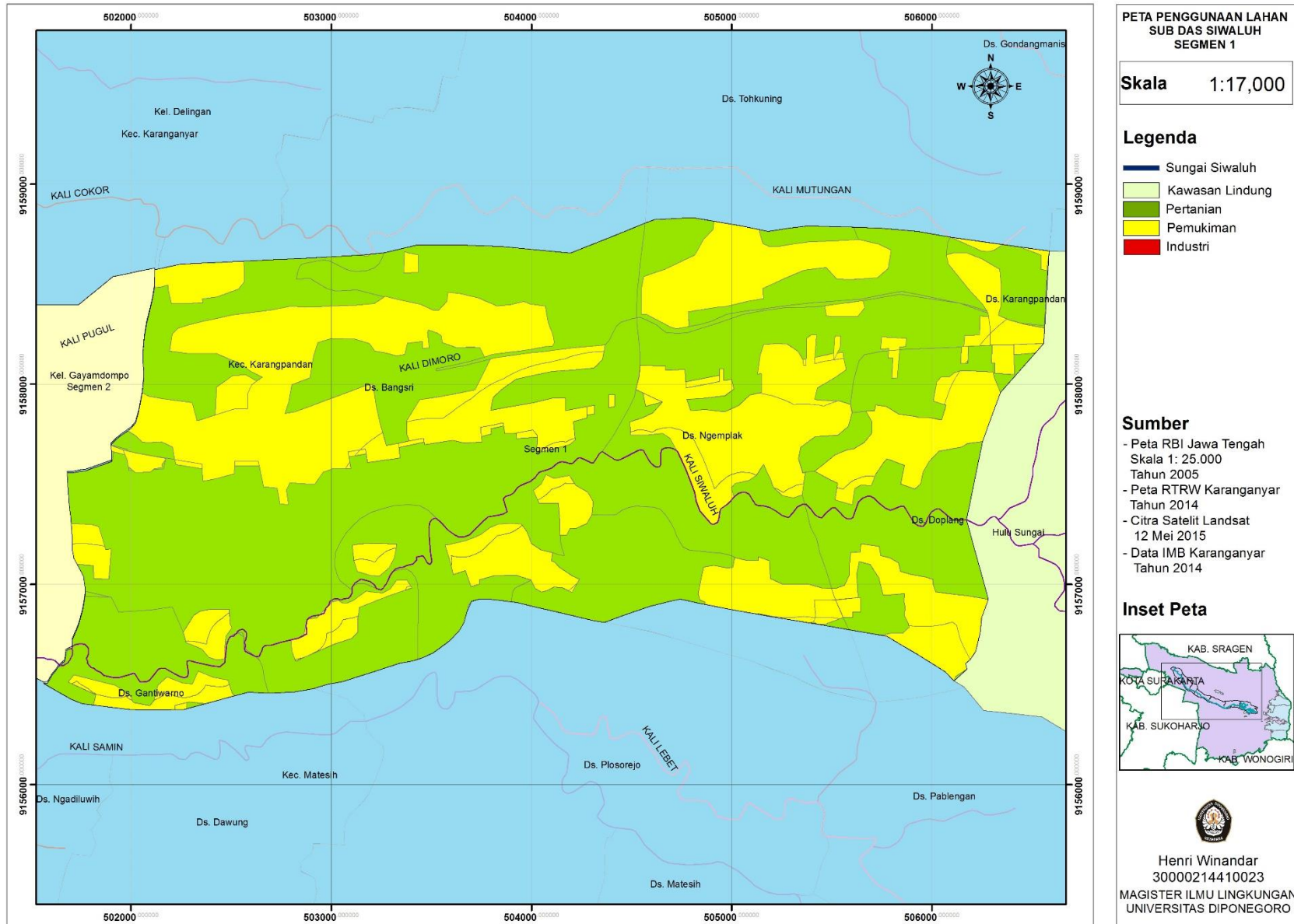
Secara administratif segmen 1 disusun dari wilayah berupa 6 desa dan 1 kelurahan yaitu Desa Bangsri, Desa Doplang, Desa Gantiwarno, Desa Karangpandan, Desa Ngemplak, Desa Tohkuning dan Kelurahan Gayamdompo. Berdasarkan analisis spasial pada peta penggunaan lahan, komposisi desa/kelurahan penyusun pada segmen 1 dijelaskan tabel dibawah.

Tabel 27. Desa/Kelurahan penyusun segmen 1

No.	Desa/Kelurahan	Luas Total (km <sup>2</sup> )	Luas masuk Segmen 1 (km <sup>2</sup> )
1.	Desa Bangsri	4,17	4,19
2.	Desa Doplang	2,84	1,18
3.	Desa Gantiwarno	1,83	0,39
4.	Desa Karangpandan	2,88	0,00
5.	Desa Ngemplak	3,67	3,12
6.	Desa Tohkuning	5,51	0,19
7.	Kelurahan Gayamdompo	3,69	0,00
Total			9,08

Sumber: Perhitungan

Penggunaan Lahan pada segmen 1 sebagian besar didominasi dengan pertanian dan sebagian pemukiman. Ciri khas pemukiman pedesaan masih kental dalam pemukiman di segmen hulu sungai. Air Sungai Siwaluh dimanfaatkan sebagai air irigasi dengan menggunakan saluran primer dan sekunder. Pada segmen 1 sumber pencemar yang teridentifikasi merupakan sumber pencemaran *non-point source* yaitu dari penggunaan lahan untuk pemukiman dan pertanian.



Gambar 23. Peta Penggunaan Lahan pada Segmen 1 sub DAS Siwaluh

### 3. Segmen 2

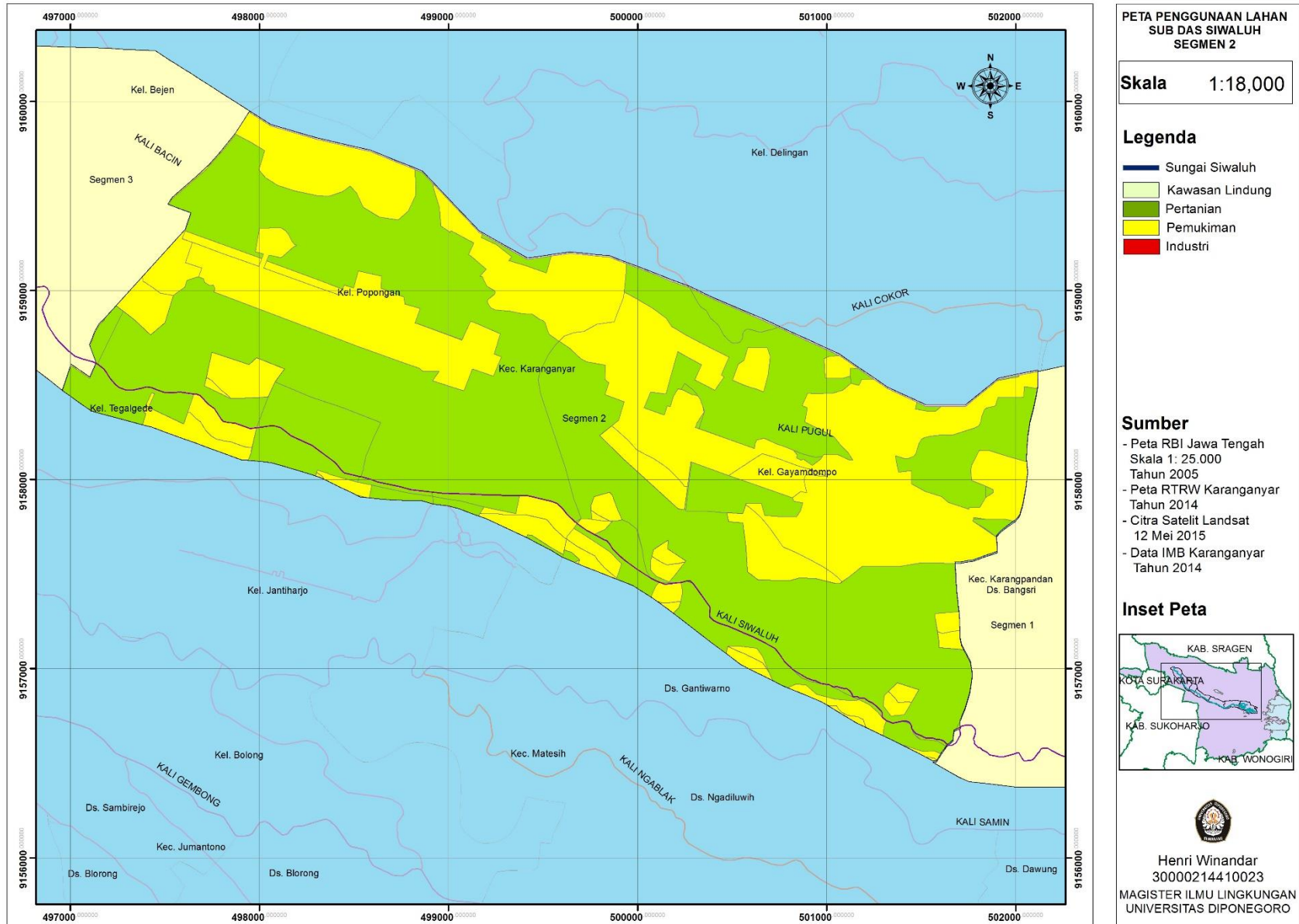
Secara administratif segmen 2 disusun dari wilayah 6 desa dan 5 kelurahan yaitu Desa Bangsri, Desa Doplang, Desa Gantiwarno, Desa Karangpandan, Desa Ngemplak, Desa Tohkuning, Kelurahan Delingan, Kelurahan Gayamdompo, Kelurahan Jantiharjo, Kelurahan Popongan dan Kelurahan Tegalgede. Berdasarkan analisis spasial pada peta penggunaan lahan, komposisi desa/kelurahan penyusun segmen 2 dijabarkan pada tabel dibawah.

Tabel 28. Desa/Kelurahan penyusun segmen 2

No.	Desa/Kelurahan	Luas Total (km <sup>2</sup> )	Luas masuk Segmen 2 (km <sup>2</sup> )
1.	Desa Bangsri	4,17	1,40
2.	Desa Doplang	2,84	0,48
3.	Desa Gantiwarno	1,83	0,27
4.	Desa Karangpandan	2,88	0,00
5.	Desa Ngemplak	3,67	1,18
6.	Desa Tohkuning	5,51	0,09
7.	Kelurahan Delingan	8,01	0,04
8.	Kelurahan Gayamdompo	3,69	2,06
9.	Kelurahan Jantiharjo	3,25	0,04
10.	Kelurahan Popongan	3,48	2,03
11.	Kelurahan Tegalgede	3,86	0,38
Total			7,87

Sumber: Perhitungan

Penggunaan Lahan pada segmen hulu sebagian besar didominasi dengan pertanian dan sebagian pemukiman. Ciri khas pemukiman pedesaan masih ada namun beberapa pemukiman dengan tipe perumahan mulai ada di segmen 2. Pada segmen 2 sumber pencemar yang teridentifikasi merupakan sumber pencemaran *non-point source* yaitu dari penggunaan lahan untuk pemukiman dan pertanian.



Gambar 24. Peta Penggunaan Lahan pada Segmen 2 sub DAS Siwaluh

#### 4. Segmen 3

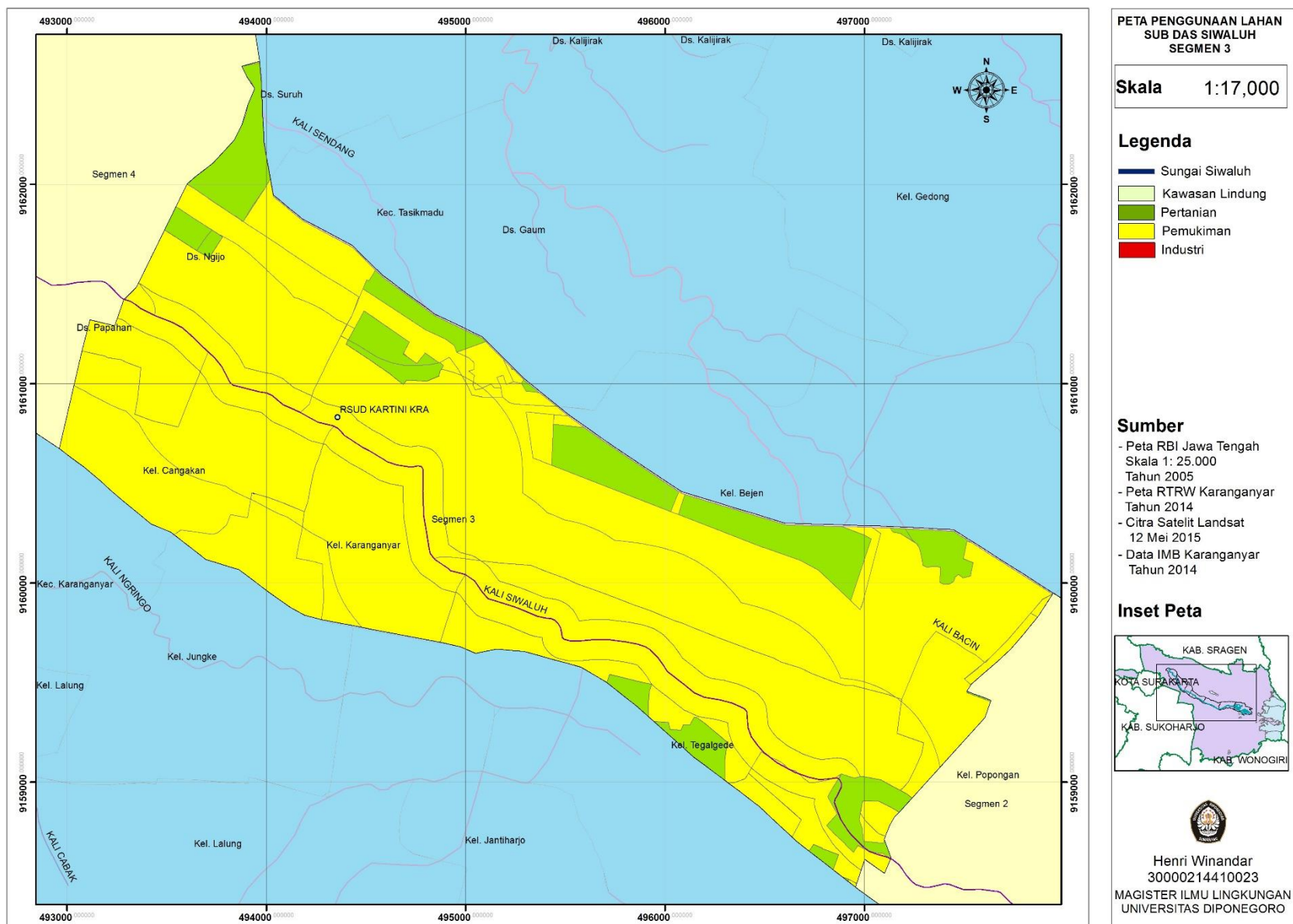
Secara administratif segmen 3 disusun dari wilayah 10 desa yaitu Desa Gaum, Desa Ngijo, Desa Papahan, Desa Suruh, Kelurahan Bejen, Kelurahan Cangakan, Kelurahan Jungke, Kelurahan Karanganyar, Kelurahan Popongan dan Kelurahan Tegalgede. Berdasarkan analisis spatial pada peta penggunaan lahan, komposisi desa/kelurahan penyusun segmen 3 dijabarkan pada tabel dibawah.

Tabel 29. Desa/Kelurahan penyusun segmen 3

No.	Desa/Kelurahan	Luas Total (km <sup>2</sup> )	Luas masuk Segmen 3 (km <sup>2</sup> )
1.	Desa Gaum	3,41	0,38
2.	Desa Ngijo	2,35	0,67
3.	Desa Papahan	2,02	0,21
4.	Desa Suruh	2,64	0,13
5.	Kelurahan Bejen	3,85	2,44
6.	Kelurahan Cangakan	1,49	0,75
7.	Kelurahan Jungke	1,88	0,21
8.	Kelurahan Karanganyar	0,52	0,56
9.	Kelurahan Popongan	3,48	0,23
10.	Kelurahan Tegalgede	3,86	1,45
Total			7,03

Sumber: Perhitungan

Penggunaan Lahan pada segmen 3 sebagian besar didominasi dengan pemukiman. Pemukiman padat menjadi ciri khas segmen 3 karena merupakan pusat pemerintahan Kabupaten Karanganyar. Pada segmen 3, sumber pencemar yang teridentifikasi yang berupa sumber pencemaran *point source* berasal dari IPAL Rumah Sakit Umum Daerah Karanganyar, sedangkan *non-point source* yaitu dari penggunaan lahan untuk pemukiman dan pertanian.



Gambar 25. Peta Penggunaan Lahan pada Segmen 3 sub DAS Siwaluh

#### 5. Segmen 4

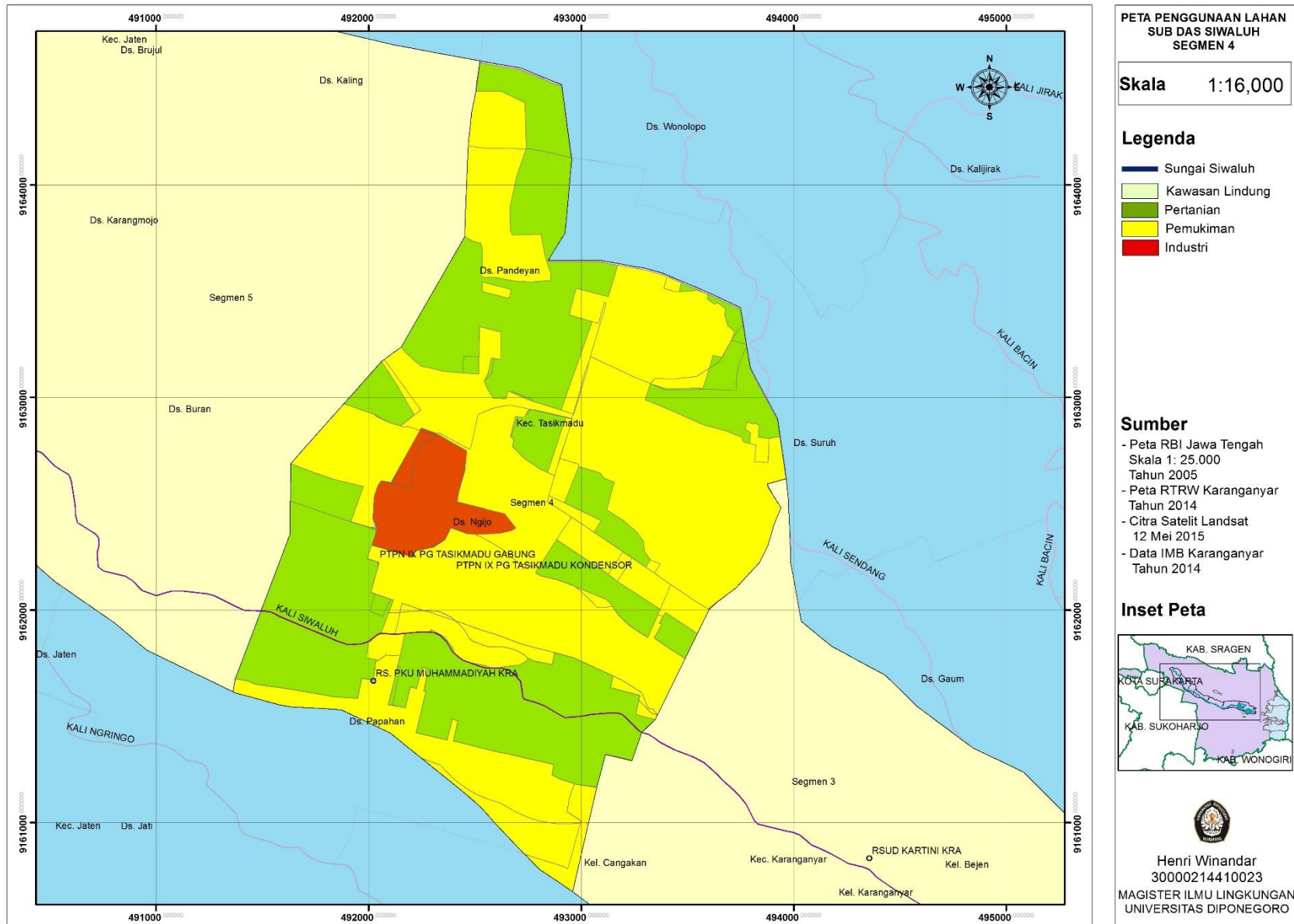
Secara administratif segmen 4 disusun dari wilayah 8 desa dan 1 kelurahan yaitu Desa Buran, Desa Kaling, Desa Karangmojo, Desa Ngijo, Desa Pandeyan, Desa Papahan, Desa Suruh, Desa Wonolopo dan Kelurahan Cangakan. Berdasarkan analisis spasial pada peta penggunaan lahan, komposisi desa/kelurahan penyusun segmen 4 dijabarkan pada tabel dibawah.

Tabel 30. Desa/Kelurahan penyusun segmen 4

No.	Desa/Kelurahan	Luas Total (km <sup>2</sup> )	Luas masuk Segmen 4 (km <sup>2</sup> )
1.	Desa Buran	2,02	0,21
2.	Desa Karangmojo	2,96	0,00
3.	Desa Karangmojo	2,96	0,00
4.	Desa Ngijo	2,35	1,22
5.	Desa Pandeyan	2,27	1,21
6.	Desa Papahan	2,29	1,13
7.	Desa Suruh	2,64	0,92
8.	Desa Wonolopo	2,42	0,18
9.	Kelurahan Cangakan	1,49	0,02
Total			5,10

Sumber: Perhitungan

Penggunaan Lahan pada segmen 4 sebagian besar pemukiman dan pertanian dimana terdapat Pabrik Gula yang mencakup area yang cukup luas. Pemukiman pada segmen 4 berupa pemukiman padat dengan bberapa berbentuk perumahan. Pada segmen 4, sumber pencemar yang teridentifikasi yang berupa sumber pencemaran *point source* berasal dari IPAL Pabrik Gula Tasikmadu sebanyak 2 buah dan IPAL Rumah Sakit Umum PKU Muhammadiyah Karanganyar, sedangkan *non-point source* yaitu dari penggunaan lahan untuk pemukiman dan pertanian.



Gambar 26. Peta Penggunaan Lahan pada Segmen 4 sub DAS Siwaluh

## 6. Segmen 5

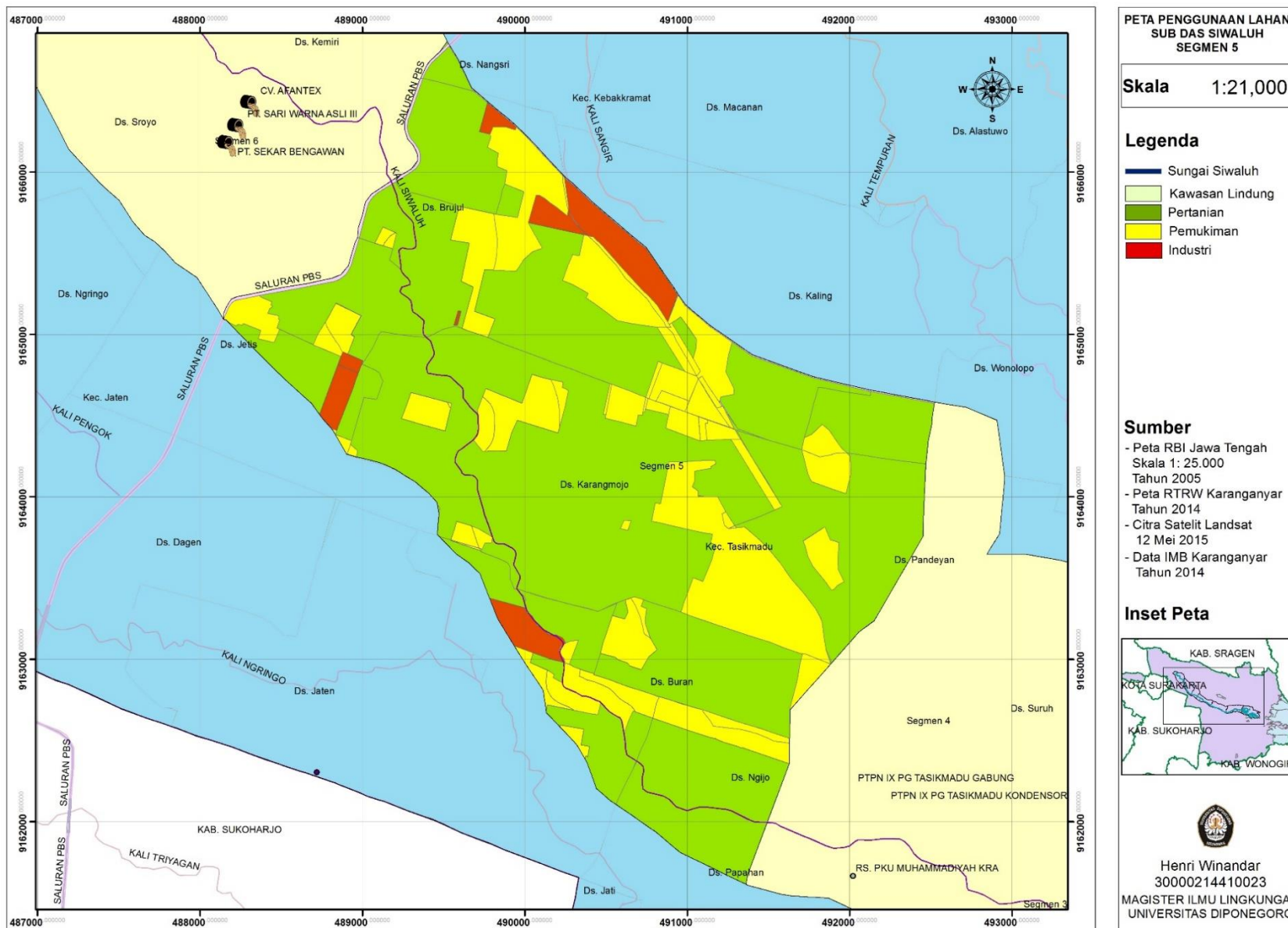
Secara administratif segmen 5 disusun dari wilayah 10 desa yaitu Desa Brujul, Desa Buran, Desa Jetis, Desa Kaling, Desa Karangmojo, Desa Ngijo, Desa Nangsri, Desa Pandeyan, Desa Papahan dan Desa Wonolopo. Berdasarkan analisis spasial pada peta penggunaan lahan, komposisi desa/kelurahan penyusun segmen 5 dijabarkan pada tabel dibawah.

Tabel 31. Desa/Kelurahan penyusun segmen 5

No.	Desa/Kelurahan	Luas Total (km <sup>2</sup> )	Luas masuk Segmen 5 (km <sup>2</sup> )
1.	Desa Brujul	2,83	1,96
2.	Desa Buran	2,02	1,25
3.	Desa Jetis	2,63	0,64
4.	Desa Kaling	2,88	0,70
5.	Desa Karangmojo	2,96	3,19
6.	Desa Nangsri	2,52	0,04
7.	Desa Ngijo	2,35	0,49
8.	Desa Pandeyan	2,27	0,90
9.	Desa Papahan	2,29	0,26
10.	Desa Wonolopo	2,42	0,00
Total			9,81

Sumber: Perhitungan

Penggunaan Lahan pada segmen 5 sebagian besar didominasi dengan pertanian, sebagian pemukiman serta gudang industri. Pemukiman pada segmen 5 berupa perumahan dan sebagian pemukiman umum. Pada segmen 5, sumber pencemar yang teridentifikasi berupa *non-point source* yaitu dari penggunaan lahan untuk pemukiman dan pertanian.



Gambar 27. Peta Penggunaan Lahan pada Segmen 5 sub DAS Siwaluh

### 7. Segmen 6

Secara administratif segmen 2 disusun dari wilayah 5 desa yaitu Desa Brujul, Desa Jetis, Desa Kemiri, Desa Nangsri dan Desa Sroyo. Penggunaan Lahan pada segmen 6 berupa industri, pemukiman dan pertanian. Berdasarkan analisis spatial pada peta penggunaan lahan, komposisi desa/kelurahan penyusun segmen 6 dijabarkan pada tabel dibawah.

Tabel 32. Desa/Kelurahan penyusun segmen 6

No.	Desa/Kelurahan	Luas Total (km <sup>2</sup> )	Luas masuk Segmen 6 (km <sup>2</sup> )
1.	Desa Brujul	2,83	0,75
2.	Desa Jetis	2,63	0,43
3.	Desa Kemiri	3,91	1,63
4.	Desa Nangsri	2,52	0,28
5.	Desa Sroyo	4,60	2,83
Total			6,85

Sumber: Perhitungan

Setidaknya ada 5 Industri besar yang berdiri pada segmen 6, dimana 4 diantaranya merupakan industri tekstil. Ada 2 industri yang berada di bantaran Sungai yaitu PT. Sari Warna I dan PT. Indo Acidatama. Pada segmen 6, sumber pencemar yang teridentifikasi yang berupa sumber pencemaran point source berasal dari 6 IPAL Industri Besar yaitu PT. Indo Acidatama, PT. Sari Warna Asli I (BARAT), PT. Sari Warna Asli I (TIMUR), PT. Sari Warna Asli III, CV. Afantex dan PT. Sekar Bengawan, sedangkan *non-point source* yaitu dari penggunaan lahan untuk pemukiman dan pertanian.



Gambar 28. Peta Penggunaan Lahan pada Segmen 6 sub DAS Siwaluh

#### 4.2.2. Perhitungan Beban Pencemaran

##### 1. Beban Pencemaran Point Sources

Untuk perhitungan Potensi Beban Pencemaran *Point Sources* menggunakan metode perhitungan langsung menggunakan data hasil pemantauan.

Tabel 33. Beban Pencemaran *Point Source*

No	Nama <i>Point Sources</i>	Segmen	Debit (l/jam)	Beban Pencemaran (kg/hari)		
				TSS	BOD	COD
1.	RSUD Kartini	3	5.000,00	0,48	0,88	1,79
2.	PG. Tasikmadu Gabung	4	11.666,67	0,84	0,63	1,19
3.	PG. Tasikmadu Kondensor	4	10.833,33	0,68	0,53	0,94
4.	RS PKU Muhammadiyah	4	2.916,67	0,53	0,69	1,64
5.	PT. Indo Acidatama	6	33.027,78	32,50	15,63	79,80
6.	PT. Sari Warna Asli I (BARAT)	6	34.327,38	19,65	12,91	33,60
7.	PT. Sari Warna Asli I (TIMUR)	6	44.255,95	27,31	22,86	45,23
8.	PT. Sari Warna Asli III	6	3.008,40	1,85	1,81	4,51
9.	CV. Afantex	6	2.845,24	1,34	1,05	2,51
10.	PT. Sekar Bengawan	6	20.833,33	14,64	9,47	22,19
Jumlah				99,83	66,45	193,40

Sumber: Hasil Perhitungan

##### 2. Beban Pencemaran *Non-Point Sources*

Beban pencemaran *non-point sources* dihitung melalui pendekatan dengan metode estimasi menggunakan faktor emisi. Beban pencemaran *non point source* berasal dari 5 sumber utama yaitu limbah domestik, pertanian, sampah, peternakan, UMKM dan hotel. Penggunaan lahan pemukiman menyumbang beban pencemaran dengan kategori limbah domestik, sampah, peternakan, hotel dan UMKM. Penggunaan lahan untuk kegiatan pertanian menyumbang beban pencemaran pertanian baik kegiatan pertanian sawah, tegalan maupun perkebunan. Hasil perhitungan beban pencemaran *non-point source* untuk masing-masing segmen, sebagai berikut :

###### a. Segmen 1

Pada segmen 1 merupakan segmen dengan penggunaan mayoritas lahan pertanian. Beban pencemaran didominasi oleh pencemar dari pertanian untuk parameter BOD dan COD sedangkan untuk parameter TSS beban pencemaran paling besar dari Limbah Domestik. Tabel dibawah menunjukkan nilai beban pencemaran untuk setiap parameter.

Tabel 34. Beban Pencemaran *Non-Point Source* pada Segmen 1

No	Jenis <i>Non-Point Sources</i>	Beban Pencemaran (kg/hari)		
		TSS	BOD	COD
1.	Limbah Domestik	93,45	98,37	135,25
2.	Pertanian	0,06	110,99	166,48
3.	Sampah	0,00	8,76	13,14
4.	Peternakan	0,00	29,97	74,14
5.	UMKM	2,84	15,75	34,65
6.	Hotel	0,00	0,00	0,00
	Total	96,34	263,83	423,65

Sumber: Analisis Data dan Perhitungan

b. Segmen 2

Pada segmen 2 merupakan segmen dengan penggunaan mayoritas lahan pertanian dengan pemukiman padat mulai bermunculan. Beban pencemaran didominasi oleh pencemar dari limbah domestik untuk parameter TSS, BOD dan COD kemudian disusul oleh beban pencemaran dari kegiatan pertanian. Tabel dibawah menunjukkan nilai beban pencemaran untuk setiap parameter kunci.

Tabel 35. Beban Pencemaran *Non-Point Source* pada Segmen 2

No	Jenis <i>Non-Point Sources</i>	Beban Pencemaran (kg/hari)		
		TSS	BOD	COD
1.	Limbah Domestik	156,37	164,60	226,32
2.	Pertanian	0,05	120,10	180,16
3.	Sampah	0,00	19,66	29,49
4.	Peternakan	0,00	37,75	92,46
5.	UMKM	7,52	41,75	91,85
6.	Hotel	0,00	0,00	0,00
	Total	163,93	383,86	620,27

Sumber: Analisis Data dan Perhitungan

c. Segmen 3

Pada segmen 3 merupakan segmen dengan penggunaan mayoritas lahan pemukiman padat. Beban pencemaran didominasi oleh pencemar dari limbah domestik untuk parameter TSS, BOD dan COD dengan selisih yang sangat tinggi dibanding sektor lainnya. Luas lahan yang digunakan untuk pemukiman mencapai lebih dari 90% dari total luasan lahan yang ada pada segmen 3. Tabel dibawah menunjukkan nilai beban pencemaran untuk setiap parameter kunci.

Tabel 36. Beban Pencemaran *Non-Point Source* pada Segmen 3

No	Jenis <i>Non-Point Sources</i>	Beban Pencemaran (kg/hari)		
		TSS	BOD	COD
1.	Limbah Domestik	1014,87	1068,29	1468,89
2.	Pertanian	0,02	116,09	174,13
3.	Sampah	0,00	50,47	75,71
4.	Peternakan	0,00	47,97	118,05
5.	UMKM	9,27	51,50	113,30
6.	Hotel	0,78	0,75	1,13
	Total	1024,95	1335,07	1951,21

Sumber: Analisis Data dan Perhitungan

d. Segmen 4

Pada segmen 4 merupakan segmen dengan penggunaan mayoritas lahan pemukiman padat. Beban pencemaran didominasi oleh pencemar dari limbah domestik untuk parameter TSS, BOD dan COD ditunjukkan tabel dibawah.

Tabel 37. Beban Pencemaran *Non-Point Source* pada Segmen 4

No	Jenis <i>Non-Point Sources</i>	Beban Pencemaran (kg/hari)		
		TSS	BOD	COD
1.	Limbah Domestik	406,54	427,94	588,42
2.	Pertanian	0,01	50,48	75,71
3.	Sampah	0,00	32,82	49,23
4.	Peternakan	0,00	24,70	60,80
5.	UMKM	7,52	41,75	91,85
6.	Hotel	0,92	0,88	1,33
	Total	414,99	578,57	867,34

Sumber: Analisis Data dan Perhitungan

e. Segmen 5

Pada segmen 5 merupakan segmen dengan penggunaan mayoritas lahan pemukiman padat. Beban pencemaran didominasi oleh pencemar dari limbah domestik untuk parameter TSS, BOD dan COD ditunjukkan tabel dibawah.

Tabel 38. Beban Pencemaran *Non-Point Source* pada Segmen 5

No	Jenis <i>Non-Point Sources</i>	Beban Pencemaran (kg/hari)		
		TSS	BOD	COD
1.	Limbah Domestik	276,12	290,66	399,65
2.	Pertanian	0,03	178,53	267,80
3.	Sampah	0,00	25,70	38,55
4.	Peternakan	0,00	20,17	49,54
5.	UMKM	0,00	0,00	0,00
6.	Hotel	0,00	0,00	0,00
	Total	276,16	515,05	755,54

Sumber: Analisis Data dan Perhitungan

f. Segmen 6

Pada segmen 6 merupakan segmen dengan penggunaan mayoritas lahan pemukiman padat. Beban pencemaran didominasi oleh pencemar dari limbah domestik untuk parameter TSS dan BOD. Namun demikian sektor peternakan pada segmen 6 menyumbang beban pencemaran pada parameter COD. Peternakan pada segmen 6 didominasi peternakan cluster dengan ternak utama yaitu babi. Ternak sapi diusahakan oleh peternak kecil saja. Tabel dibawah menunjukkan nilai beban pencemaran untuk setiap parameter.

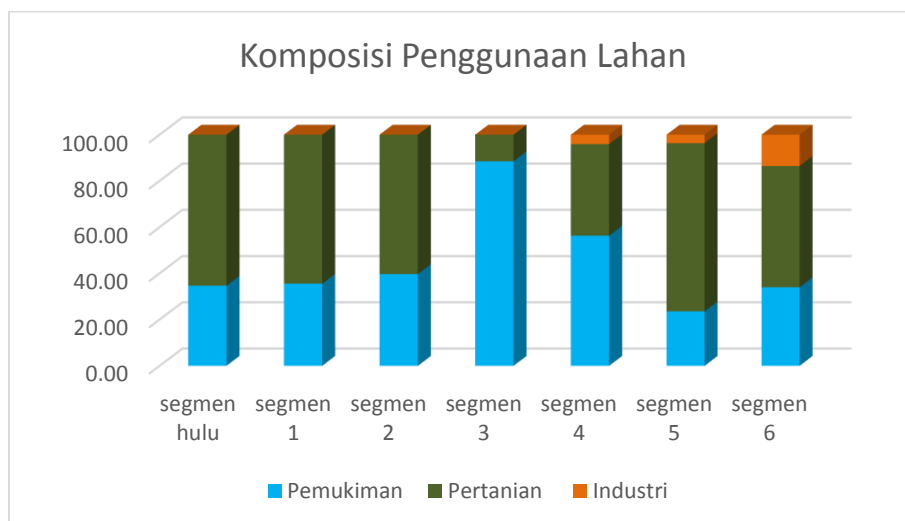
Tabel 39. Beban Pencemaran *Non-Point Source* pada Segmen 6

No	Jenis <i>Non-Point Sources</i>	Beban Pencemaran (kg/hari)		
		TSS	BOD	COD
1.	Limbah Domestik	231,74	243,94	335,42
2.	Pertanian	0,02	89,66	134,48
3.	Sampah	0,00	14,62	21,93
4.	Peternakan	0,00	175,49	477,66
5.	UMKM	0,00	0,00	0,00
6.	Hotel	0,00	0,00	0,00
	Total	231,76	523,70	969,49

Sumber: Analisis Data dan Perhitungan

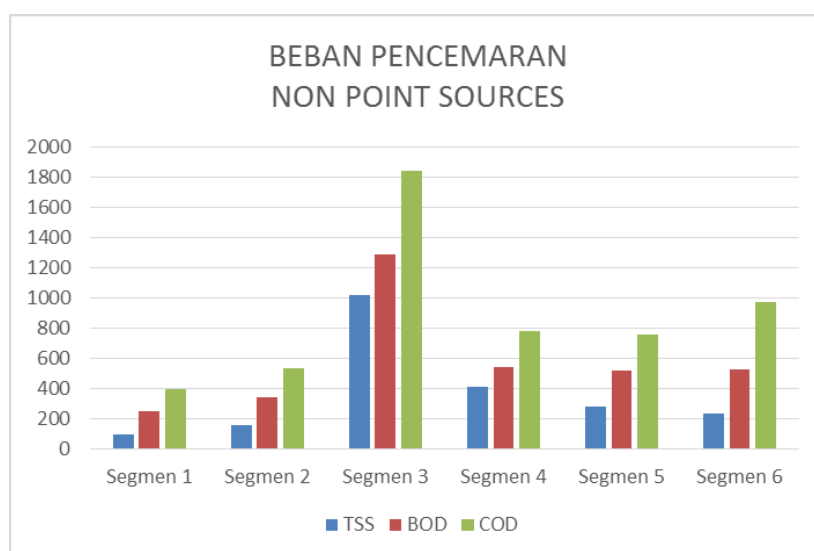
4.2.3. Pembahasan Beban Pencemaran

Daerah Aliran Sungai Siwaluh disusun oleh 6 kecamatan yang berada di Kabupaten Karanganyar. Aktivitas manusia untuk pemukiman mendominasi penggunaan lahan pada daerah hulu sungai dan terus meningkat sampai pada segmen 4 kemudian turun pada segmen 5. Hal tersebut sangat berbeda dengan aktivitas pertanian yang cenderung menurun dari segmen hulu sungai sampai segmen 3. Peningkatan aktivitas pertanian mulai meningkat pada segmen 4 dan paling tinggi pada segmen 5 yang merupakan lumbung pangan di Kabupaten Karanganyar. Aktivitas Industri mulai muncul pada segmen 4 yaitu Pabrik Gula Tasikmadu peninggalan zaman kolonial Belanda. Industri besar terkonsentrasi pada segmen 6 dengan industri tekstil sebagai industri utama. Komposisi luasan DAS Siwaluh dapat dijelaskan pada Gambar dibawah ini:



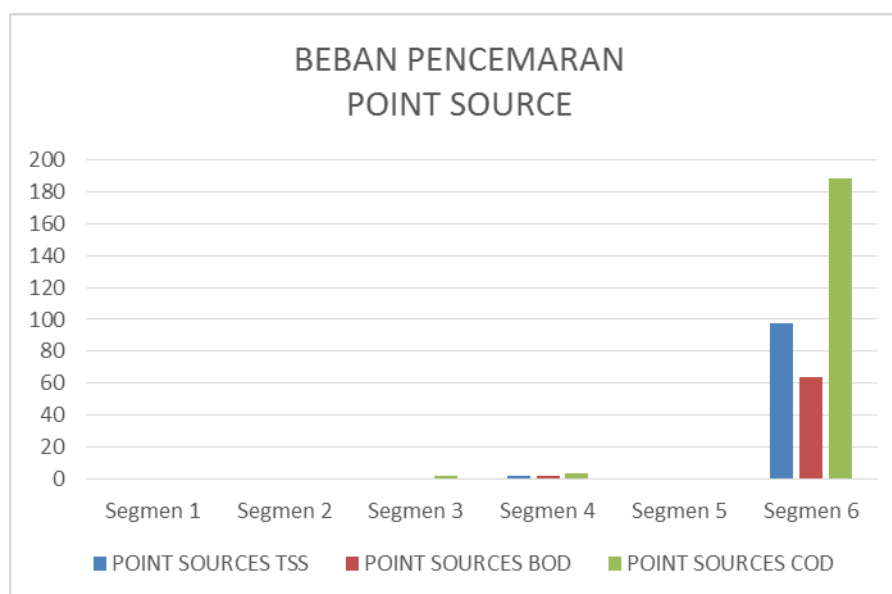
Gambar 29. Komposisi Penggunaan Lahan Budidaya pada DAS Siwaluh

Pada segmen 1 dan 2 tekanan terhadap lingkungan relatif kecil karena merupakan daerah hulu sungai. Penggunaan lahan untuk pertanian dan pemukiman hanya menyumbang potensi beban pencemaran yang relatif kecil dibandingkan segmen lainnya. Tidak adanya aktivitas industri menyebabkan beban pencemaran *point source* pada kedua segmen tersebut tidak ada. Segmen 1 memiliki beban pencemaran yang lebih kecil bila dibandingkan dengan segmen 2 dari 3 parameter. Karakteristik penggunaan lahan pada segmen 2 yang sudah mengarah pada pemukiman padat merupakan salah satu penyumbang beban pencemaran pada segmen tersebut.



Gambar 30. Grafik Beban Pencemaran *Non-Point Source*

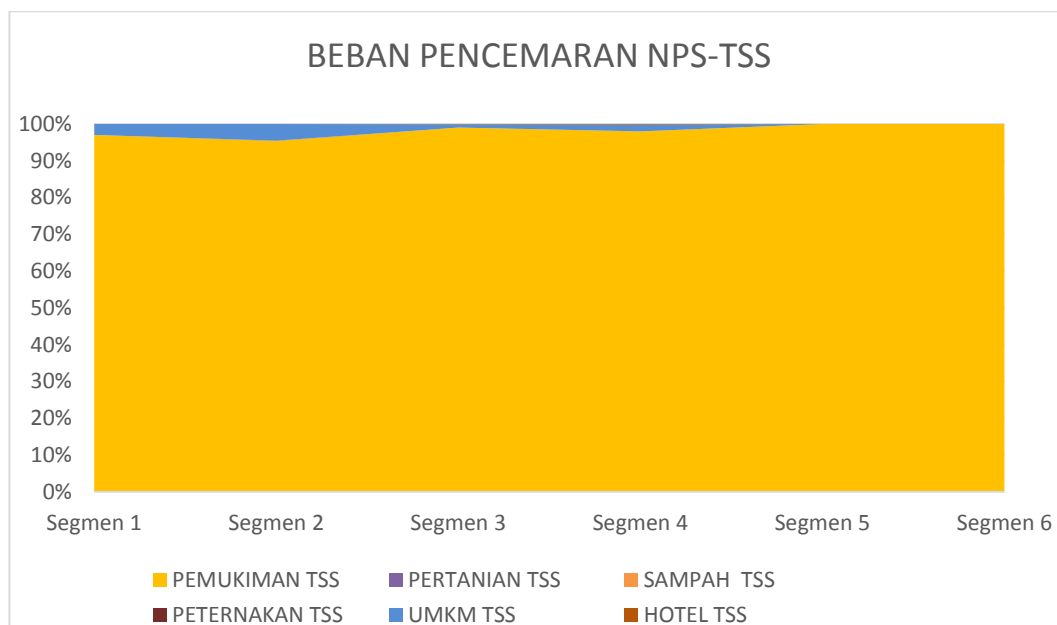
Pada segmen 3 terjadi peningkatan beban *non-point sources* akibat banyaknya pemukiman yang berada disegmen tersebut. Segmen 3 merupakan pusat administratif Kabupaten Karanganyar dimana kepadatan penduduk relatif tinggi. Pemukiman padat mulai mendominasi tipe pemukiman karena kebutuhan tempat tinggal yang tinggi. IPAL Rumah Sakit Umum Daerah menyumbang beban pencemaran *point source* pada segmen 3. Pada segmen 4 terjadi penurunan beban pencemaran yang signifikan dari *non-point source* dan penambahan beban *point source* dari IPAL PG. Tasikmadu dan RS. PKU Muhammadiyah. Kedua IPAL berjarak cukup jauh dari badan air sehingga air limbah yang keluar dari outlet tidak langsung mencemari badan air.



Gambar 31. Grafik Beban Pencemaran *Point Source*

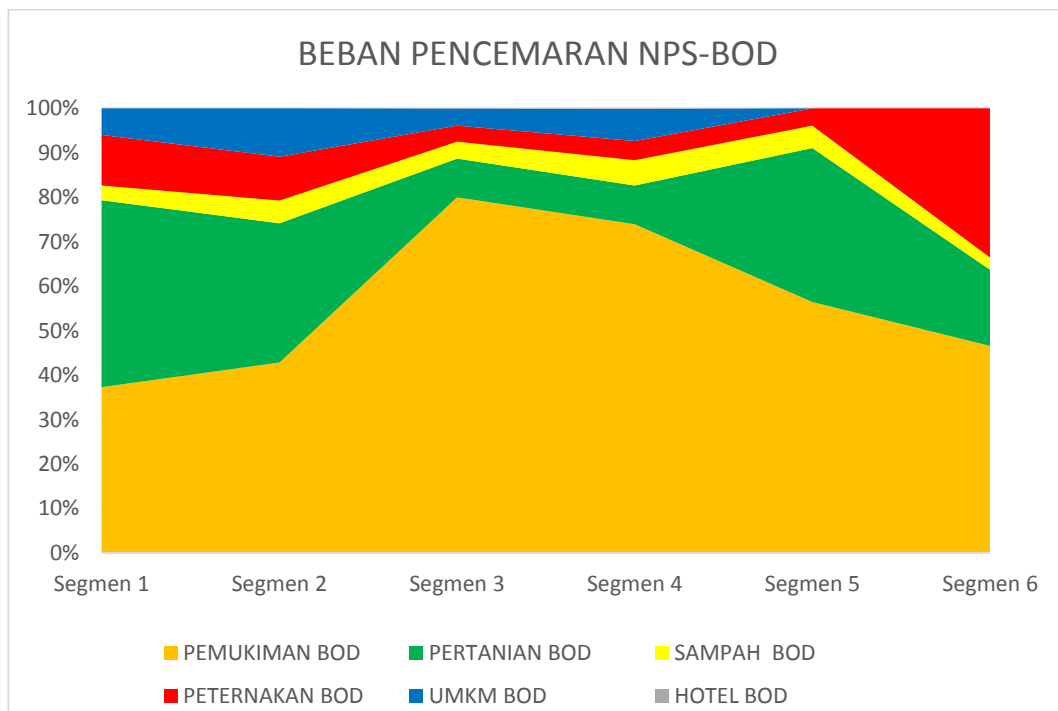
Beban pencemaran pada segmen 5 berasal dari pemukiman dan pertanian, industri yang berada pada segmen 5 hanya digunakan sebagai gudang sehingga tidak berkontribusi pada pencemaran air sungai. Segmen merupakan segmen hilir yang dikenal sebagai segmen yang paling disorot karena pencemaran yang tinggi (BLH Karanganyar, 2014b). Beban pencemaran *non-point source* berasal dari aktivitas pemukiman dan pertanian, sedangkan beban *point sources* berasal dari IPAL industri yang sebagian besar merupakan industri tekstil dan kimia. Karakteristik *point source* pada segmen 6 yaitu jarak IPAL ke badan air yang dekat sehingga air limbah akan berdampak langsung dan cepat pada pencemaran sungai.

Berdasarkan komposisi penyusun pencemaran maka untuk setiap parameter kunci memiliki trend yang berbeda. Untuk parameter TSS beban pencemaran sebagian besardisumbang oleh aktivitas manusia dari zona penggunaan lahan pemukiman, pencemaran berasal dari limbah domestik. Hal tersebut ditunjukkan pada grafik dibawah.



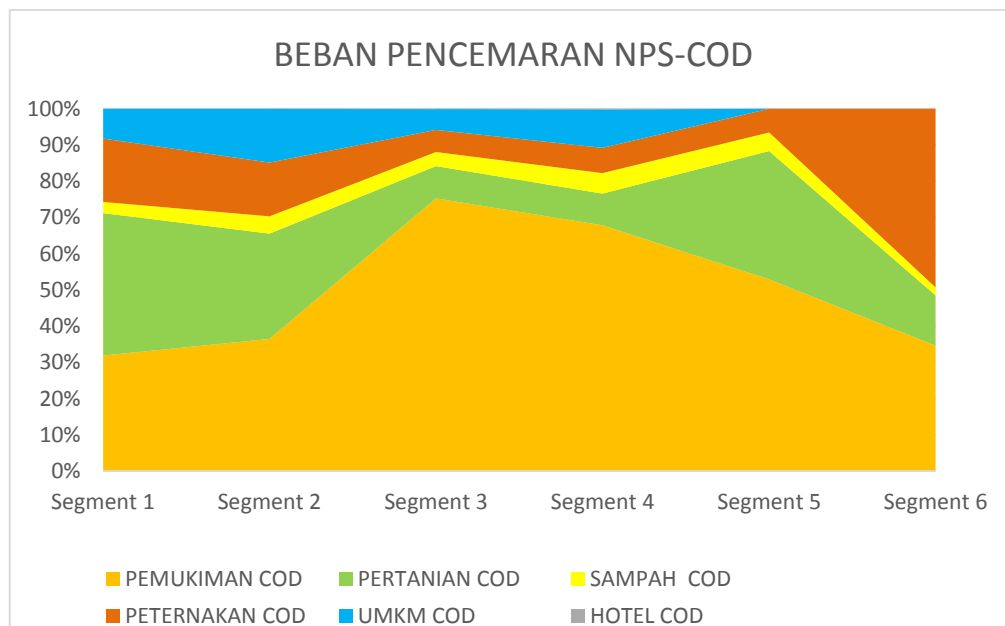
Gambar 32. Komposisi Beban Pencemaran *Non-point sources* – TSS.

Untuk parameter BOD, beban pencemaran terbesar disumbang dari zona penggunaan lahan pemukiman. Trend penggunaan lahan untuk pemukiman semakin besar menuju pusat kota (segmen 3) sehingga beban pencemaran pada segmen 3 mengalami titik tertinggi. Pemukiman selain menyumbang pencemaran dari limbah domestik, juga menyumbang dari sektor sampah dan peternakan. Khusus sektor peternakan, pada banyak wilayah masih menyelenggarakan peternakan individu dengan sedikit hewan ternak yang berada di rumah penduduk sehingga kuantifikasi faktor emisi memasukkan beban pencemaran dari peternakan berdasarkan kepadatan ternak dari zona penggunaan lahan untuk pemukiman. Komposisi penyumbang pencemaran *non-point sources* untuk parameter BOD seperti dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 33. Komposisi Beban Pencemaran *Non-point sources* – BOD.

Untuk parameter COD memiliki trend yang hampir mirip dengan parameter BOD, beban pencemaran terbesar disumbang dari zona penggunaan lahan pemukiman seperti dilihat pada gambar dibawah.



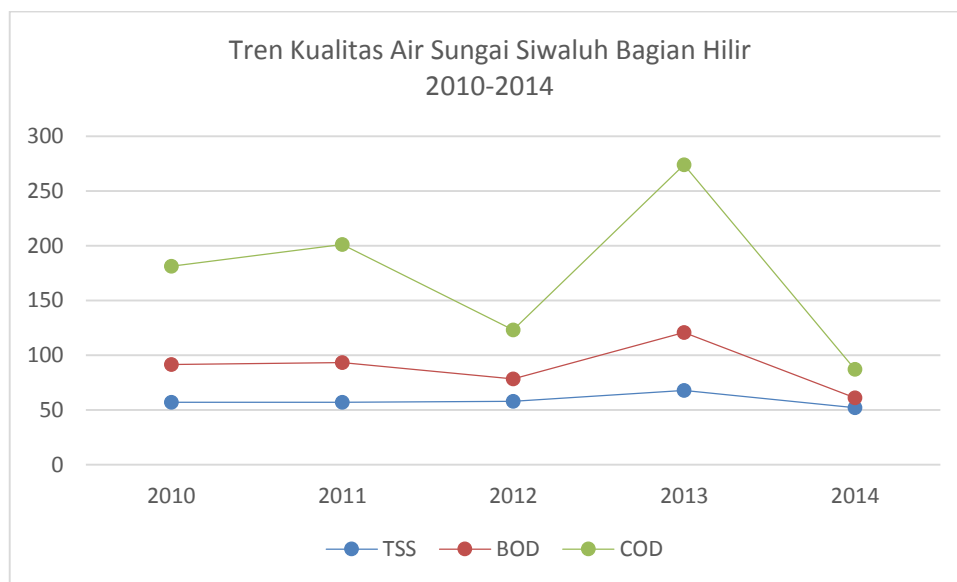
Gambar 34. Komposisi Beban Pencemaran *Non-point sources* – COD.

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa peternakan menjadi penyumbang beban pencemaran tertinggi pada segmen 6. Hal tersebut dikarenakan segmen 6 memiliki karakteristik dimana terdapat peternakan kluster untuk hewan jenis babi. Peternakan babi diusahakan berada di dekat sungai dan limbah dari peternakan biasanya langsung dibuang ke badan air. Peternakan dalam peta penggunaan lahan tidak diklasifikasikan secara khusus sehingga masuk zonasi penggunaan lahan pemukiman dimana faktor emisi menggunakan pendekatan kepadatan populasi ternak dalam perhitungannya. Hal tersebut mengakibatkan beban pencemaran dari sektor peternakan sangat tinggi dimana untuk parameter COD untuk beban pencemaran sektor peternakan melampaui beban pencemaran akibat limbah domestik.

#### 4.3. Analisis Kualitas Air

Pencemaran Air pada Sungai Siwaluh dapat dilihat dari nilai parameter kualitas air sungai dari hasil uji laboratorium. Selama 5 tahun terakhir, Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Karanganyar mengadakan pemantauan kualitas air Sungai Siwaluh secara periodik. Data sekunder hasil pemantauan Badan Lingkungan Hidup selama 5 (lima) tahun terakhir dari 4 (empat) titik sampling di Sungai Siwaluh ditunjukkan pada Tabel 40. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa pengambilan sampel masih belum terprogram secara baik. Hal tersebut dapat dilihat dari penentuan waktu pengambilan sampel yang tidak konsisten sehingga tidak menggambarkan keadaan sungai siwaluh sebenarnya. Penentuan lokasi sampel setiap tahun juga tidak konsisten sehingga data historis tidak bagus apabila dipakai dalam perhitungan.

Dengan perubahan lokasi sampling setiap tahunnya maka trend kualitas air Sungai Siwaluh sulit ditentukan kecuali pada hilir Sungai Siwaluh yaitu pada segmen Sroyo dimana selama 4 tahun terakhir lokasi pengambilan sampel selalu konsisten pada titik yang sama dan berada pada wilayah tersebut walaupun terdapat perbedaan waktu pengambilan sampel pada setiap tahunnya. Gambar 35 menunjukkan trend kualitas air sungai siwaluh bagian hilir yaitu pada segmen Sroyo.



Gambar 35. Tren Kualitas Air Sungai Siwaluh Hilir tahun 2010-2014

Dari gambar tersebut menunjukkan adanya trend peningkatan pencemaran di segmen Sroyo dari tahun ke tahun pada musim kemarau. Apabila dibandingkan dengan baku mutu kelas II maka parameter TSS, BOD, dan COD pada lima tahun terakhir melampaui nilai baku mutu. Pengambilan sampel diambil pada bulan yang berbeda-beda sehingga terjadi ketidakkonsistenan data. Hal tersebut berpengaruh pada nilai parameter kualitas air. Nilai parameter kualitas air sungai pada musim kemarau tentunya akan sangat berbeda dengan parameter musim penghujan.

Penentuan titik sampling yang tidak konsisten sehingga data kualitas air setiap tahunnya tidak dapat dijadikan referensi yang baik untuk melihat trend kualitas air pada Sungai Siwaluh. Hal tersebut terjadi karena penentuan lokasi sampling belum berdasarkan pembagian segmen sungai. Data kualitas air sungai pada akhirnya tidak mewakili kondisi pencemaran Sungai Siwaluh secara umum.

Tabel 40. Rekap Pemantauan Sungai Siwaluh Musim Kemarau 2010-2014

Parameter	2010				2011				2012				2013				2014			
	Jenis	Satuan	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Waktu Pemantauan			20-Apr-10	20-Apr-10	22-Sep-11	22-Sep-11	12-Jul-12	12-Jul-12	9-Oct-13	9-Oct-13	9-Oct-13	9-Oct-13	1-Feb-14	1-Feb-14	1-Feb-14	1-Feb-14				
<b>FISIKA</b>																				
Temperatur	°C		27,00	27,10	26,00	27,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00		
TDS	mg/L		305	351	293	322	152	286	541	252	308	327	114	116	243	194				
TSS	mg/L		49	57	48,5	57	55	58	47	44,5	52	68	46	48	45	52				
<b>KIMIA</b>																				
pH			7,512	7,259	7,1	7,33	7,27	7,05	7,8	7,96	8,1	7,61	7,31	6,91	6,84	6,83				
Besi	mg/L		0,892	0,746	0,054	2,088	0,117	0,754	0,186	0,072	0,078	0,837	0,479	0,451	0,594	0,304				
Mangan	mg/L		0,152	0,557	< 0,001	0,115	0,013	0,271	0,314	0,035	0,025	0,153	0,01	0,02	0,014	0,008				
Kadmium	mg/L		< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001				
Seng	mg/L		0,003	0,008	< 0,001	0,045	0,002	0,024	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002				
Timbal	mg/L		< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005				
Tembaga	mg/L		< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,01	< 0,004				
Cr <sup>6+</sup>	mg/L		< 0,004	< 0,004	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003				
Nitrat	mg/L		2,875	1,337	3,036	1,645	1,292	4,203	0,887	2,131	1,426	1,181	0,977	1,158	1,375	0,693				
Nitrit	mg/L		0,036	0,031	0,174	0,028	0,03	0,018	0,004	0,024	0,026	0,011	0,013	0,016	0,018	0,077				
NH <sub>3</sub> -N	mg/L		0,182	0,574	0,6	1,165	0,108	0,275	0,37	0,094	0,085	2,049	<0,002	0,016	0,026	0,289				
PO <sub>4</sub> -P	mg/L		0,082	0,194	0,154	0,085	0,156	0,062	0,029	0,166	0,074	0,021	0,054	0,063	0,04	0,022				
COD	mg/L		16,54	89,99	20,28	108,1	13,64	44,9	23,94	9,7	7,58	153,3	7,29	1,74	8,48	25,92				
BOD	mg/L		5,7	34,44	6,77	36,2	4,77	20,3	8,5	3,5	2,7	52,8	3,62	0,75	3,73	9,26				
Khlorida	mg/l		15,5	22,24	19,37	17,74	13,08	28,18	114,7	18,53	21,79	17,03	2,24	1,75	3,99	10,23				

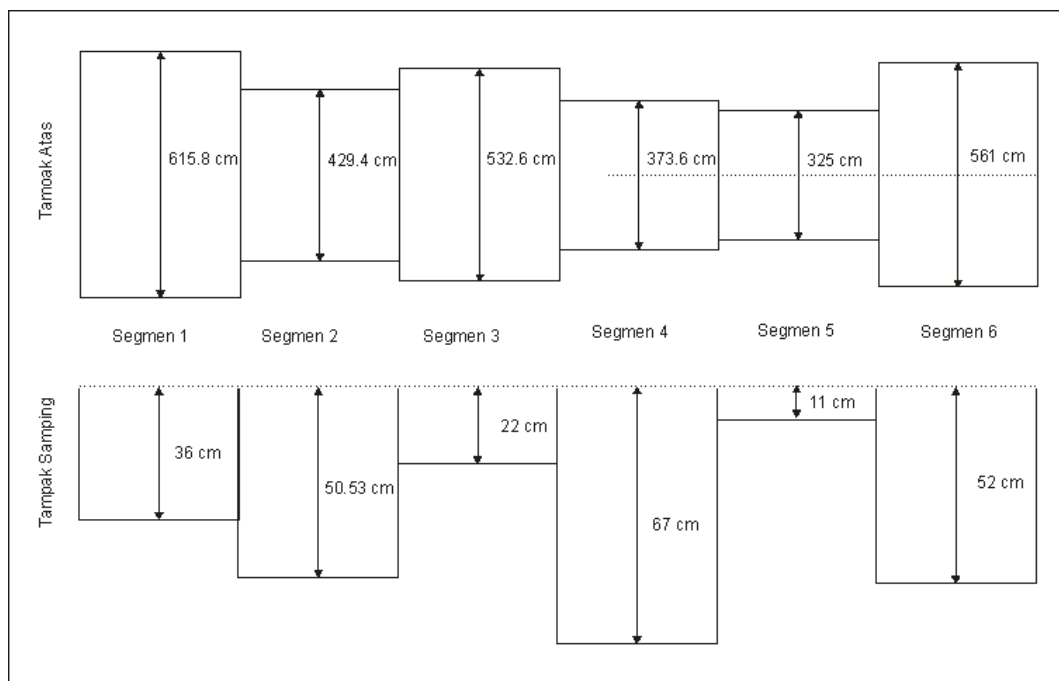
Keterangan : 1. Hilir Sungai (Kelurahan Tegal Gede)  
2. Bagian Tengah (berubah tiap tahun)

3. Bagian Tengah (berubah tiap tahun)  
4. Hulu Sungai (Desa Sroyo)

Sumber: Data Sekunder

#### 4.3.1. Profil Fisik Sungai Siwaluh

Sungai Siwaluh merupakan salah satu sungai terpanjang yang melintasi Kabupaten Karanganyar. Sungai Siwaluh memiliki profil penampang fisik yang berbeda baik dari lebar maupun kedalaman sungai. Luas penampang akan berpengaruh pada besarnya debit air sungai. Penampang Sungai Siwaluh ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 36. Profil penampang Sungai Siwaluh

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa sungai Siwaluh memiliki luas penampang dan kedalaman yang beragam. Hal tersebut tentunya akan berdampak pada beragamnya besarnya debit Sungai Siwaluh. Selain pengukuran fisik dilakukan juga pengukuran *in-situ* terhadap beberapa parameter kualitas air yaitu pada suhu, daya hantar listrik dan pH. Parameter tersebut perlu segera diukur karena merupakan parameter yang akan berubah dengan cepat seiring dengan waktu. Tabel dibawah ini merupakan rekapitulasi penampang sungai dan pengukuran *in-situ* pada beberapa parameter kualitas air pada setiap segmen di Sungai Siwaluh.

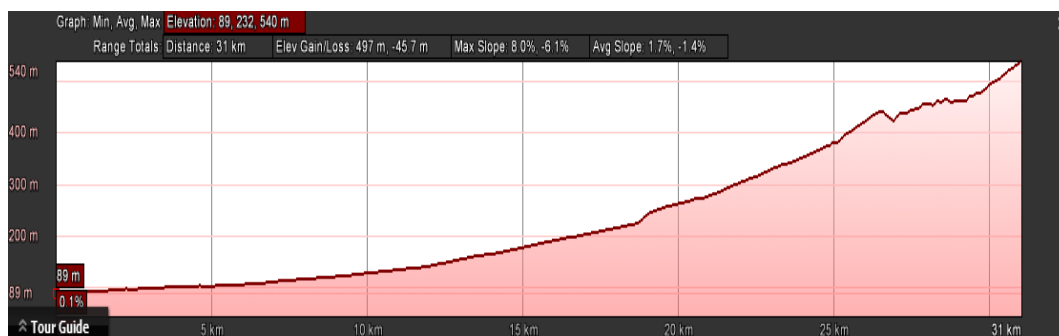
Tabel 41. Pengukuran *in-situ* Sungai Siwaluh

	Segmen						
	Hulu	1	2	3	4	5	6
<b>Data Iklim</b>							
Elevasi (m)	613	455	282	164	154	125	110
Cuaca	cerah	cerah	cerah	cerah	cerah	cerah	cerah
Suhu Udara (0 C)	24,8	25,7	25,8	28	28	27	26,5
Tutupan Sungai (%)	10	20	40	10	45	20	90
Tutupan Awan (%)	15	70	50	5	0	30	70
Kec. Angin (m/s)	0,1	0,4	0,4	0,2	0,1	0,3	0,2
<b>Data Kualitas Air</b>							
<b>Insitu</b>							
Suhu (°C)	23,5	23,8	24,2	28	27,5	27,5	26
pH	7,33	7,37	7,33	7,31	7,12	7,2	6,86
DHL	89,9	92,4	97,6	117,8	130,4	142,9	162,2
<b>Kuantitas</b>							
Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	1,84	2,22	2,17	1,17	2,50	0,36	2,92
Kecepatan (m/s)	0,22	0,39	0,19	0,15	0,13	0,65	0,36
Debit (m <sup>3</sup> /s)	0,40	0,87	0,41	0,17	0,31	0,23	1,05

Sumber: Data Primer, 2015

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa hulu sungai yang memberikan kontribusi air ke Sungai Siwaluh hanya memiliki debit awal 0,40 m<sup>3</sup>/s. Debit awal berasal dari beberapa anak sungai yang menyatu pada 3 saluran utama. Pada saluran tersebut dibendung dan sebagian dialirkan melalui saluran primer untuk keperluan pertanian. Debit sungai kemudian naik pada segmen 1 sebesar 0,87 m<sup>3</sup>/s dan kemudian turun lagi sampai segmen 3 yang hanya 0,17 m<sup>3</sup>/s. Disamping adanya beberapa saluran kecil yang dibuat untuk keperluan pengairan, musim kemarau sangat mempengaruhi besarnya debit air sungai. Pada segmen 4 debit naik menjadi 0,31 m<sup>3</sup>/s kemudian turun lagi pada segmen 5 sebesar 0,23 m<sup>3</sup>/s. Pada bagian hilir, segmen 6 ternyata yang memiliki debit yang sangat tinggi yaitu 1,05 m<sup>3</sup>/s. Hal tersebut menandakan bahwa terjadi penambahan debit yang cukup besar pada badan air penerima segmen terakhir. Penambahan tersebut akan berdampak pada kualitas air. Air yang masuk badan air memiliki kualitas air yang jelek tentunya akan menyebabkan pencemaran pada Sungai Siwaluh.

Karakteristik setiap segmen pada Sungai Siwaluh berbeda-beda sesuai kondisi alam dan formasi batuan. Elevasi sungai siwaluh sesuai dengan garis kontur permukaan bumi. Secara umum elevasi sungai siwaluh dapat dimodelkan dengan dengan mengaplikasikan vektor Sungai Siwaluh yang berformat .shp ke dalam aplikasi Google Earth, seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 37. Grafik Elevasi Sungai Siwaluh  
Sumber: Google Earth, 2015

Berdasarkan model dari aplikasi Google Earth dapat diketahui bahwa kontur sungai siwaluh mengikuti kontur pegunungan menuju ke dataran rendah sehingga kecepatan aliran air akan selalu ada karena kontur yang cenderung curam. Namun demikian untuk dalam penelitian pengukuran elevasi menggunakan GPS dimana titik sampel mewakili segmen seperti ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 42. Elevasi dan *channel slope* Sungai Siwaluh

No	Segmen	Elevasi (m)		Beda Elevasi (m)	Panjang Segmen (m)	Channel Slope (m/m)
		Up	Down			
1.	Hulu Sungai	-	613	-	6730	-
2.	Segmen 1	613	455	158	6800	0,0232
3.	Segmen 2	455	282	173	5280	0,0328
4.	Segmen 3	282	164	118	5300	0,0223
5.	Segmen 4	164	154	10	2050	0,0049
6.	Segmen 5	154	125	29	5720	0,0051
7.	Segmen 6	125	110	15	5380	0,0028

Sumber: Data Primer, 2015

Dari hasil pengukuran tersebut diperoleh terdapat beda elevasi untuk setiap segmen, terbesar pada segmen 2 sedangkan beda elevasi terkecil pada segmen 6. Perbedaan elevasi sangat dipengaruhi oleh kontur permukaan bumi dan jarak antar sampel pada setiap segmen. Dari beda elevasi dapat diukur besarnya kemiringan sungai. Kemiringan sungai merupakan perbandingan antara beda elevasi dengan panjang setiap segmen sungai. Berdasarkan tabel diatas kemiringan sungai paling

curam berada pada segmen 2 dengan kemiringan sebesar 0,0328 m/m dan yang paling kecil berada pada segmen 6 sebesar 0,0028 m/m.

Tabel 43. Klasifikasi koefisien kekasaran manning

Material	Typical Manning Roughness Coefficient
Concrete	0,012
Gravel Bottom with side - concrete	0,020
Gravel Bottom with side - mortared stone	0,023
Gravel Bottom with side - riprap	0,033
Natural stream channel - clean, straight stream	0,030
Natural stream channel - clean, winding stream	0,040
Natural stream channel - winding with weeds and pools	0,050
Natural stream channel - with heavy brush and timber	0,100
Flood Plains - Pasture	0,035
Flood Plains - Field crops	0,040
Flood Plains - Light brush and weeds	0,050
Flood Plains - Dense brush	0,070
Flood Plains - Dense trees	0,100

Sumber: Chow, 1988

Beberapa data profil fisik sungai lain yang dipakai dalam penelitian ini adalah koefisien kekasaran manning. Koefisien tersebut sangat dipengaruhi kondisi fisik dasar sungai tersebut (Chow et al., 1988). Tabel dibawah ini menjelaskan klasifikasi koefisien kekasaran manning.

Tabel 44. Koefisien kekasaran manning per segmen

No	Segmen	Kondisi dasar sungai	Koefisien Manning
1.	Hulu Sungai	Alami, berbatu bongkahan besar	0,06
2.	Segmen 1	Alami, berbatu bongkahan besar	0,06
3.	Segmen 2	Alami, berbatu bongkahan besar	0,06
4.	Segmen 3	Alami, berbatu bongkahan sedang	0,05
5.	Segmen 4	Alami, berbatu bongkahan sedang	0,05
6.	Segmen 5	Alami, berbatu bongkahan kecil didominasi kerikil dan batu	0,04
7.	Segmen 6	Alami, berbatu bongkahan sedang	0,05

Sumber: Data Primer, 2015

Tabel diatas menunjukkan koefisien kekasaran manning pada setiap segmen penelitian. Material dasar Sungai Siwaluh cukup seragam dimana setiap segmen memiliki material dasar berupa bongkahan batu dan kerikil meskipun pada segmen 5 bongkahan batu menjadi sangat berkurang sehingga koefisien kekasaran manning juga menjadi kecil namun pada segmen 6 bongkahan batu besar banyak ditemukan disepanjang aliran sungai.

#### 4.3.2. Hasil Sampling

Sampel air Sungai Siwaluh diambil pada 1 (satu) titik lokasi hulu sungai dan 6 (enam) titik lokasi segmen yang berdasarkan pada karakteristik penggunaan lahan pada area penyusun DAS Siwaluh. Analisis kualitas air sungai Siwaluh dilakukan pada 6 titik sesuai segmentasi. Baku mutu mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Tabel 2 berikut menyajikan hasil analisis kualitas air Sungai

Tabel 45. Hasil Uji Kualitas Air Sungai Siwaluh Tahun 2015

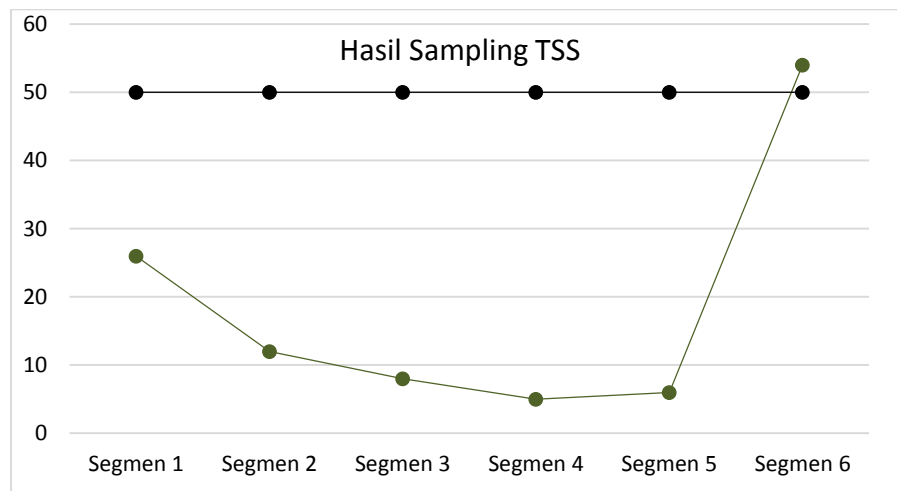
Parameter		Segmen						
Jenis	Satuan	HW	1	2	3	4	5	6
Suhu	°C	26	26	27	27	27	27	27
Residu Terlarut	mg/ L	81	84	94	141	184	242	376
Residu Tersuspensi	mg/L	23	26	12	8	5	6	54
pH		7,1	7,2	7,1	6,9	6,9	7,1	6,8
BOD	mg/L	3,3	3,1	2,6	5,2	2,8	3,1	100,2
COD	mg/L	13,1	12,4	13,1	27,2	19,8	25,3	520
DO	mg/L	5,3	5,3	5,3	4	4,9	4,8	0,8
Total Phospat	mg/L	0,0742	0,1186	0,0633	0,1342	0,1636	0,1279	0,2553
NO3 sbg N	mg/L	0,61	0,97	0,54	1,59	2,8	1,46	0,83
NH3-N	mg/L	0,0003	0,0035	0,3582	0,0064	0,0029	0,0061	0,1214
NO2 sbg N	mg/L	0,0057	0,0063	0,0078	0,029	0,029	0,314	0,0007
Deterjen sbg MBAS	mg/L	0,0175	0,0208	0,0067	tak terdeteksi	tak terdeteksi	tak terdeteksi	0,43
Sulfat	mg/L	6	6	10	12	17	26	3
Senyawa Phenol	mg/L	<0,0215	<0,0215	<0,0215	<0,0215	<0,0215	<0,0215	0,2022
CL	mg/L	3,5	4,5	3,5	12,4	18,4	17,9	110,2

Sumber: Data Primer Juni 2015

Menurut Peraturan Pemerintah No 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran, untuk sungai yang belum ditentukan status mutu airnya maka baku mutu yang dipakai adalah untuk kelas II. Dari hasil sampling yang dilakukan pada 7 titik lokasi yaitu hulu sungai dan 6 segmen sungai, beberapa parameter melebihi baku mutu untuk Kelas II.

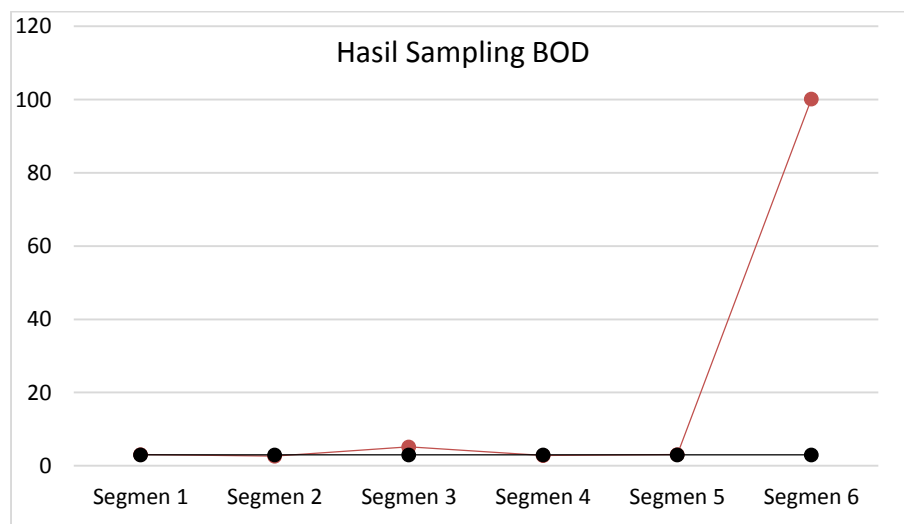
Dari data hasil pemantauan kualitas air sungai Siwaluh pada tabel 2, beberapa parameter melebihi baku mutu untuk kelas II. Menurut Peraturan Pemerintah No 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian

Pencemaran, untuk sungai yang belum ditentukan status mutu airnya maka baku mutu yang dipakai adalah untuk kelas II. Dari gambar 2 terlihat nilai TSS mengalami penurunan dari hulu ke segmen 2 sampai segmen 5 namun meningkat secara drastis pada segmen 6. Dari keenam segmen yang ditetapkan hanya segmen 6 yang melebihi baku mutu kelas 2 pada parameter TSS sebesar 54 mg/L.



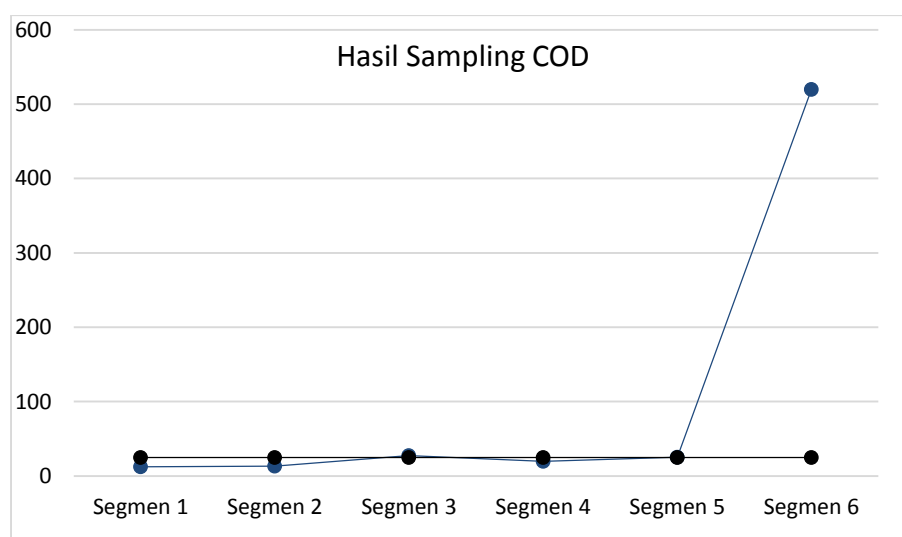
Gambar 38. Grafik trend TSS

Adanya aktivitas penambangan pasir pada bagian hulu sungai menjadi penyebab tingginya angka TSS di segmen 1, setelah segmen 2 aktivitas penambangan pasir mulai berkurang sehingga terjadi pengendapan partikel padat. Pada segmen 6 angka TSS melonjak tinggi dikarenakan adanya IPAL industri besar yang membuang limbah pada segmen 6.



Gambar 39. Grafik Trend BOD

Untuk parameter BOD, terjadi trend peningkatan BOD dari segmen 1 ke segmen 2. Pada segmen 3, hasil uji kualitas air melampaui baku mutu kelas 2 karena adanya penambahan beban pencemaran terutama dari pemukiman padat. Pada segmen 4, parameter BOD mengalami penurunan karena kemampuan *self purification* sungai dan menurunnya beban pencemaran dari sektor pemukiman di segmen tersebut. Pada segmen 5 terjadi kenaikan nilai pada parameter BOD sehingga melampaui baku mutu. Pada segmen 6 terjadi lonjakan nilai BOD akibat pencemaran dari industri.



Gambar 40. Grafik Tren COD

Pada gambar 4, kadar COD mengalami kenaikan dari segmen 1 sampai segmen 3 sehingga melampaui baku mutu kelas 2. Pada segmen 4 parameter COD mengalami penurunan karena adanya proses *self purification* Sungai Siwaluh kemudian naik sedikit pada segmen 5 sehingga melampaui baku mutu kelas 2. Pada segmen 6 terjadi lonjakan nilai COD yang disebabkan buangan limbah industri.

#### 4.3.3. Status Mutu Air Sungai Siwaluh

Dengan menggunakan metode Indeks Pencemaran Sungai maka dapat diketahui status mutu air sungai Siwaluh seperti terlihat pada Tabel 46. Penentuan status mutu air sungai siwaluh menggunakan metode indeks pencemaran dengan persamaan 10. Parameter yang digunakan untuk perhitungan status mutu air menggunakan 3 (tiga) parameter kunci yaitu TSS, BOD dan COD.

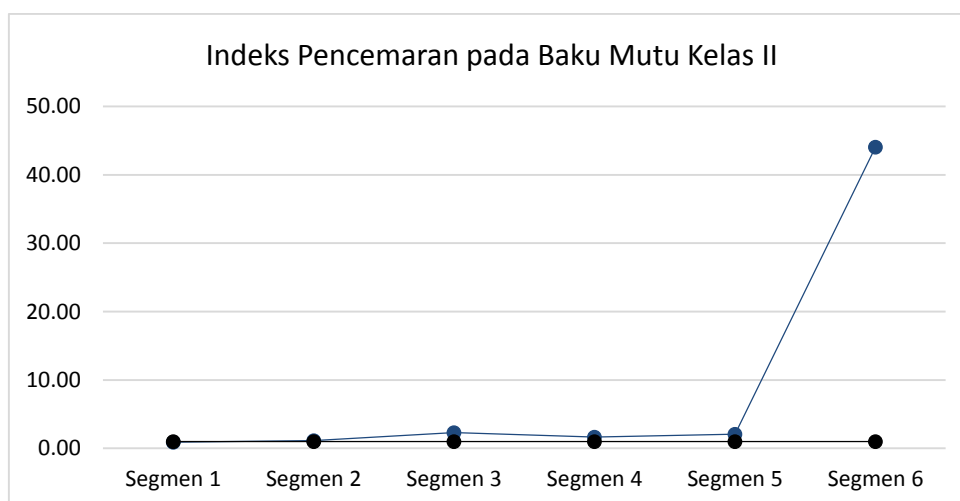
Tabel 46. Indeks Pencemaran Sungai Siwaluh pada Baku Mutu Kelas II

No.	Nama Segmen	Indeks Pencemaran	Status Mutu Air
1	Segmen 1	0,88	Kondisi Baik
2	Segmen 2	1,14	Cemar Ringan
3	Segmen 3	2,32	Cemar Ringan
4	Segmen 4	1,62	Cemar Ringan
5	Segmen 5	2,04	Cemar Ringan
6	Segmen 6	44,08	Cemar Berat

Sumber: Hasil Perhitungan

Nilai Indeks Pencemaran terendah berada pada segmen 1 dengan nilai 0,88 ( $0 < PI < 1.0$ ) berarti air sungai masih dalam kondisi baik dan Indeks Pencemaran pada segmen 6 memiliki nilai 44,08 ( $PI > 10$ ) berarti sungai mengalami pencemaran yang berat.

Berdasarkan tabel atas dapat diketahui pada segmen 1 Sungai Siwaluh, air masih dalam kondisi baik kemudian akibat buangan limbah dari pemukiman dan pertanian maka terjadi pencemaran ringan pada segmen 2. Pada segmen 3, sungai menjadi lebih tercemar karena banyaknya pemukiman padat meskipun masih dalam kategori cemar ringan. Pada segmen 4, terjadi penurunan nilai indeks pencemaran meskipun sungai masih dalam keadaan tercemar dengan kategori cemar ringan. Hal tersebut disebabkan adanya kemampuan *self purification* yang dimiliki oleh sungai. Segmen 5 terjadi peningkatan pencemaran walaupun masih tergolong cemar ringan. Pencemaran air terparah berada segmen 6 dengan kategori cemar berat.



Gambar 41. Indeks Pencemaran Sungai Siwaluh

Dari hasil analisis kualitas air dengan metode indeks pencemaran dapat digambarkan trend pencemaran Sungai Siwaluh dari segmen 1 sampai segmen 6 dapat dilihat pada Gambar 41. Berdasarkan trend pencemaran melalui grafik tersebut maka segmen 6 sudah selayaknya menjadi prioritas dalam upaya pengendalian pencemaran air.

#### **Peta Status Pencemaran Sungai Siwaluh.**

Berdasarkan analisis perhitungan beban pencemaran dapat dihitung besarnya beban pencemaran rata-rata persatuan luas sehingga diperoleh peringkat setiap segmen pada tabel dibawah.

Tabel 47. Nilai Beban Pencemaran per Luas Area

No.	Nama Segmen	Beban Pencemaran Total (kg/hari)				Luas Area (km <sup>2</sup> )	Beban Pencemaran per km <sup>2</sup> (Kg/hari)	Peringkat
		TSS	BOD	COD	Rata-rata			
1.	Segmen 1	93,50	248,08	389,00	243,53	9,08	26,83	1
2.	Segmen 2	156,41	342,11	528,42	342,31	7,87	43,50	2
3.	Segmen 3	1015,38	1283,70	1838,57	1379,22	7,03	196,12	6
4.	Segmen 4	408,60	537,79	777,93	574,77	5,10	112,61	5
5.	Segmen 5	276,16	515,05	755,54	515,58	9,81	52,54	3
6.	Segmen 6	329,67	592,60	1144,61	688,96	6,85	100,64	4

Sumber: Hasil Perhitungan

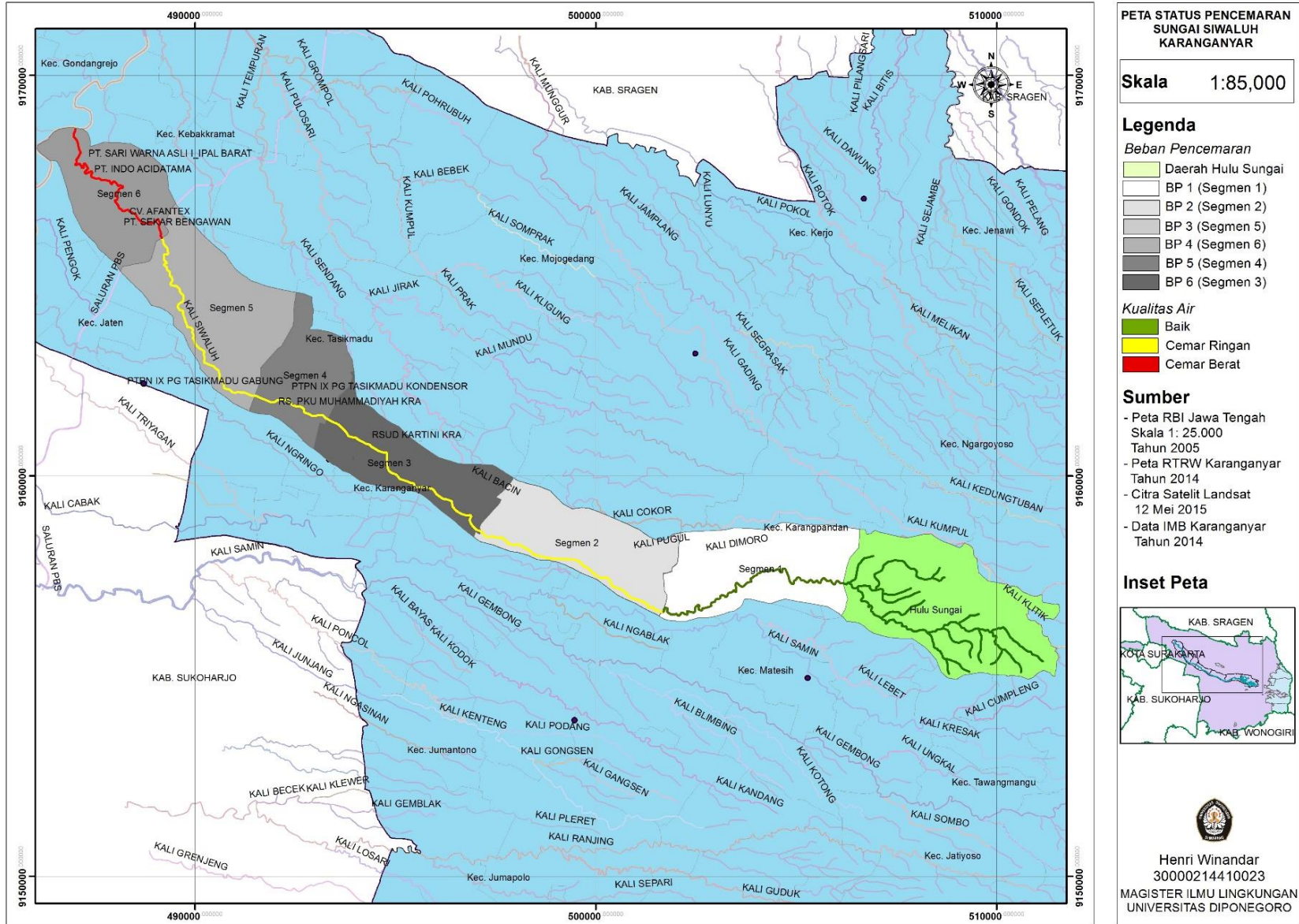
Berdasarkan analisis kualitas air diperoleh besarnya indeks pencemaran untuk setiap segmen dan warna dalam peta pada tabel dibawah.

Tabel 48. Klasifikasi Indeks Pencemaran Sungai Siwaluh

No.	Nama Segmen	Indeks Pencemaran	Status Mutu Air	Warna
1.	Segmen 1	0,88	Kondisi Baik	Hijau
2.	Segmen 2	1,14	Cemar Ringan	Kuning
3.	Segmen 3	2,32	Cemar Ringan	Kuning
4.	Segmen 4	1,62	Cemar Ringan	Kuning
5.	Segmen 5	2,04	Cemar Ringan	Kuning
6.	Segmen 6	44,08	Cemar Berat	Merah

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari berbagai data diatas kemudian diaplikasikan ke dalam peta sehingga dapat dibuat peta status pencemaran sungai siwaluh dimana potensi pencemaran akibat penggunaan lahan akan diwakili dengan peringkat beban pencemaran dan status pencemaran diwakili oleh klasifikasi indeks pencemaran.



Gambar 42. Peta Status Pencemaran Sungai Siwaluh

#### 4.3.4. Pengaruh Beban Pencemaran terhadap Kualitas Air

Penggunaan lahan merupakan variabel bebas dari 2 (dua) beban pencemaran dengan karakteristik yang berbeda yaitu *point source* dan *non-point sources*. Pencemaran air diwakili nilai kualitas air merupakan variabel terikat yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Setiap parameter memiliki satu variabel terikat dan dua bebas. Untuk mengetahui hubungan antara ketiga variabel tersebut digunakan uji regresi linier berganda untuk menentukan pengaruh dua variabel bebas yaitu beban pencemaran *point source* terhadap beban pencemaran *non-point source* terhadap satu variabel terikat berupa nilai kualitas air. Parameter kualitas air satu dengan yang lainnya berbeda sehingga analisis regresi linier berganda dilakukan terhadap tiga parameter kunci yang telah ditetapkan yaitu TSS, BOD dan COD.

##### 1. Parameter TSS

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui nilai parameter untuk setiap variabel sebagai berikut:

Tabel 49. Nilai Variabel Bebas dan Terikat untuk Parameter TSS

No.	Segmen	Variabel Bebas		Variabel Kualitas Air
		BP PS	BP_NPS	
1	Segmen 1	0,00	93,50	26,00
2	Segmen 2	0,00	156,41	12,00
3	Segmen 3	0,48	1014,89	8,00
4	Segmen 4	2,05	406,55	5,00
5	Segmen 5	0,00	276,15	6,00
6	Segmen 6	97,91	231,76	54,00

Sumber: Analisis Data dan Perhitungan

Untuk melakukan uji analisis regresi linier berganda maka dibutuhkan syarat data harus normal dan homogen. Untuk itu diperlukan uji normalitas data pada variabel yang akan dilakukan analisis regresi linier. Sampel dalam model regresi hanya 6 dan termasuk sampel kecil maka uji normalitas menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* yang hanya membutuhkan minimal 5 sampel (Ghasemi and Zahediasl, 2012) dengan bantuan *software SPSS 17 for windows*.

##### **Output SPSS**

Berdasarkan hasil output SPSS diperoleh hasil bahwa distribusi variabel uji untuk parameter TSS berdistribusi normal dimana nilai signifikansi 0.998 atau  $> 0.05$ .

Tabel 50. *Output* SPSS: Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov TSS

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		Unstandardized Residual
N		6
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	.0000000
	Std. Deviation	6.88682947
Most Extreme Differences	Absolute	.161
	Positive	.161
	Negative	-.159
Kolmogorov-Smirnov Z		.395
Asymp. Sig. (2-tailed)		.998

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Analisis regresi linier berganda dihitung menggunakan *software* SPSS 17. Adapun hasil perhitungan dapat ditunjukkan pada tabel dibawah ini yaitu

Tabel 51. *Output* SPSS: ANOVA parameter TSS

ANOVA <sup>b</sup>						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1570.358	2	785.179	9.933	.048 <sup>a</sup>
	Residual	237.142	3	79.047		
	Total	1807.500	5			

a. Predictors: (Constant), x2, x1

b. Dependent Variable: y

Dari tabel diatas dapat dilihat nilai F hitung yaitu 9,933, sedangkan nilai F tabel dapat diperoleh dengan menggunakan tabel F dengan derajat bebas residual yaitu 3 sebagai df penyebut dan derajat bebas perlakuan yaitu 2 sebagai df pembilang dengan tarap signifikan 0,05, sehingga diperoleh nilai F tabel yaitu 9,55. Karena F hitung ( $9,933 > 9,55$ ) dan nilai signifikansi  $0,048 < 0,05$  maka  $H_0$  ditolak Kesimpulannya ada koefisien yang tidak nol atau koefisien berarti, maka model regresi dapat dipakai untuk memprediksi nilai kualitas air.

Tabel 52. *Output* SPSS: Koefisien model Regresi parameter TSS

Coefficients <sup>a</sup>								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	15.667	6.156		2.545	.084		
	x1	.417	.102	.873	4.101	.026	.965	1.036
	x2	-.011	.012	-.202	-.951	.412	.965	1.036

a. Dependent Variable: y

### Intrepretasi Model Regresi

Pengaruh beban pencemaran terhadap kualitas air pada parameter TSS dapat dilihat dengan analisis regresi linier sehingga menghasilkan persamaan, sebagai berikut:

$$y_t = 15,667 + 0,417 x_{1t} - 0,011 x_{2t}$$

Dimana

- $x_{1t}$  : Beban *Point Sources* untuk parameter TSS
- $x_{2t}$  : Beban *Non-Point Sources* untuk parameter TSS
- $y_t$  : Nilai kualitas air parameter TSS hasil sampling

*Konstanta*: Dari model yang dihasilkan konstanta sebesar 15,667, berarti nilai parameter TSS sebesar 15,667 pada saat nilai variabel bebas sama dengan 0.

*Koefisien  $x_1$* : Koefisien regresi pada untuk beban pencemaran *point source* bernilai positif berarti penambahan jumlah beban pencemaran *point source* akan menambah nilai parameter TSS. Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa nilai t hitung untuk  $x_1$  yaitu 4,101, pada t tabel dengan db 3 dan taraf signifikan 0,05 diperoleh 2,353, karena t hitung > t tabel dan nilai signifikansi 0,026 < 0,05 maka  $H_0$  ditolak. Hal tersebut berarti ada pengaruh nyata (signifikan) dari variabel bebas ( $x_1$ ) terhadap variabel terikat (y).

*Koefisien  $x_2$*  : Koefisien regresi pada beban pencemaran *non-point source* bernilai negatif yang berarti penambahan jumlah beban pencemaran *non-point source* malah akan mengurangi nilai parameter TSS pada model. Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa nilai t hitung untuk  $x_2$  yaitu -0,951, pada t tabel dengan db 3 dan taraf signifikan 0,05 diperoleh 2,353, karena t hitung < t tabel dan nilai signifikansi 0,786 > 0,05 maka  $H_0$  diterima. Hal tersebut berarti tidak ada pengaruh nyata (signifikan) dari variabel bebas ( $x_2$ ) terhadap variabel terikat (y).

*Multikolinieritas*: Dari perbandingan nilai koefisien regresi antar kedua variabel bebas dapat diketahui bahwa beban pencemaran *point sources* lebih berpengaruh dalam mengubah nilai parameter setiap penambahan satu satuan variabel. Nilai VIF (*Variance Inflation Factor*) untuk variabel  $x_1$  dan  $x_2$  sama-sama 1,036 sedangkan nilai tolerance sebesar 0,965. Berdasarkan *output* SPSS diatas, dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi multikolinieritas pada kedua variabel bebas dalam model regresi karena nilai toleransi > 0,1 dan nilai VIF < 10.

### Validasi Model

Untuk mengetahui validitas model regresi yang terbentuk maka dilakukan uji balik persamaan dengan memasukkan kembali nilai variabel bebas ( $x_1$  dan  $x_2$ ) sehingga diperoleh kualitas air ( $y$ ) model. Nilai kualitas air ( $y$ ) model kemudian dibandingkan dengan nilai kualitas air ( $y$ ) hasil eksperimen.

Tabel 53. Hasil Uji Balik parameter TSS

Nilai Parameter TSS	Segmen					
	1	2	3	4	5	6
Sampling (mg/L)	26,00	12,00	8,00	5,00	6,00	54,00
Model (mg/L)	14,64	13,95	4,70	12,05	12,63	53,95
selisih	11,36	1,95	3,30	7,05	6,63	0,05

Sumber: Analisis Data dan Perhitungan

Berdasarkan hasil uji balik persamaan model regresi untuk parameter TSS, model hanya mampu memprediksi dengan baik pada segmen 6 dengan selisih antara  $y$  dari model dengan  $y$  dari hasil sampling hanya 0,05.

Aktivitas penambangan pasir pada bagian hulu sungai juga mempengaruhi sampel kualitas air sehingga parameter TSS pada hulu cenderung lebih tinggi meskipun hanya memiliki potensi pencemaran yang sedikit. Parameter TSS merupakan bahan yang tersuspensi (diameter  $> 1 \mu\text{m}$ ) yang tertahan pada saringan *milipore*. TSS terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad renik, terutama yang menyebabkan kikisan tanah pada badan air. Zat yang tersuspensi biasanya terdiri dari zat organik dan anorganik yang melayang-layang dalam air, secara fisika zat ini sebagai penyebab kekeruhan pada air. Limbah cair yang mempunyai kandungan zat tersuspensi tinggi tidak boleh dibuang langsung ke badan air karena disamping dapat menyebabkan pendangkalan juga dapat menghalangi sinar matahari masuk kedalam dasar air sehingga proses fotosintesis mikroorganisme tidak dapat berlangsung.

## 2. Parameter BOD

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui nilai parameter untuk setiap variabel bebas dan terikat sebagai berikut:

Tabel 54. Nilai Variabel Bebas dan Terikat untuk Parameter BOD

No.	Segmen	Variabel Bebas		Variabel Kualitas Air
		BP PS	BP_NPS	
1	Segmen 1	0,00	248,08	3,10
2	Segmen 2	0,00	342,11	2,60
3	Segmen 3	0,88	1282,82	5,20
4	Segmen 4	1,85	535,94	2,80
5	Segmen 5	0,00	515,053	3,10
6	Segmen 6	68,89	523,70	100,20

Sumber: Analisis Data dan Perhitungan

Untuk melakukan uji analisis regresi linier berganda maka dibutuhkan syarat data harus normal dan homogen. Untuk itu diperlukan uji normalitas data pada variabel yang akan dilakukan analisis regresi linier. Uji normalitas menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan bantuan *software SPSS 17 for windows*.

### **Output SPSS**

Berdasarkan hasil output SPSS diperoleh hasil bahwa distribusi variabel uji untuk parameter BOD berdistribusi normal dimana nilai signifikansi 0.445 atau  $> 0.05$ .

Tabel 55. *Output* SPSS: Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov BOD

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		Unstandardized Residual
N		6
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	.0000000
	Std. Deviation	1.19078579
Most Extreme Differences	Absolute	.353
	Positive	.216
	Negative	-.353
Kolmogorov-Smirnov Z		.864
Asymp. Sig. (2-tailed)		.445

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Analisis regresi linier berganda dihitung menggunakan *software SPSS 17*. Adapun hasil perhitungan dapat ditunjukkan pada tabel dibawah ini yaitu

Tabel 56. *Output* SPSS: ANOVA parameter BOD

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	7812.310	2	3906.155	1652.850	.000 <sup>a</sup>
	Residual	7.090	3	2.363		
	Total	7819.400	5			

a. Predictors: (Constant), x2, x1

b. Dependent Variable: y

Dari tabel diatas dapat dilihat nilai F hitung pada parameter BOD yaitu 1652,850, sedangkan nilai F tabel dapat diperoleh dengan menggunakan tabel F dengan derajat bebas residual yaitu 3 sebagai df penyebut dan derajat bebas perlakuan yaitu 2 sebagai df pembilang dengan tarap signifikan 0,05, sehingga diperoleh nilai F tabel yaitu 9,55. Karena F hitung (1652,850) < F tabel (9,55) dan nilai signifikansi 0,000 < 0,05 maka Ho ditolak. Kesimpulannya ada koefisien yang tidak nol atau koefisien berarti, maka model regresi dapat dipakai untuk memprediksi nilai kualitas air.

Tabel 57. *Output* SPSS: Koefisien model Regresi parameter BOD

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	1.847	1.299		1.422	.250		
	x1	1.417	.025	1.000	57.434	.000	.997	1.003
	x2	.001	.002	.012	.682	.544	.997	1.003

a. Dependent Variable: y

### Intrepretasi Model Regresi

Pengaruh beban pencemaran terhadap kualitas air pada parameter BOD dapat dilihat dengan analisis regresi linier sehingga menghasilkan persamaan, sebagai berikut:

$$y_b = 1,848 + 1,417 x_{1b} + 0,001 x_{2b}$$

Dimana

x<sub>1b</sub> : Beban *Point Sources* untuk parameter BODx<sub>2b</sub> : Beban *Non-Point Sources* untuk parameter BODy<sub>b</sub> : Nilai kualitas air untuk parameter BOD hasil sampling

*Konstanta*: Dari model regresi diatas, dihasilkan kostanta sebesar 1.848, berarti nilai parameter BOD sebesar 1,848 pada saat nilai variabel bebas sama dengan 0.

*Koefisien x1*: Koefisien regresi pada untuk beban pencemaran *point source* bernilai positif berarti penambahan jumlah beban pencemaran akan menambah nilai parameter BOD. Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa nilai t hitung untuk x1 yaitu 57,434, pada t tabel dengan db 3 dan taraf signifikan 0,05 diperoleh 2,353, karena t hitung > t tabel dan nilai signifikansi 0,000 < 0,05 maka Ho ditolak.. Hal tersebut berarti ada pengaruh nyata dari variabel bebas terhadap variabel terikat.

*Koefisien x2*: Koefisien regresi pada untuk beban pencemaran *non-point source* bernilai positif berarti penambahan jumlah beban pencemaran akan menambah nilai parameter BOD. Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa nilai t hitung untuk x1 yaitu 0,682, pada t tabel dengan db 3 dan taraf signifikan 0,05 diperoleh 2,353, karena t hitung < t tabel dan nilai signifikansi 0,544 > 0,05 maka Ho diterima. Hal tersebut berarti tidak ada pengaruh nyata (signifikan) dari variabel bebas (x1) terhadap variabel terikat (y).

*Multikolinieritas*: Dari perbandingan nilai koefisien regresi antar kedua variabel bebas dapat diketahui bahwa beban pencemaran *point sources* lebih berpengaruh dalam mengubah nilai parameter setiap penambahan satu satuan variabel. Nilai VIF untuk variabel x1 dan x2 sama-sama 1,003 sedangkan nilai toleransi 0,997. Berdasarkan Output SPSS diatas, dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi multikolinieritas pada kedua variabel bebas dalam model regresi karena nilai toleransi > 0,1 dan nilai VIF < 10. Hal tersebut diperkuat dengan nilai

### Validasi Model

Untuk mengetahui validitas model regresi yang terbentuk maka dilakukan uji balik persamaan dengan memasukkan kembali nilai variabel bebas (x1 dan x2) sehingga diperoleh kualitas air (y) model. Nilai kualitas air (y) model kemudian dibandingkan dengan nilai kualitas air (y) hasil eksperimen.

Tabel 58. Hasil Uji Balik Parameter BOD

Nilai Parameter BOD	Segmen					
	1	2	3	4	5	6
Sampling (mg/L)	3,10	2,60	5,20	2,80	3,10	100,20
Model (mg/L)	1,85	1,85	3,10	4,47	1,85	99,57
selisih	1,25	0,75	2,10	1,67	1,25	0,63

Sumber: Analisis Data dan Perhitungan

Berdasarkan hasil uji balik persamaan model regresi untuk parameter BOD, model hanya mampu memprediksi dengan baik pada semua segmen dengan selisih yang kecil yaitu paling besar pada segmen 3.

Nilai BOD dipengaruhi jumlah limbah yang dibuang kedalam badan air. BOD merupakan parameter pengukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk mengurai hampir semua zat organik yang terlarut dan tersuspensi dalam air buangan, dinyatakan dengan BOD 5 hari pada suhu 20°C dalam mg/liter. Penguraian zat organik adalah peristiwa alamiah, jika suatu badan air tercemar oleh zat organik maka bakteri akan dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses *biodegradable* berlangsung, sehingga dapat mengakibatkan kematian pada biota air dan keadaan pada badan air dapat menjadi anaerobik yang ditandai dengan timbulnya bau busuk.

### 3. Parameter COD

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui nilai Parameter untuk setiap variabel sebagai berikut:

Tabel 59. Nilai Variabel Bebas dan Terikat untuk Parameter COD

No.	Segmen	Variabel Bebas		Variabel Kualitas Air
		BP_PS	BP_NPS	
1	Segmen 1	0,00	389,00	12,40
2	Segmen 2	0,00	528,42	13,10
3	Segmen 3	1,79	1836,78	27,20
4	Segmen 4	3,77	774,16	19,80
5	Segmen 5	0,00	755,54	25,30
6	Segmen 6	175,12	969,49	520,00

Sumber: Analisis Data dan Perhitungan

Untuk melakukan uji analisis regresi linier berganda maka dibutuhkan syarat data harus normal dan homogen. Untuk itu diperlukan uji normalitas data pada variabel yang akan dilakukan analisis regresi linier. Uji normalitas menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan bantuan *software SPSS 17 for windows*.

### **Output SPSS**

Berdasarkan hasil output SPSS diperoleh hasil bahwa distribusi variabel uji untuk parameter TSS berdistribusi normal dimana nilai signifikansi 0.563 atau  $> 0.05$ .

Tabel 60. *Output* SPSS: Uji Normalitas Kolmogorov Smirnov COD

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test			Unstandardized Residual
N			6
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean		.0000000
	Std. Deviation		5.32024269
Most Extreme Differences	Absolute		.322
	Positive		.322
	Negative		-.242
Kolmogorov-Smirnov Z			.788
Asymp. Sig. (2-tailed)			.563

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Analisis regresi linier berganda dihitung menggunakan *software* SPSS 17. Adapun hasil perhitungan dapat ditunjukkan pada tabel dibawah ini yaitu

Tabel 61. *Output* SPSS: ANOVA parameter COD

ANOVA <sup>b</sup>						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	208743.008	2	104371.504	2212.434	.000 <sup>a</sup>
	Residual	141.525	3	47.175		
	Total	208884.533	5			

a. Predictors: (Constant), x2, x1

b. Dependent Variable: y

Dari tabel diatas dapat dilihat nilai F hitung yaitu 2.212,434, sedangkan nilai F tabel dapat diperoleh dengan menggunakan tabel F dengan derajat bebas residual yaitu 3 sebagai df penyebut dan derajat bebas perlakuan yaitu 2 sebagai df pembilang dengan tarap signifikan 0,05, sehingga diperoleh nilai F tabel yaitu 9,55. Karena F hitung (2.212,434) > F tabel (9,55) dan nilai signifikansi 0,048 < 0,05 maka Ho ditolak. Kesimpulannya ada koefisien yang tidak nol atau koefisien berarti, maka model regresi dapat dipakai untuk memprediksi nilai kualitas air.

Tabel 62. *Output* SPSS: Koefisien model Regresi parameter COD

Coefficients <sup>a</sup>								
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	10.990	6.000		1.832	.164		
	x1	2.871	.043	.998	66.091	.000	.990	1.010
	x2	.006	.006	.016	1.049	.371	.990	1.010

a. Dependent Variable: y

### Intrepretasi Model Regresi

Pengaruh beban pencemaran terhadap kualitas air pada parameter COD dapat dilihat dengan analisis regresi yang menghasilkan persamaan, sebagai berikut:

$$y_c = 10,996 + 2,871 x_{1c} + 0,006 x_{2c}$$

Dimana

- $x_{1c}$  : Beban *Point Sources* untuk parameter COD
- $x_{2c}$  : Beban *Non-Point Sources* untuk parameter COD
- $y_c$  : Nilai kualitas air untuk parameter COD hasil sampling

*Konstanta*: Dari model regresi diatas, dihasilkan kostanta sebesar 10,966, berarti nilai parameter COD sebesar 10,966 pada saat nilai variabel bebas sama dengan 0.

*Koefisien x1*: Koefisien regresi pada untuk beban pencemaran *point source* bernilai positif berarti penambahan jumlah beban pencemaran akan menambah nilai parameter COD. Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa nilai t hitung untuk  $x_1$  yaitu 66,091, pada t tabel dengan db 3 dan taraf signifikan 0,05 diperoleh 2,353, karena t hitung > t tabel dan nilai signifikansi 0,000 < 0,05 maka  $H_0$  ditolak. Hal tersebut berarti ada pengaruh nyata (signifikan) dari variabel bebas ( $x_1$ ) terhadap variabel terikat ( $y$ ).

*Koefisien x2*: Koefisien regresi pada untuk beban pencemaran *non-point source* bernilai positif berarti penambahan jumlah beban pencemaran akan menambah nilai parameter COD. Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa nilai t hitung untuk  $x_1$  yaitu 1,049, pada t tabel dengan db 3 dan taraf signifikan 0,05 diperoleh 2,353, karena t hitung < t tabel dan nilai signifikansi 0,371 > 0,05 maka  $H_0$  diterima. Hal tersebut berarti tidak ada pengaruh nyata (signifikan) dari variabel bebas ( $x_1$ ) terhadap variabel terikat ( $y$ ).

*Multikolinieritas*: Dari perbandingan nilai koefisien regresi antar kedua variabel bebas dapat diketahui bahwa beban pencemaran *point sources* lebih berpengaruh dalam mengubah nilai parameter setiap penambahan satu satuan variabel.

Nilai VIF untuk variabel  $x_1$  dan  $x_2$  sama-sama 1,010 sedangkan nilai toleransi 0,990. Berdasarkan Output SPSS diatas, dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi multikolinieritas pada kedua variabel bebas dalam model regresi karena nilai toleransi > 0,1 dan Nilai VIF < 10

### Validasi Model

Untuk mengetahui validitas model regresi yang terbentuk maka dilakukan uji balik persamaan dengan memasukkan kembali nilai variabel bebas ( $x_1$  dan  $x_2$ ) sehingga diperoleh kualitas air ( $y$ ) model. Nilai kualitas air ( $y$ ) model kemudian dibandingkan dengan nilai kualitas air ( $y$ ) hasil eksperimen

Tabel 63. Hasil Uji Balik Parameter COD

Nilai Parameter COD	Segmen					
	1	2	3	4	5	6
Sampling (mg/L)	12,40	13,10	27,20	19,80	25,30	520,00
Model (mg/L)	13,33	14,17	27,16	26,46	15,53	519,58
selisih	0,93	1,07	0,04	6,66	9,77	0,42

Sumber: Analisis Data dan Perhitungan

Berdasarkan hasil uji balik persamaan model regresi untuk parameter BOD, model hanya mampu memprediksi dengan baik segmen 3 dan untuk segmen 5 terdapat selisih yang jauh.

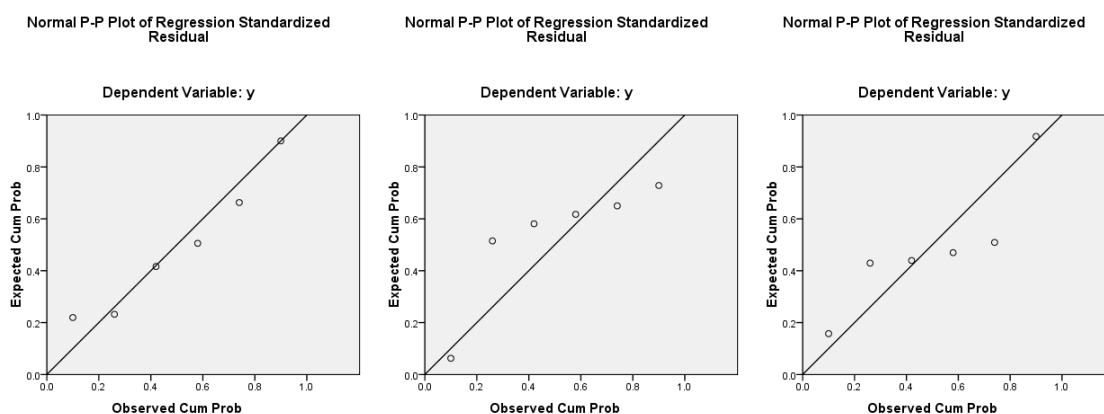
COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terdapat dalam limbah cair dengan memanfaatkan oksidator kalium dikromat sebagai sumber oksigen. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses biologis dan dapat menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air.

#### 4.3.5. Batasan Model

Pada Gambar 43, dapat kita ketahui bahwa kurva *normal p-plot output* SPSS membentuk garis lurus pada semua parameter baik TSS, BOD maupun COD yang menunjukkan bahwa model tersebut linier. Meskipun model pada setiap parameter yang ditafsirkan secara fisik dan menjelaskan variabilitas yang signifikan, ada beberapa keterbatasan untuk analisis tersebut. Ukuran sampel yang kecil menjadi keterbatasan dalam memvalidasi model regresi.

Sampel dalam penelitian mewakili segmentasi sungai yang dirancang sedemikian rupa berdasarkan mayoritas penggunaan lahan dengan bantuan Sistem Informasi Geografis. Pembagian segmen juga memperhitungkan jarak antara masing-masing sampel karena apabila terlalu dekat dikhawatirkan proses *self*

*purification* yang menjadi dasar menghitung Daya Tampung Beban Pencemaran tidak mampu dimodelkan dengan baik oleh QUAL2K. Demikian pula, pendekatan beban pencemaran terbatas rancangan sampling untuk pengambilan sampel selama musim kemarau, sehingga sampel mewakili aspek temporal dan spasial tertentu.



Gambar 43. Normal P-P Plot untuk Parameter TSS, COD dan BOD

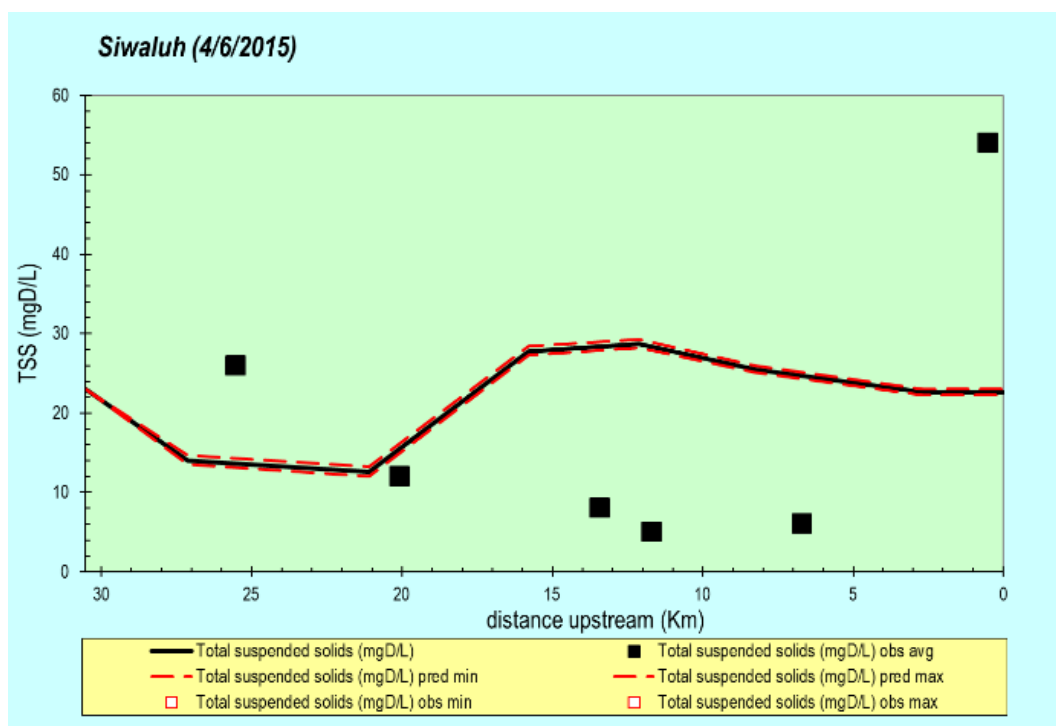
Persamaan regresi yang terbentuk pada akhirnya kurang mewakili populasi sehingga model tersebut kemungkinan tidak dapat diaplikasikan pada tempat dan waktu dengan karakteristik berbeda. Hal tersebut membuat model memiliki keterbatasan pada validitas untuk memprediksi kualitas air pada waktu dan tempat yang berbeda. Namun demikian model mampu membuat justifikasi dengan tepat bahwa *point source* lebih berpengaruh dari pada *non-point source* pada pencemaran air di musim kemarau (Ji, 2008).

#### 4.4. Daya Tampung Beban Pencemaran

Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP) dihitung menggunakan *software* QUAL2Kw. Untuk menggunakan *software* QUAL2K harus dilihat versi yang digunakan, versi terakhir merupakan QUAL2Kw 6 berbasis komputasi 64 bit yang dapat diunduh pada link <http://www.ecy.wa.gov/programs/eap/models.html>. Data *input* yang dibutuhkan dimasukkan ke dalam *software* untuk kemudian diproses sehingga didapatkan berbagai output. *Output* dalam QUAL2KW berupa nilai DTBP dan grafik daya tampung sungai yang diuji dalam model untuk setiap parameter. Langkah penggunaan *software* QUAL2K untuk lebih jelasnya disajikan dalam lampiran 7.

#### 4.4.1. Parameter TSS

Berdasarkan perhitungan dengan *software* QUAL2K maka dapat diperoleh trend DTBP model terhadap baku mutu air dan nilai daya tampung maksimum beban pencemaran Sungai Siwaluh untuk setiap parameter kunci yaitu TSS, BOD dan COD. Trend DTBP model terhadap baku mutu air parameter BOD dapat dijelaskan melalui gambar dibawah ini.



Gambar 44. Trend DTBP terhadap baku mutu air-TSS

Tabel 64. Nilai DTBP parameter TSS

	Segmen							
	Hulu	1	2	3	4	5	6	Hilir
Jarak (km)	30,52	27,12	21,08	15,80	12,12	8,24	2,69	0,00
TSS (mg/L)	23,00	13,98	12,54	27,75	28,71	25,49	22,59	22,59

Sumber: Perhitungan

Daya tampung maksimum terbesar pada Sungai Siwaluh untuk parameter TSS adalah pada segmen 4, sedangkan daya tampung terkecil pada segmen 2. Gambar 44 menunjukkan trend DTBP pada parameter TSS dari hulu ke hilir Sungai Siwaluh. Nilai DTPB pada segmen satu sebesar 13,98 mg/L. Nilai tersebut kemudian mengalami penurunan sampai pada jarak 27,12 km dari hilir sungai menjadi 12,54 mg/L. Hal tersebut dikarenakan adanya debu yang berasal dari dasar sungai yang

terangkat yang disebabkan penambangan pasir tradisional. Nilai DTBP kemudian mengalami peningkatan sampai maksimal pada jarak 15,80 km dari hilir sungai dengan nilai 28,71 mg/L. Pada titik tersebut kemampuan *self purification* sungai mulai bekerja sehingga mampu meningkatkan nilai DTBP pada nilai maksimal. Minimnya beban pencemaran *point source* menjadikan nilai DTBP cenderung naik. Nilai DTBP kemudian turun kembali sampai hilir. Hal tersebut dikarenakan mulai bereaksinya limbah dari PG. Tasikmadu ditambah beragam pencemar baik *point source* dan *non-point source* sampai pada hilir Sungai Siwaluh sehingga nilai DTBP segmen terakhir yaitu 22,59 mg/L.

### Perbandingan DTBP dengan Baku Mutu

Berdasarkan Gambar 44 dapat diperoleh nilai DTBP model pada setiap baku mutu air pada titik sampel baku mutu. Dengan menggunakan persamaan garis lurus pada dua titik dapat diperoleh nilai DTBP model pada titik sampel baku mutu, sebagai berikut :

Tabel 65. Selisih nilai DTBP Model dan Kualitas Air parameter TSS.

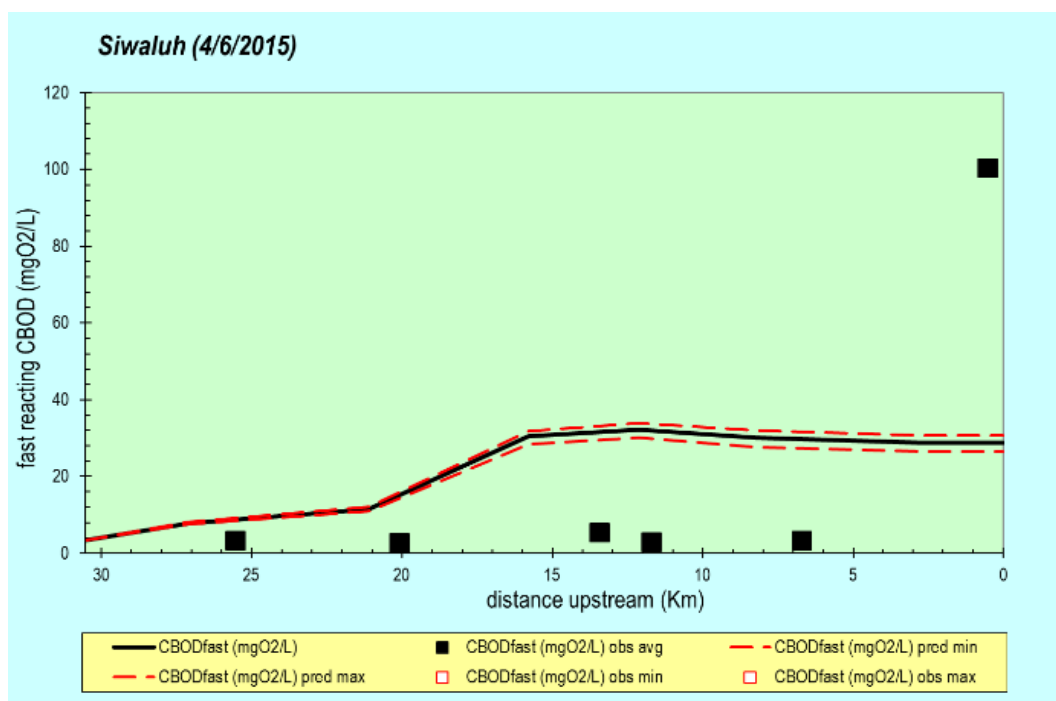
Segmen	DTBP Model (mg/L)	Kualitas Air (mg/L)	Selisih	Keterangan
1	13,60	26,00	-12,40	tidak memenuhi
2	15,47	12,00	3,47	memenuhi
3	28,37	8,00	20,37	memenuhi
4	28,36	5,00	23,36	memenuhi
5	24,68	6,00	18,68	memenuhi
6	22,59	54,00	-31,41	tidak memenuhi

Sumber: Perhitungan

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai baku mutu segmen 1 dan 6 hasil sampling telah melampaui nilai DTBP dimana selisih pada segmen 1 sebesar 12,40 mg/L dan pada segmen 6 selisihnya sebesar 31,41 mg/L. Daya tampung maksimum terbesar pada Sungai Siwaluh untuk parameter TSS adalah pada segmen 4, sedangkan daya tampung terkecil pada segmen 1. Dari tabel dapat diketahui bahwa segmen 6 memerlukan tindakan lebih lanjut dikarenakan melampaui DTBP model.

#### 4.4.2. Parameter BOD

Berdasarkan perhitungan dengan *software* QUAL2K maka dapat diperoleh tren DTBP model terhadap baku mutu air dan nilai daya tampung maksimum beban pencemaran Sungai Siwaluh untuk setiap parameter kunci yaitu TSS, BOD dan COD. Tren DTBP model terhadap baku mutu air parameter BOD dapat dijelaskan melalui gambar dibawah ini.



Gambar 45. Trend DTBP terhadap baku mutu air-BOD

Tabel 66. Nilai DTBP parameter BOD

	Hulu	1	2	Segmen		5	6	Hilir
				3	4			
Jarak (km)	30,52	27,12	21,08	15,80	12,12	8,24	2,69	0,00
BOD (mg/L)	3,30	7,80	11,59	30,46	32,26	30,03	28,73	28,73

Sumber: Perhitungan

Pada Gambar 45 menunjukkan trend DTBP pada parameter BOD dari hulu ke hilir Sungai Siwaluh. Nilai DTPB segmen 1 sebesar 7,80 mg/L kemudian mengalami kenaikan dari segmen 2 sampai segmen 3. Nilai DTBP mengalami peningkatan sampai maksimal pada jarak 15,80 km dari hilir sungai dengan nilai DTBP parameter BOD sebesar 32,26 mg/L. Pada segmen 4 kemampuan *self purification* sungai mulai bekerja sehingga mampu meningkatkan nilai DTBP pada

nilai maksimal. Minimnya beban pencemaran *point source* menjadikan nilai DTBP cenderung naik. Nilai DTBP kemudian turun kembali sampai hilir. Hal tersebut dikarenakan mulai bereaksinya limbah yang berasal dari berbagai sumber pencemar baik *point source* yaitu IPAL PG. Tasikmadu dan RS. PKU Muhammadiyah serta *non-point source* yaitu dari limbah domestik, sampah, pertanian, peternakan hotel dan industri tanpa IPAL (UMKM) sampai pada hilir Sungai Siwaluh pada segmen 6 dimana terdapat banyak industri tekstil skala besar ditambah industri kimia sehingga segmen 6 nilai DTBP turun dengan nilai 28,73 mg/L

### Perbandingan DTBP dengan Baku Mutu

Berdasarkan Gambar 45 dapat diperoleh nilai DTBP model pada setiap baku mutu air pada titik sampel baku mutu. Dengan menggunakan persamaan garis lurus pada dua titik dapat diperoleh nilai DTBP model pada titik sampel baku mutu, sebagai berikut :

Tabel 67. Selisih nilai DTBP Model dan Kualitas Air parameter BOD

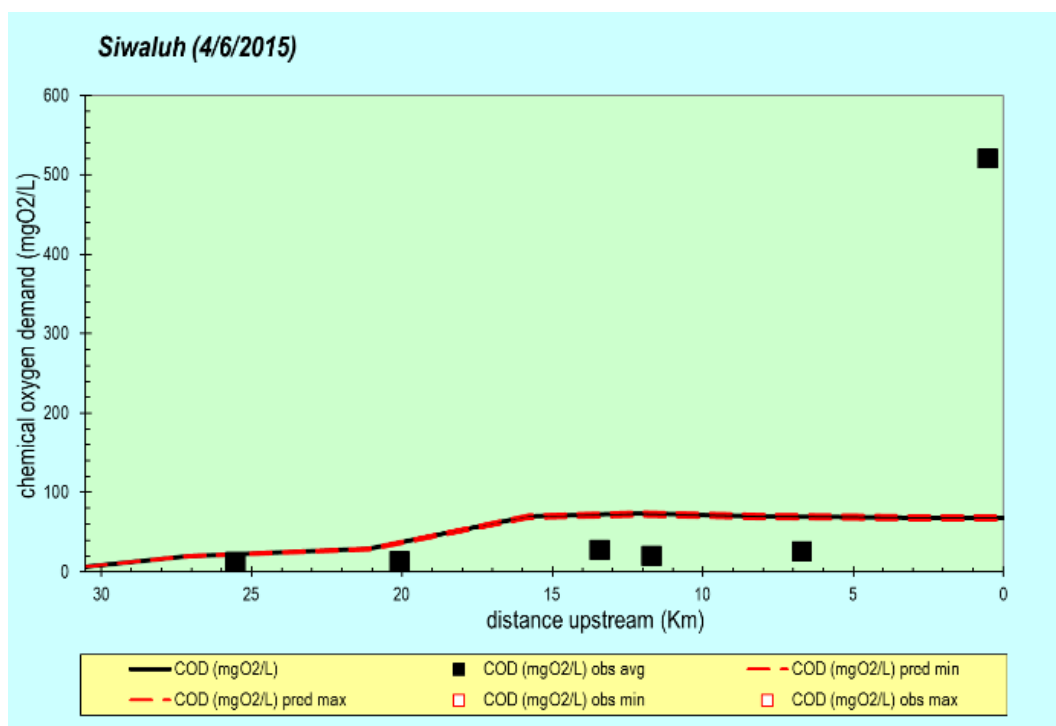
Segmen	DTBP Model (mg/L)	Kualitas Air (mg/L)	Selisih	Keterangan
1	8,80	3,10	5,70	memenuhi
2	15,23	2,60	12,63	memenuhi
3	31,63	5,20	26,43	memenuhi
4	32,02	2,80	29,22	memenuhi
5	29,67	3,10	26,57	memenuhi
6	28,73	100,20	-71,47	tidak memenuhi

Sumber: Perhitungan

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai baku mutu pada semua segmen tidak melampaui nilai daya tampung beban pencemaran Model kecuali pada segmen 6. Nilai baku mutu segmen 6 melampaui nilai daya tampung beban pencemaran dimana selisihnya sebesar 71,47 mg/L. Daya tampung maksimum terbesar pada Sungai Siwaluh untuk parameter BOD adalah pada segmen 4, sedangkan daya tampung terkecil pada segmen 1. Dari tabel dapat diketahui bahwa segmen 6 memerlukan tindakan lebih lanjut dikarenakan melampaui daya tampung beban pencemaran.

#### 4.4.3. Parameter COD

Berdasarkan perhitungan dengan software QUAL2Kw maka dapat diperoleh Tren DTBP model terhadap baku mutu air dan nilai daya tampung maksimum beban pencemaran Sungai Siwaluh untuk setiap parameter kunci yaitu TSS, BOD dan COD. Tren DTBP model terhadap baku mutu air parameter COD dapat dijelaskan melalui gambar dibawah ini.



Gambar 46. Trend DTBP terhadap baku mutu air-COD

Tabel 68. Nilai DTBP parameter COD

	Segmen							
	Hulu	1	2	3	4	5	6	Hilir
Jarak (km)	30,52	27,12	21,08	15,80	12,12	8,24	2,69	0,00
COD (mg/L)	6,60	19,68	29,03	69,80	73,36	70,30	68,16	68,16

Sumber: Perhitungan

Pada Gambar 46 menunjukkan trend DTBP pada parameter COD dari hulu ke hilir Sungai Siwaluh. Nilai DTPB awal sebesar 19,68 mg/L kemudian mengalami kenaikan dari segmen 2 sampai segmen 3. Nilai DTBP mengalami peningkatan sampai maksimal pada jarak 15,80 km dari hilir sungai dengan nilai DTBP parameter COD sebesar 73,36 mg/L. Pada titik tersebut kemampuan *self*

*purification* sungai mulai bekerja sehingga mampu meningkatkan nilai DTBP pada nilai maksimal. Minimnya beban pencemaran *point source* menjadikan nilai DTBP cenderung naik. Nilai DTBP kemudian turun kembali sampai hilir. Hal tersebut dikarenakan mulai bereaksinya limbah yang berasal dari berbagai sumber pencemar baik *point source* yaitu IPAL PG. Tasikmadu dan RS. PKU Muhammadiyah serta *non-point source* yaitu dari limbah domestik, sampah, pertanian, peternakan hotel dan industri tanpa IPAL (UMKM) sampai pada hilir Sungai Siwaluh pada segmen 6 dimana terdapat banyak industri tekstil besar ditambah industri kimia sehingga segmen 6 nilai DTBP turun dengan nilai 68,16 mg/L.

### Perbandingan DTBP dengan Baku Mutu

Berdasarkan Gambar 45 dapat diperoleh nilai DTBP model pada setiap baku mutu air pada titik sampel baku mutu. Dengan menggunakan persamaan garis lurus pada dua titik dapat diperoleh nilai DTBP model pada titik sampel baku mutu, sebagai berikut :

Tabel 69. Selisih nilai DTBP Model dan Kualitas Air parameter COD

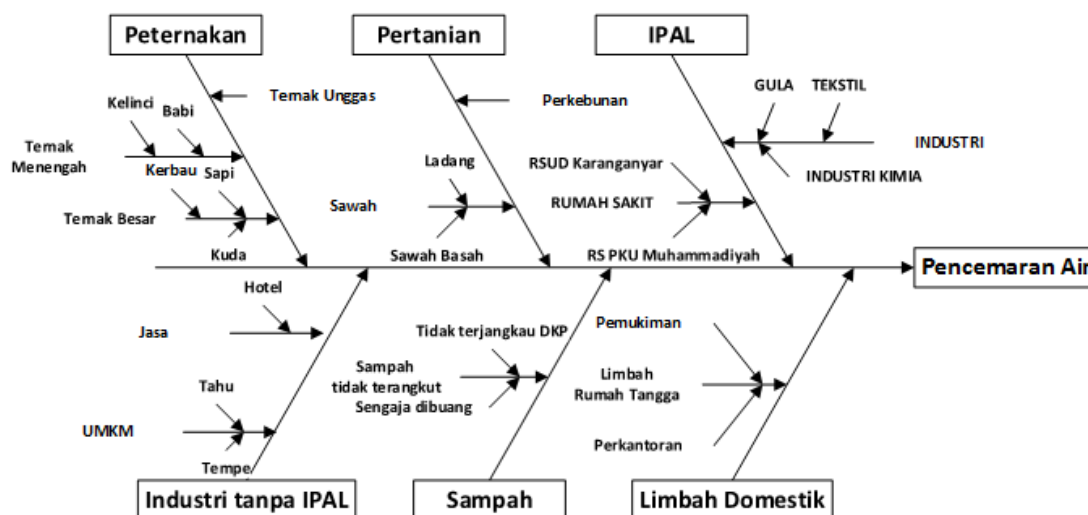
Segmen	DTBP Model (mg/L)	Kualitas Air (mg/L)	Defisit	Keterangan
1	22,15	12,40	9,75	memenuhi
2	36,88	13,10	23,78	memenuhi
3	72,11	27,20	44,91	memenuhi
4	73,02	19,80	53,22	memenuhi
5	69,70	25,30	44,40	memenuhi
6	68,16	520,00	-451,84	tidak memenuhi

Sumber: Perhitungan

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai baku mutu segmen 6 melampaui nilai Daya Tampung Beban Pencemaran dimana selisihnya sebesar 451,84 mg/L. Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa semua segmen tidak melampaui nilai Daya Tampung Beban Pencemaran kecuali pada segmen 6. Daya tampung maksimum terbesar pada Sungai Siwaluh untuk parameter TSS adalah pada segmen 4, sedangkan daya tampung terkecil pada segmen 1. Dari tabel dapat diketahui bahwa segmen 6 memerlukan tindakan lebih lanjut dikarenakan melampaui nilai DTBP model.

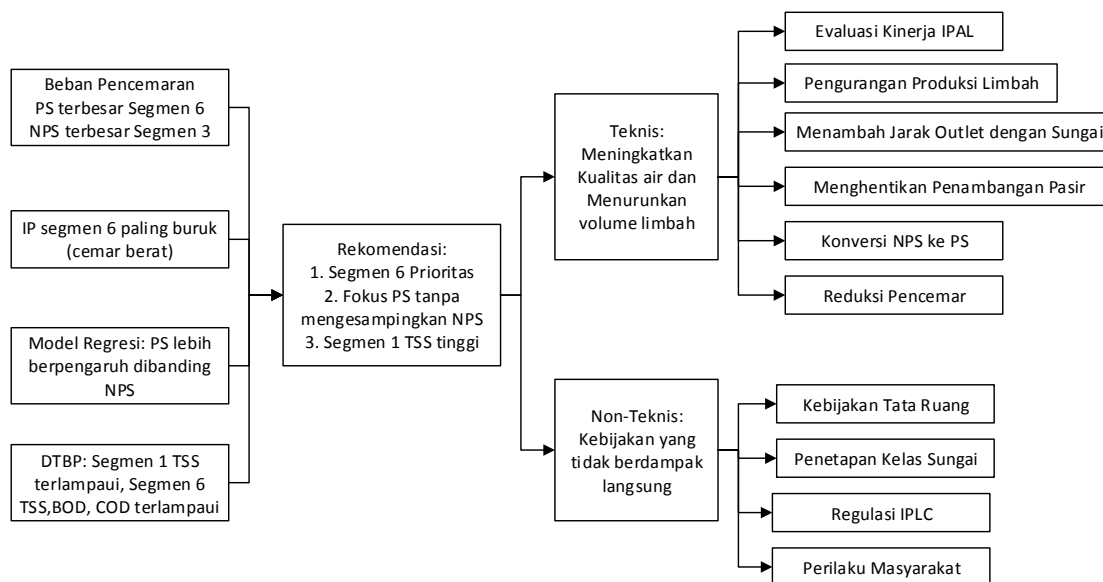
#### 4.5. Rekomendasi Kebijakan Pengendalian Pencemaran

Pengendalian pencemaran air adalah upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air. Sumber pencemaran berupa limbah IPAL, rumah tangga, sampah, pertanian, peternakan dan industri tanpa IPAL sejatinya merupakan dampak aktivitas manusia dalam penggunaan lahan di sekitar Daerah Aliran Sungai untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Penyebab pencemaran kemudian dikuantifikasi melalui variabel beban pencemaran. Secara Umum penyebab pencemaran air pada Sungai Siwaluh dapat digambarkan pada diagram dibawah ini:



Gambar 47. Cause Effect Diagram: Pencemaran Air Sungai Siwaluh

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa beban pencemaran *point source* terbesar pada segmen 6 sedangkan beban pencemaran *non-point source* terbesar pada Segmen 3. Hasil analisis kualitas air menunjukkan bahwa pada segmen 6 telah melampaui baku mutu kelas 2 untuk parameter TSS, BOD dan COD. Status mutu air paling parah juga terjadi pada segmen 6 dengan kategori pencemaran cemar berat. Berdasarkan model regresi yang dibangun diketahui bahwa *point source* ternyata lebih mempengaruhi kualitas air dibandingkan *non-point source*. Hasil analisis daya tampung beban pencemaran Segmen 6 pada semua parameter kunci terlampaui dengan selisih cukup besar. Hasil yang mengejutkan lainnya dimana daya tampung segmen 1 juga terlampaui pada parameter TSS.



Gambar 48. Skema Rekomendasi

Segmen 6 perlu mendapatkan prioritas dalam upaya pengendalian pencemaran air dikarenakan mengalami pencemaran paling berat dari berbagai penilaian. Nilai indeks pencemaran dari 3 parameter kunci pada segmen 6 merupakan yang tertinggi dengan kategori cemar berat. Nilai parameter TSS, BOD dan COD pada segmen 6 juga melampaui baku mutu peruntukan kelas 2 dimana selisih nilai tersebut dengan nilai DTBP cukup tinggi. Berdasarkan model regresi, dari konstanta model dapat diketahui bahwa *point source* memiliki kontribusi yang besar dibanding *non-point source* dalam pencemaran air pada Sungai Siwaluh. Namun demikian, nilai *point source* yang sangat kecil dibandingkan *non-point source* mendapatkan perhatian khusus. Untuk itulah upaya pengendalian yang dilakukan harus beriringan antara penanggulangan sumber pencemar *point source* dan *non non-point source* meskipun fokus utama yaitu pada *point source*.

#### 4.5.1. Rekomendasi Teknis

Rekomendasi teknis pengendalian pencemaran air berupa aksi nyata yang bertujuan untuk menurunkan tingkat pencemaran. Berdasarkan Tabel 33, total beban pencemaran *point sources* yang dihasilkan pada segmen 6 untuk parameter TSS sebesar 97,30 mg/L, parameter BOD sebesar 63,72 mg/L dan parameter COD sebesar 187,84 mg/L. Berdasarkan perhitungan dengan model QUAL2K maka terdapat selisih yang sangat besar dari nilai DTBP model dibandingkan dengan

kenyataan di lapangan, dimana selisih tertinggi berada pada segmen 6 dengan nilai selisih untuk parameter TSS sebesar 31,41 mg/L, parameter BOD sebesar 71,47 mg/L dan parameter COD sebesar 451,84 mg/L. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengendalian pencemaran air harus dilakukan secara menyeluruh baik *point sources* maupun *non point sources* karena terdapat selisih yang sangat besar terutama pada parameter BOD dan COD.

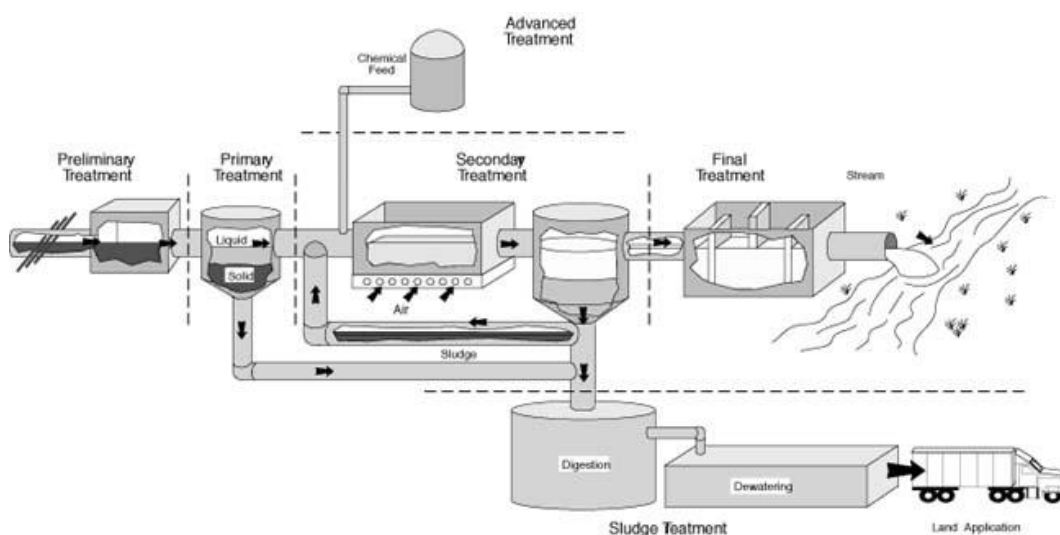
Berdasarkan hal di atas dan memperhatikan model regresi yang terbentuk dimana *point sources* lebih berpengaruh terhadap *non-point sources* maka fokus utama dalam upaya pengendalian pencemaran air di Sungai Siwaluh adalah menanggulangi pencemaran yang ditimbulkan dari *point source*. Dengan karakteristik *point source* yang mudah diidentifikasi dan dikendalikan maka upaya pengendalian pencemaran dilakukan dengan menurunkan nilai parameter pencemaran meningkatkan kualitas air limbah dan menurunkan debit air limbah yang keluar dari outlet. Beberapa langkah yang dapat ditempuh, sebagai berikut:

#### 1. Evaluasi kinerja IPAL

Industri yang mendominasi pada segmen 6 yaitu industri tekstil yang memerlukan air sangat besar hal tersebut mengakibatkan jumlah limbah yang dihasilkan juga sama besarnya. IPAL merupakan kunci pokok dalam pengolahan air limbah yang dikeluarkan oleh industri. Secara umum perlakuan limbah cair berdasarkan tingkatan perlakuannya dapat digolongkan menjadi 4 jenis (Suharto, 2011), sebagai berikut:

- a. Praperlakuan, melibatkan perlakuan fisika dan kimia yaitu saringan, ekualisasi, pemisahan minyak dan lemak dan perlakuan proses kimia netralisasi asam atau basa limbah cair.
- b. Perlakuan Primer melibatkan perlakuan fisika untuk memindahkan padatan tersuspensi dan menurunkan nilai BOD.
- c. Perlakuan Sekunder melibatkan perlakuan biologi dan mikrobiologi untuk mengurangi konsentrasi senyawa kimia organik dalam *effluent*.
- d. Perlakuan Tersier, melibatkan tambahan perlakuan kimia untuk memindahkan senyawa anorganik dan mikroba patogen.

Air limbah yang keluar dari lini produksi kemudian diolah sehingga keluaran limbah tidak mencemari lingkungan. Air limbah yang keluar dari outlet kemudian dibuang pada badan air. Proses pengolahan air limbah secara umum seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 49. Prinsip Umum IPAL

IPAL yang menyumbang beban pencemaran (segmen 6) terbesar harus dievaluasi dari segi operasionalnya dimana persyaratan minimal menjalankan keempat perlakuan tersebut harus dilakukan dengan benar. Biaya operasional untuk menjalankan IPAL menjadi alasan utama perusahaan tidak menjalankan salah satu perlakuan yang dipersyaratkan dalam pengoperasian IPAL industri. Pada IPAL Industri tekstil, penambahan polutan ternyata tidak dipengaruhi faktor komponen pengolah terutama dari perlakuan kimia dengan bahan yang *non degradable*. Penggunaan bahan alami dalam berbagai proses pada Instalasi Pengolahan air limbah perlu dilakukan guna mengurangi pencemaran lanjutan dari komponen IPAL dan meningkatkan kinerja IPAL (Ogunlaja and Aemere, 2009).

## 2. Pengurangan Jumlah Produksi Limbah

Tingkat Pencemaran yang disebabkan oleh limbah cair bergantung pada kualitas dan kuantitas air. Apabila kualitas air lebih berhubungan pada efisiensi IPAL maka kuantitas air limbah berhubungan dengan penggunaan air pada alur produksi. Beberapa langkah untuk mengurangi produksi air limbah salah satunya dengan penerapan *green industry* dengan meminimasi penggunaan air pada produksi.

Konsep penggunaan ulang air (*recycle*) layak dipertimbangkan dalam meminimasi jumlah air limbah yang keluar. Hal tersebut dapat meniru langkah PG. Tasikmadu yang melakukan penggunaan air hasil olahan untuk keperluan menyiram tanaman dan proses produksi sehingga mengurangi air limbah yang dikeluarkan menuju Sungai Siwaluh (ditunjukkan pada lampiran 8 wawancara pada narumber 2). Air limbah yang keluar dari *outlet* dengan baku mutu yang ditetapkan aman bagi lingkungan dapat digunakan untuk keperluan rumah tangga ataupun keperluan menyiram tanaman yang ada disekitar perusahaan. Metode treatment kimia yang memungkinkan penggunaan air keluaran outlet sebagai air daur ulang dapat dipertimbangkan untuk mengurangi kuantitas air limbah (Lin and Chen, 1997).

### 3. Menambah jarak outlet IPAL dari badan air

Pada segmen 6 industri yang membuang limbah merupakan industri tekstil dan kimia yang memiliki IPAL dalam pengolahan limbah. Ijin Pembuangan Limbah Cair (IPLC) ke badan air juga sudah dikantongi oleh industri. Kewajiban industri dalam pelaporan pengelolaan IPAL juga sudah dilaksanakan industri tersebut. Berdasarkan analisis segmen 6 memiliki tingkat kualitas air paling buruk. Berdasarkan trend kualitas air dan DTBP serta beban pencemaran maka sekor industri perlu mendapat prioritas pengendalian pencemaran air.



Gambar 50. Citra Google Earth: Jarak IPAL yang dekat dari Badan Air

Karakteristik IPAL pada segmen 6 yaitu jarak yang sangat dekat dengan badan air. Hal tersebut menyebabkan air limbah dari outlet IPAL langsung bercampur dengan air sungai yang tentunya berdampak signifikan dengan meningkatnya parameter kualitas air (Leeuwen, 2007).



Gambar 51. Citra Google Earth: Jarak IPAL yang jauh dari Badan Air

Keadaan tersebut tentunya berbeda apabila dilakukan perbandingan dengan segmen 4 pada PG. Tasikmadu yang dibuat pada jaman kolonial dimana letak *outlet* yang jauh, seperti terlihat pada gambar diatas. Dengan adanya jarak yang cukup jauh dari badan air penerima, air limbah hasil keluaran dari IPAL akan mengalami perlakuan fisika dan kimia selama perjalanan menuju sungai. Hal tersebut tentunya akan berdampak pada kondisi air limbah keluran yang tentunya akan lebih baik setelah mengalami perlakuan baik fisika dan kimia dibandingkan yang langsung mengalami kontak langsung dengan badan air penerima.

Disamping mengurangi pencemaran akibat *point source*, pencemaran *non-point source* juga harus dilakukan upaya pengurangan karena walaupun hanya memiliki koefisien dalam model sangat kecil namun jumlah *beban non-point source* sangat besar dibanding *point source*. Perbedaan karakteristik antara *point source* dan *non-point source* juga mengakibatkan upaya pengendalian mungkin tidak serta-merta mengurangi pencemaran akibat *non-point source* secara langsung

dan signifikan. Upaya yang dilakukan untuk mengurangi beban pencemaran *non-point source* antara lain:

1. Mengubah *non-point source* menjadi *point source*.

Pengendalian *non-point source* memerlukan waktu dan biaya yang sangat lama. Disamping itu, aplikasi pengendalian tersebut sangat sulit baik secara teknis maupun administratif (Ongley et al., 2010). Dengan karakteristik *non-point source* yang susah dikendalikan maka solusi pertama yang memungkinkan yaitu mengubah *non-point source* menjadi *point source*. Upaya tersebut tidak diberlakukan pada semua sumber *non-point source*. Upaya tersebut hanya mampu diaplikasikan pada sektor limbah domestik, peternakan dan UMKM. Langkah-langkah yang dapat dilakukan antara lain:

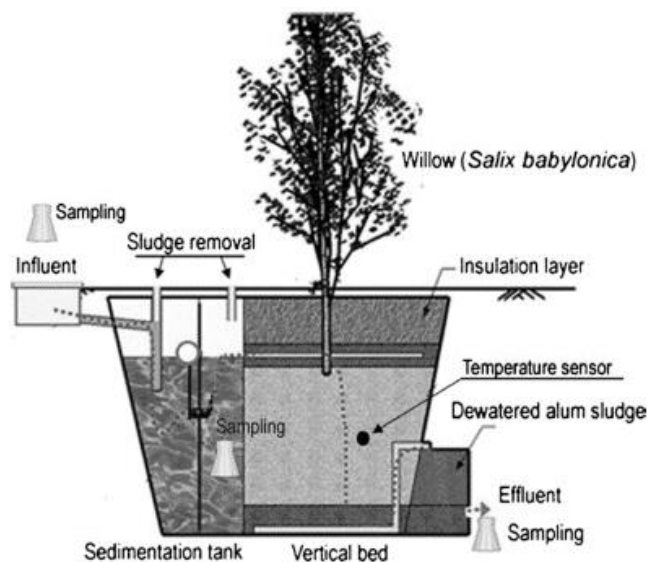
a. Pengelolaan Limbah Domestik secara *on site* dan *off site*

Penanganan limbah domestik sangat penting untuk mencegah pencemaran terhadap badan air. Limbah domestik dihasilkan dari penggunaan air untuk keperluan rumah tangga. Limbah rumah tangga biasanya dilirkan melalui saluran pembuangan untuk seterusnya dibuang menuju badan air (Ichinari et al., 2008). Fungsi sungai semacam menjadi saluran primer terakhir untuk pembuangan limbah domestik yang mengandung berbagai nutrien berbahaya dari sabun cuci, sabun mandi ataupun bahan kimia lain yang masuk saluran pembuangan. *Grey water* adalah limbah rumah tangga non kakus yaitu buangan yang berasal dari kamar mandi, dapur (sisa makanan) dan tempat cuci. Penangan air limbah domestik yang berasal dari rumah tangga dapat dilakukan dengan dua meode yaitu:

- Pengelolaan *Off Site* adalah pengolahan limbah rumah tangga yang dilakukan secara terpusat. Sistem ini sudah diadopsi diberbagai negara dan bahkan di Indonesia sudah di adopsi yaitu pada IPAL Komunal Sewon, Bantul, Yogyakarta. Sistem ini sangat cocok untuk pemukiman dengan penduduk yang padat dan secara jangka panjang akan mengurangi permasalahan akibat pencemaran dari rumah tangga. Namun demikian, biaya investasi untuk sistem tersebut sangat tinggi dan harus terintegrasi dengan pemukiman sasaran. Pada sistem ini

semua limbah domestik dari semua pemukiman sasaran dikumpulkan pada satu tempat untuk kemudian di olahagar tidak mencemari lingkungan dan bisa dimanfaatkan kembali (Gawad and Butter, 1995).

- Pengolahan *On Site* menggunakan sistem septik-tank dengan peresapan ke tanah dalam penanganan limbah rumah tangga. Pengelolaan air limbah ini secara biaya merupakan yang paling murah dibanding menggunakan IPAL terpusat. Secara skematis pengelolaan *on site* tidak memerlukan perawatan berkala dan dapat diaplikasikan di setiap pemukiman. Ada beberapa konsep pengelolaan *on site* yang telah diterapkan di berbagai negara salah satunya yaitu IPAL Komunal terdesentralisasi. IPAL Komunal banyak diaplikasikan pada daerah yang tidak tercover oleh IPAL terpusat di Yogyakarta. Sistem tersebut bertujuan untuk menurunkan polutan dalam limbah domestik sebelum mengalir ke sungai (Widodo et al., 2009).



Gambar 52. Skema Pengelolaan Limbah Domestik IHCW  
Sumber: Wu et al, 2011

Konsep lainnya yang sedang berkembang yaitu konsep *Integrated Household Constructed Wetland (IHCW)*. Konsep tersebut mengalirkan limbah domestik ke dalam sumur resapan yang tertutup dan terbuat dari beton yang dikombinasikan dengan pemanfaatan tanaman penyerap polutan yaitu dedalu (*Salix babilonica*). Konsep ini terbukti lebih murah

dan efektif untuk menyerap nutrisi dan logam berbahaya yang terkandung yang terkandung dalam limbah domestik (Wu et al., 2011)

b. IPAL Biogas pada sektor Peternakan

Pada segmen 6 disusun oleh 2 kecamatan yaitu Kebakkramat dan Jaten dimana memiliki peternakan ayam, sapi dan babi yang cukup besar (BPS Karanganyar, 2014). Pola pengelolaan tradisional hanya membuang kotoran ke saluran ataupun dibiarkan merembes ke dalam tanah. Potensi pengelolaan limbah untuk peternakan sebenarnya menjanjikan karena dapat dikonversi menjadi sumber energi melalui pembuatan IPAL Biogas. Keberadaan kluster peternak perlu dibina agar mengadopsi pengolahan limbah melalui IPAL supaya limbah peternakan tidak langsung mencemari badan air penerima.

c. IPAL Komunal UMKM

Industri yang belum memiliki IPAL diantaranya industri kecil dan menengah pembuatan tahu. Industri tersebut tentunya mengalami kesulitan biaya jika diwajibkan membangun dan mengoperasikan IPAL sendiri. Untuk itu selayaknya para industri tersebut membuat kluster industri. Dengan adanya kelompok industri yang berdekatan maka aplikasi IPAL dalam bentuk komunal tentunya akan lebih mudah terjangkau dari segi pembiayaan dan memiliki keuntungan lain berupa sumber energi terbarukan.

**Sanitasi Berbasis Masyarakat (SANIMAS)**

SANIMAS merupakan program untuk menyediakan prasarana air limbah bagi masyarakat di daerah kumuh padat perkotaan. Berdasarkan sumber limbahnya SANIMAS dibagi menjadi 3 kategori yaitu yang berasal dari toilet komunal (MCK++), IPAL domestik komunal, industri berskala kecil (UMKM) dan peternakan. Terlepas dari sumber dan jenis air limbah, sistem SANIMAS terutama terdiri dari biodigester. Biodigester ini biasanya dirancang oleh BORDA memiliki bentuk kubah beton dengan diameter 3 meter. Jenis biodigester dipilih karena terbukti mampu menangani limbah domestik sambil menghasilkan biogas, berbiaya rendah sehingga bisa dibangun oleh masyarakat menggunakan bahan yang mudah didapatkan dan dapat dioperasikan oleh masyarakat setempat dengan mudah karena

tidak memerlukan prosedur khusus, energi eksternal atau bahan kimia tambahan untuk menjaga operasinya (Rochmadi et al., 2010). Menyusul kesuksesan pilot program di enam kota di tahun 2003-2004, mulai tahun 2005, Pemerintah Indonesia telah berkomitmen untuk meningkatkan sumber daya dalam mendukung replikasi dan *scaling-up* pendekatan fasilitas sanitasi terdesentralisasi berbasis masyarakat. Program ini dapat diaplikasikan untuk konversi *non-point source* ke *point source* dari 3 sumber pencemar diatas pada Sungai Siwaluh.

## 2. Pengurangan potensi pencemar lainnya

Pada beberapa sektor yang tidak mungkin untuk mengadopsi konversi ke *point source* seperti sektor pertanian dan sampah. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam upaya pengendalian pencemaran air, antara lain:

### a. Pengurangan pupuk kimia

Penggunaan lahan untuk kegiatan pertanian merupakan salah satu penyebab pencemaran pada Sungai Siwaluh. Kegiatan pertanian akan menghasilkan air larian yang mengandung sedimen Nitrat dan Fosfat yang masuk ke badan air (Casalí et al., 2010). Berdasarkan Tabel 45 dapat dilihat beberapa parameter terkait polutan dari pertanian terdeteksi yaitu Nitrat dan Fosfat. Parameter Nitrat yang paling tinggi berada pada segmen 4 sebesar 2,8 mg/L, masih dalam kondisi baik karena tidak melampaui baku mutu kelas 1. Parameter Fosfat yang paling tinggi berada pada segmen 6 sebesar 0,2553 mg/L, melampaui baku mutu kelas 2. Sumber pencemar dari sektor pertanian umumnya berasal dari penggunaan pupuk. Penggunaan pupuk kimia dan pestisida mengakibatkan penambahan nutrien dalam air yang terlarut kemudian mengalir ke badan air penerima yaitu Sungai Siwaluh. Mayoritas penggunaan lahan pada Kabupaten Karanganyar yaitu untuk lahan pertanian. Dengan komposisi luas penggunaan lahan pertanian yang paling besar pada segmen 6 yaitu sekitar 50% dari total penggunaan lahan dan lahan pertanian menyumbang beban pencemaran pada posisi ketiga setelah limbah domestik dan peternakan maka perlu dilakukan upaya pengendalian pencemaran air pada sektor pertanian. Upaya tersebut dapat dilakukan yaitu mengadopsi pertanian ramah lingkungan dengan budidaya pertanian

organik. Pertanian organik cenderung menggunakan bahan-bahan yang mudah terurai oleh lingkungan. Penerapan sistem pertanian organik memiliki kelemahan yaitu hasil panen dan masa panen yang cenderung kurang menguntungkan petani, hendaknya pemerintah harus hadir dalam upaya tersebut untuk mengedukasi dan mendorong adopsi kembali pertanian organik karena lebih ramah lingkungan dan juga ramah terhadap tanah pertanian yang cenderung rusak akibat penggunaan pupuk kimia dan pestisida yang diadopsi selama ini oleh para petani untuk meningkatkan hasil panennya.

b. Reduksi Sampah

Kapasitas pengelolaan sampah oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Karanganyar hanya 52% dari total sampah yang ada di Karanganyar. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) yang dimiliki Kabupaten Karanganyar hanya berjumlah satu buah terletak di Desa Sukosari Kecamatan Jumantono dengan jarak 25 km dari pusat kota Karanganyar dengan sistem *open dumping*. Upaya reduksi sampah yang paling utama yaitu peningkatan pelayanan pengambilan sampah dari pemerintah Daerah Kabupaten Karanganyar. Pengambilan sampah dilakukan secara rutin dengan menggunakan armada 35 truk setiap hari tetapi untuk satu kabupaten seluas 77.378,64 Ha atau sekitar 773 km<sup>2</sup> (BPS Karanganyar, 2014). Berdasarkan hal maka hendaknya alokasi peralatan pengumpul sampah memperhatikan tingkat kebutuhan suatu kawasan serta jarak kawasan dari sungai dalam upaya mengurangi beban pencemaran yang timbul akibat sampah yang dibuang ke sungai.

**Segmen 1: Menghentikan Penambangan Pasir Liar**

Pada analisis perhitungan DTBP diketahui bahwa parameter TSS pada segmen 1 telah melampaui daya tampung sungai walaupun dalam perhitungan indeks pencemaran dalam kondisi baik. Ada selisih sebesar 12,40 mg/L antara DTBP model dibandingkan dengan baku mutu hasil sampling di lapangan pada parameter TSS. Parameter TSS berkaitan dengan endapan yang terdapat disungai. Berdasarkan pengamatan peneliti, kegiatan penambangan pasir merupakan

penyebab adanya nilai TSS yang begitu tinggi pada segmen awal penelitian. Hal tersebut dijumpai dari sampel penelitian pada segmen hulu yang cenderung keruh meskipun hasil uji laboratorium dan perhitungan tingkat pencemaran masih dalam kondisi yang baik.

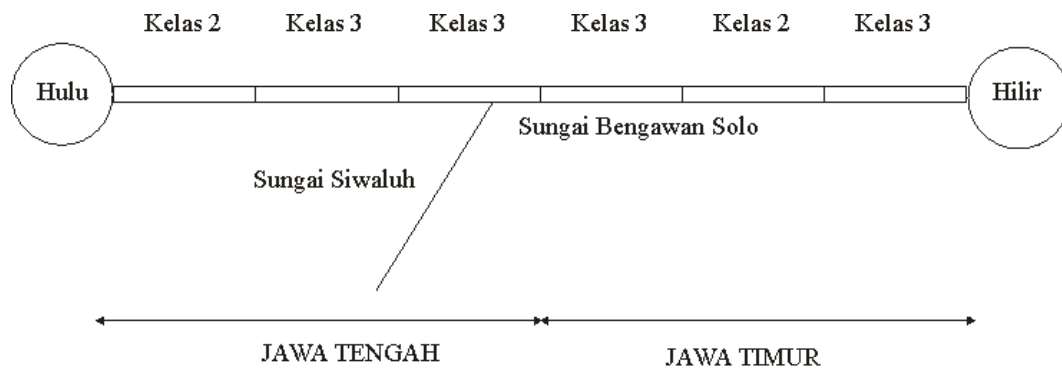
Penambangan pasir secara tradisional dijumpai pada beberapa titik mulai dari hulu sungai hingga segmen 1 pada Sungai Siwaluh. Penambangan Pasir masih dilakukan secara tradisional pada saat debit air sedikit yaitu pada musim kemarau, dimana penelitian ini dilakukan. Pasir dan batu yang ditambang biasanya digunakan untuk keperluan tanah *urug*. Penambangan liar tersebut masih menggunakan metode tradisional dan manual tidak menggunakan bahan kimia maupun mesin. Namun demikian, adanya penambangan tersebut tentunya akan mengakibatkan sungai menjadi keruh sehingga nilai TSS menjadi lebih tinggi karena partikel yang harusnya mengendap naik dan menyebar pada badan air. Penertiban penambangan perlu segera dilakukan dalam upaya pengendalian pencemaran air pada Sungai Siwaluh.

#### 4.5.2. Rekomendasi Non-Teknis

Disamping rekomendasi yang bersifat teknis juga diperlukan upaya non-teknis dalam pengendalian pencemaran air. Upaya non-teknis dalam bentuk kebijakan pemerintah, regulasi maupun gerakan masyarakat yang mendukung upaya dalam mengatasi pencemaran air sungai siwaluh. Rekomendasi non-teknis perlu dilakukan untuk mendukung rekomendasi teknis yang telah dirumuskan. Adapun rekomendasi non-teknis dalam upaya pengendalian pencemaran air pada sungai siwaluh, sebagai berikut:

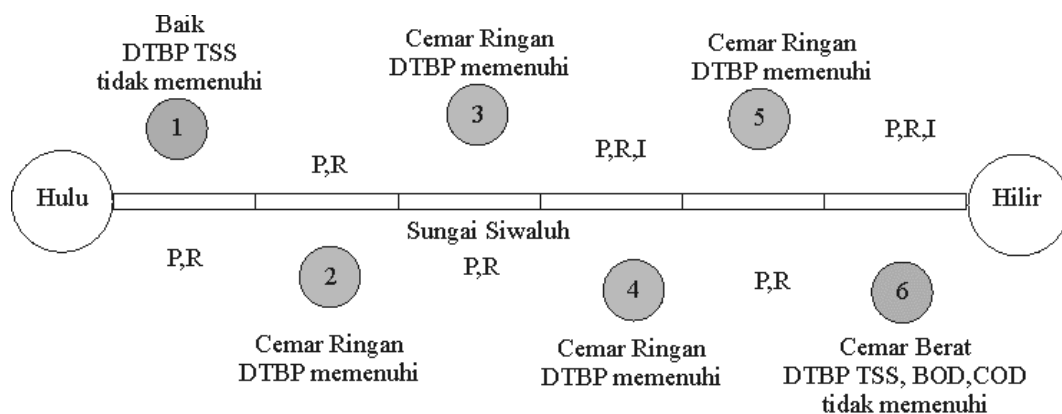
##### 1. Penetapan Kelas air pada Sungai Siwaluh

Segmen 6 Sungai Siwaluh dikenal dengan Sungai Sroyo oleh media masa maupun warga masyarakat Kabupaten Karanganyar karena mengalir melewati Desa Sroyo, Kecamatan Jaten. Pada ujung segmen 6 Sungai Siwaluh merupakan bagian hilir pertemuan dengan Sungai Bengawan Solo yang telah ditetapkan yaitu pada Kelas III (Yuliasuti, 2011).



Gambar 53. Penetapan Kelas Sungai Bengawan Solo

Dengan membandingkan hasil sampling dimana parameter kunci bahwa hanya parameter TSS yang memenuhi baku mutu kelas III sedangkan parameter BOD dan COD jauh melampaui baku mutu kelas III bahkan kelas IV. Dengan kondisi yang demikian keberadaan sungai Siwaluh terutama pada segmen 6 menjadi penyumbang pencemaran pada Sungai Bengawan Solo. Penetapan kelas sungai mutlak diperlukan karena sungai Siwaluh belum ditentukan kelasnya sehingga apabila ada pencemaran yang melampaui baku mutu segera dapat ditindaklanjuti



Gambar 54. Skema Kondisi Sungai Siwaluh

Skema diatas menunjukkan bahwa penetapan kelas Sungai Siwaluh akan menimbulkan efek yang signifikan bagi kehidupan sosial ekonomi pada area Daerah Aliran Sungai Siwaluh. Penetapan kelas sungai yang homogen akan mengakibatkan berbagai dampak negatif yaitu apabila ditetapkan terlalu rendah maka akan membebani industri penghasil limbah cair karena kelas air yang rendah akan membutuhkan spesifikasi kualitas air keluaran yang bagus dan apabila kelas air terlalu tinggi maka menjadi justifikasi sektor lain untuk membuang limbahnya ke badan air penerima. Dengan komposisi penggunaan lahan lahan yang berselang

seling pada beberapa segmen maka permasalahan akan timbul pada segmen 4 dimana terdapat industri besar yang telah alam eksis yaitu PG. Tasikmadu yang berdiri sejak zaman kolonial pada segmen tersebut namun pada segmen berikutnya yaitu segmen 5 berupa wilayah yang mayoritas untuk pertanian. Penetapan kelas per segmen mungkin merupakan pendekatan paling tepat dan jalan tengah yang mengakomodir kepentingan pembuangan air limbah oleh Industri.

## 2. Pembaruan regulasi IPLC

Ijin Pembuangan Limbah Cair ke Badan Air di Kabupaten Karanganyar diatur melalui Peraturan Bupati Nomor 40 Tahun 2009 tentang Ijin Pembuangan Limbah Cair (IPLC). Regulasi tersebut harus diperbaharui karena masih mengacu peraturan lama. Beberapa permasalahan yang timbul dari regulasi yang lama yaitu:

- a. Perijinan IPLC tidak memunculkan opsi Daya Tampung Beban Pencemaran dan hanya mendasarkan pada Baku Mutu Air Limbah.
- b. Beberapa laporan pemantauan juga perlu dievaluasi karena pengambilan sampel diambil sendiri oleh industri dan diujikan ke laboratorium tanpa pendampingan sehingga sampel uji kurang dapat dipertanggung jawabkan.
- c. Belum adanya ricek dari BLH Karanganyar, semisal dengan mengadakan pengawasan secara mendadak dibarengi dengan pengambilan sampel pada outlet sehingga diperoleh gambaran nyata kondisi pengelolaan IPAL.
- d. Sanksi Admininstratif berupa Surat Peringatan (SP) kurang memberi efek jera pada Perusahaan Pembuang Limbah Cair.

Dengan adopsi peraturan baru terdapat minimal 3 syarat yang harus dipenuhi unruk pengendalian pencemaran disamping mutu air yaitu identifikasi beban pencemaran dan Daya Tampung Beban Pencemaran. Adanya 2 syarat tambahan tersebut tentunya akan berdampak pada mekanisme pembuangan limbah cair yang selama ini dilakukan oleh Industri yang memiliki ijin IPLC yang diharapkan akan memperoleh hasil positif untuk kelestarian air sungai.

## 3. Kebijakan Tata Ruang dan Tata Wilayah

Pembangunan yang intensif membawa sumber daya, fasilitas, dan kesempatan untuk masyarakat, dengan beragam manfaat dan juga tantangan. Dampak lingkungan dari suatu pembangunan dapat membuat masyarakat lebih sulit untuk

melindungi sumber daya alam. Dimana dan bagaimana masyarakat mengakomodasi pembangunan sangat mempengaruhi kualitas air terutama pada air sungai. Pembangunan yang menggunakan lahan secara efisien dan melindungi lahan alami memungkinkan sebuah masyarakat tetap berkembang tumbuh dan masih melindungi sumber daya air. Kebijakan Tata Ruang dan Tata Wilayah mengatur penggunaan lahan untuk setiap daerah di Indonesia. Kebijakan Tata Ruang dan Tata Wilayah Kabupaten Karanganyar telah ditetapkan melalui Peraturan Daerah Kabupaten Karanganyar Nomor 1 Tahun 2013 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Karanganyar Tahun 2013-2032. Posisi Sungai Siwaluh dalam RTRW sebagai satu dari 3 sungai penting di Karanganyar daftar jaringan sumber daya air dalam satu kabupaten di Kabupaten Karanganyar

#### **Kawasan Budidaya: Peruntukan Industri**

Dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) terbaru Kabupaten Karanganyar, wilayah Kecamatan Jaten dan Kecamatan Kebakkramat masih dimungkinkan untuk berdirinya Industri karena merupakan Kawasan Peruntukan Industri Besar (Lampiran 1 Peta Penggunaan Ruang Kabupaten Karanganyar). Hal tersebut kontra produktif dengan kenyataan bahwa nilai DTBP Sungai Siwaluh sudah terlampaui dengan selisih besar apabila dibandingkan dengan baku mutu air hasil sampling. Upaya pengendalian pencemaran secara non-teknis yang dilakukan yaitu penghentian pembangunan industri baru pada segmen dengan tingkat pencemaran yang berat, karena segala jenis industri khususnya industri besar akan memiliki keluaran berupa limbah cair baik dalam proses produksi ataupun dari limbah domestik yang dihasilkan perusahaan tersebut. Untuk itu perlu revisi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) yang memperhatikan faktor adanya Pencemaran Air Sungai akibat penggunaan lahan dalam kajiannya.




#### **Penyumbang terbesar NPS: Sektor Pemukiman**

Penggunaan lahan untuk keperluan pemukiman merupakan penyumbang beban pencemaran terbesar dari *non-point source (nps)* dalam pencemaran di Sungai Siwaluh. Pola pemukiman sangat berpengaruh terhadap besarnya air larian yang berpotensi mencemari lingkungan ke badan air. Beberapa penafsiran dari penelitian kualitas air menunjukkan bahwa pemukiman dengan kepadatan rendah merupakan

model terbaik dalam melindungi Sumber Daya Air. Namun demikian, berdasarkan penelitian dari EPA, menunjukkan bahwa pemukiman padat merupakan langkah yang lebih baik dalam melindungi sumber daya air.

EPA memodelkan skenario terhadap kepadatan berbeda dalam 3 skala dan tiga rentang waktu yang berbeda untuk mengetahui apakah pemukiman dengan kepadatan rendah selalau lebih baik dalam sektor kualitas air (Richards, 2006). Dari skenario yang dijalankan oleh EPA menunjukkan:

- Skenario pemukiman padat menghasilkan lebih sedikit air larian per rumah pada semua skala dan rentang waktu.
- Pada intensitas pembangunan yang sama, pembangunan dengan kepadatan tinggi menghasilkan lebih sedikit air larian dibanding pembangunan dengan kepadatan rendah.
- Pada intensitas pertumbuhan tertentu, pembangunan dengan kepadatan rendah lebih berdampak pada Daerah Aliran Sungai.

Scenario A	Scenario B	Scenario C
		
<p>10,000 houses built on 10,000 acres produce: 10,000 acres x 1 house x 18,700 ft<sup>3</sup>/yr of runoff = <b>187 million ft<sup>3</sup>/yr of stormwater runoff</b> Site: 20% impervious cover Watershed: 20% impervious cover</p>	<p>10,000 houses built on 2,500 acres produce: 2,500 acres x 4 houses x 6,200 ft<sup>3</sup>/yr of runoff = <b>62 million ft<sup>3</sup>/yr of stormwater runoff</b> Site: 38% impervious cover Watershed: 9.5% impervious cover</p>	<p>10,000 houses built on 1,250 acres produce: 1,250 acres x 8 houses x 4,950 ft<sup>3</sup>/yr of runoff = <b>49.5 million ft<sup>3</sup>/yr of stormwater runoff</b> Site: 65% impervious cover Watershed: 8.1% impervious cover</p>

Gambar 55. Model Pemukiman berbasis kepadatan penduduk  
Sumber: Richard, 2006

Berdasarkan model diatas, dapat diketahui bahwa pembangunan dengan kepadatan rendah tidak selslalu cocok dalam menjaga Sumber Daya Air. Pengembangan

kepadatan tinggi ternyata lebih baik dalam menjaga kualitas air pada tingkat Daerah Aliran Sungai. Pemukiman padat memakan sedikit lahan untuk mengakomodasi jumlah rumah yang sama. Penggunaan sedikit lahan menghasilkan sedikit tutupan sehingga mengurangi air larian pada Daerah Aliran Sungai.

Peningkatan pembangunan berbasis kepadatan merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalkan dampak regional kualitas air. Untuk sepenuhnya menjaga Sumber Daya Air, diperlukan penyesuaian dengan kondisi lokal, konteks dan tujuan pengembangan. Upaya tersebut termasuk pembangunan dengan berbagai kepadatan, runag terbuka yang memadai, menjaga daerah kritis ekologi dan area *buffer* serta meminimalkan kerusakan tanah.

#### 4. Perilaku Masyarakat

Beberapa pencemaran sungai juga disebabkan oleh pola perilaku masyarakat yang peneliti jumpai pada saat penelitian. Masyarakat cenderung menganggap sungai seperti saluran akhir pembuang segala macam yang dikeluarkan oleh Rumah Tangga. Paradigma tersebut harus diperbaiki karena tidak selamanya sungai mampu mengelola berbagai macam nutrien yang masuk didalam badan air, apalagi pada saat musim kemarau dimana kuantitas air sangat menurun atau bahkan kering (Frederickson and Magnas, 1968). Sampah yang tidak terangkut dan terproses ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) kemungkinan besar akan dibuang ke sungai. Hal tersebut banyak dijumpai pada segmen dengan pemukiman yang dekat dengan bataran sungai yaitu segmen 3 dan segmen 6. Pada negara ketiga kecenderungan membuang sampah ke sungai masih tinggi dan hal tersebut dipengaruhi oleh perilaku masyarakat. Untuk itu pengendalian pencemaran air harus didukung terutama oleh masyarakat itu sendiri. Karena dampak dari pencemaran sungai juga berakibat buruk bagi masyarakat di sekitar Daerah Aliran Sungai tersebut (Alias et al., 2014). Beberapa program berbasis masyarakat perlu dikembangkan lebih lanjut baik berupa edukasi kepada masyarakat tentang pencemaran air, berbagai insentif untuk program terkait pengendalian pencemaran air baik langsung dan tidak langsung. Masyarakat harus diajak berpartisipasi aktif karena pihak masyarakat adalah pihak yang paling terdampak dalam pencemaran sungai terutama dari segi estetika akibat rusaknya ekosistem sungai.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Aktivitas manusia dalam penggunaan lahan pada Daerah Aliran Sungai Siwaluh menyebabkan pencemaran air pada sungai Siwaluh. Pengendalian Pencemaran air yang dilakukan terfokus pada sektor industri tanpa ada identifikasi beban pencemaran yang memadai serta analisis daya tampung beban pencemaran sehingga Sungai Siwaluh masih tercemar terutama bagian hilir. Pengendalian pencemaran air berdasarkan identifikasi beban pencemaran, kualitas air dan daya tampung sungai akan bertujuan agar upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air pada Sungai Siwaluh dapat berjalan dengan baik. Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini, sebagai berikut:

1. Beban pencemaran *point sources* untuk parameter TSS, BOD dan COD pada sungai siwaluh terbesar berada pada Segmen 6 masing-masing sebesar 97,91 kg/hari, 68,89 kg/hari, dan 175,12 kg/hari. Beban pencemaran *non-point sources* untuk parameter TSS, BOD dan COD pada sungai siwaluh terbesar berada pada Segmen 3 yaitu sebesar 1014,90 kg/hari, 1282,82 kg/hari dan 1836,78 kg/hari.
2. Berdasarkan analisis kualitas air diperoleh bahwa pada segmen 1 merupakan segmen dengan kondisi kualitas air paling baik dibandingkan segmen lainnya. Nilai indeks pencemaran untuk setiap segmen yaitu Segmen 1 sebesar 0,88 (kondisi baik), Segmen 2 sebesar 1,14 (cemar ringan), Segmen 3 sebesar 2,32 (cemar ringan), Segmen 4 sebesar 1,62 (cemar ringan), Segmen 5 sebesar 2,04 (cemar ringan) dan Segmen 6 sebesar 44,08 (cemar berat). Pengaruh beban pencemaran yaitu beban pencemaran *point sources* ( $x_1$ ) dan beban pencemaran *non-point sources* ( $x_2$ ) terhadap kualitas air ( $y$ ) pada sub DAS Siwaluh dapat dimodelkan untuk masing-masing parameter, sebagai berikut:
  - a. Parameter TSS yaitu  $y_t = 15,667 + 0,417 x_1t - 0,011x_2t$
  - b. Parameter BOD yaitu  $y_b = 1,848 + 1,417 x_1b + 0,001x_2b$
  - c. Parameter COD yaitu  $y_c = 10,996 + 2,871 x_1c + 0,006x_2c$

Berdasarkan persamaan tersebut diketahui bahwa beban pencemaran *non-point sources* tidak terlalu berpengaruh terhadap kualitas air dibandingkan beban pencemaran *point source* dengan nilai yang sama terlihat dari perbedaan koefisien yang sangat besar antara dua variabel tersebut.

3. Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP) pada Sungai Siwaluh untuk setiap segmen, sebagai berikut:
  - a. Nilai DTBP pada segmen 1 yaitu 13,98 (TSS) ; 7,8 (BOD); dan 19,68 (COD). Parameter TSS pada segmen 1 melampaui nilai Daya Tampung Beban Pencemaran dengan selisih 12,02 mg/l.
  - b. Nilai DTBP pada segmen 2 yaitu 12,54 (TSS); 11,59 (BOD); dan 29,03 (COD). Pada segmen 2 semua parameter tidak ada yang melampaui nilai Daya Tampung Beban Pencemaran.
  - c. Nilai DTBP pada segmen 3 yaitu 27,75 (TSS); 30,46 (BOD); dan 69,80 (COD). Pada segmen 3 semua parameter tidak ada yang melampaui nilai Daya Tampung Beban Pencemaran.
  - d. Nilai DTBP pada segmen 4 yaitu 28,71 (TSS); 32,26 (BOD); dan 73,36 (COD). Pada segmen 4 semua parameter tidak ada yang melampaui nilai Daya Tampung Beban Pencemaran.
  - e. Nilai DTBP pada segmen 5 yaitu 25,49 (TSS); 30,03 (BOD); dan 70,30 (COD). Pada segmen 5 semua parameter tidak ada yang melampaui nilai Daya Tampung Beban Pencemaran.
  - f. Nilai DTBP pada segmen 6 yaitu 22,59 (TSS); 28,73 (BOD); dan 68,16 (COD). Pada segmen 6 semua parameter melampaui nilai Daya Tampung Beban Pencemaran untuk parameter TSS selisihnya sebesar 31,41 mg/l, parameter BOD selisihnya sebesar 71,47 mg/l dan parameter COD selisihnya sebesar 451,84 mg/l.
4. Berdasarkan hasil analisis kualitas air dan daya tampung beban pencemaran dapat dilihat bahwa segmen 6 yang paling memerlukan perhatian karena dari nilai indeks pencemaran dan nilai daya tampung semua terlampaui dari semua parameter kunci. Segmen 1 juga perlu mendapat perhatian karena pada parameter TSS juga terlampaui daya tampungnya meskipun status mutu air

masih dalam kondisi baik. Adapun rumusan rekomendasi kebijakan pengendalian pencemaran air pada Sungai Siwaluh, sebagai berikut:

- a. Rekomendasi Teknis dengan sasaran untuk *point source* yaitu evaluasi kinerja IPAL, pengurangan jumlah limbah dan menambah jarak outlet dari badan air sedangkan untuk *non-point source* yaitu mengubah *non-point source* menjadi *point source* pada sektor yang memungkinkan dengan pengelolaan *on-site* maupun *off-site* serta mengurangi potensi pencemaran pada badan air yaitu mengurangi penggunaan bahan kimia dan pengurangan produksi sampah.
- b. Rekomendasi Non Teknis berupa kebijakan pemerintah, regulasi maupun gerakan masyarakat yang mendukung upaya dalam mengatasi pencemaran air yaitu kebijakan rencana tata ruang wilayah, penetapan kelas sungai siwaluh, pembaruan regulasi/aturan mengenai IPLC dan mengeliminir perilaku masyarakat yang merusak baik gerakan swadaya masyarakat ataupun dengan dukungan Pemerintah.

## 5.2. Saran

Saran dan masukan dari penelitian ini, sebagai berikut:

1. Keterbatasan jumlah sampel menjadikan model analisis regresi menjadi kurang baik walaupun dalam analisis statistik menggunakan *software* SPSS, model tersebut memenuhi parameter yang ditetapkan. Namun demikian, pada proses validasi model dengan menguji balik persamaan didapatkan beberapa hasil yang memiliki selisih yang cukup tinggi. Untuk itu kedepannya, penelitian sejenis dapat membuat segmen yang lebih banyak meskipun tentunya akan memerlukan biaya yang lebih besar. Alternatif lainnya yaitu menggunakan data *series* kualitas air tahunan yang lebih banyak sehingga memenuhi kaidah statistik dengan catatan data *series* tersebut harus konsisten.
2. Nilai beban pencemaran seharusnya dapat dipakai untuk sistem peringatan dini dalam mendeteksi adanya pencemaran dalam suatu luasan Daerah Aliran Sungai. Untuk itu diperlukan standarisasi nilai beban pencemaran per satuan

luas sehingga nilai beban pencemaran dapat diklasifikasikan dalam beberapa tingkat pencemaran.

3. Upaya pengendalian pencemaran perlu disinkronkan dengan kapasitas kelembagaan Pemerintah Daerah Kabupaten Karanganyar dalam hal ini Badan Lingkungan Hidup sebagai *leading sector*. Kemampuan Organisasi berupa Sumber Daya Manusia dan Anggaran sangat diperlukan dalam mencapai upaya pengendalian pencemaran air yang berhasil guna.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustiningsih, D. (2012), *Kajian Kualitas Sungai Blukar Kabupaten Kendal dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Sungai*, Universitas Diponegoro.
- Alias, F.S., Latifah, A.M., Onn, M.H.N. and Abdullah, S.J.H. (2014), “Knowledge and Attitude of Water Villagers’ Towards Solid Waste Management”, *British Journal of Arts and Social Sciences*, Vol. 16 No. 2, pp. 88–100.
- Amaya, F.L., Gonzales, T. a., Hernandez, E.C., Luzano, E.V. and Mercado, N.P. (2012), “Estimating Point and Non-Point Sources of Pollution in Biñan River Basin, the Philippines”, *APCBEE Procedia*, Vol. 1 No. January, pp. 233–238.
- Ardhani, D.C. (2014), *Pengelolaan Sungai Batanghari Kabupaten Dharmasraya berdasarkan Daya Tampung Beban Pencemaran dengan metode QUAL2Kw*, Universitas Diponegoro.
- Asdak, C. (2014), *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, Edisi 6.
- Baherem. (2014), *Strategi Pengelolaan Sungai Berdasarkan Daya Tampung Beban Pencemaran dan Kapasitas Asimilasi – Studi Kasus : Sungai Cibanten Provinsi Banten*, Institut Pertanian Bogor.
- Bai, X., Ma, K.-M., Yang, L. and Zhang, X.-L. (2008), “Simulating the impacts of land-use changes on non-point source pollution in Lugu Lake watershed”, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, Vol. 15 No. October 2014, pp. 18–27.
- BLH Karanganyar. (2014a), *Inventarisasi dan Mapping Sumber Air Kabupaten Karanganyar*, BLH Karanganyar, Karanganyar.
- BLH Karanganyar. (2014b), *Buku Data Status Lingkungan Hidup Daerah (SLHD) Kabupaten Karanganyar Tahun 2014*, BLH Karanganyar, Karanganyar.
- BLH Karanganyar. (2014c), *Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah (SLHD) Kabupaten Karanganyar Tahun 2014*, BLH Karanganyar, Karanganyar.
- Botkin, D.B. and Keller, E.A. (2011), *Environmental Science Earth as a Living Planet*, (Falk, R. and Paleski, J.,Eds.), John Wiley & Sons, Inc., Danvers, Eight Edit.
- BPS Karanganyar. (2014), *Karanganyar Dalam Angka 2014*, BPS Karanganyar, Karanganyar, First Edit.

- Casalí, J., Giménez, R., Díez, J., Álvarez-Mozos, J., Del Valle de Lersundi, J., Goñi, M., Campo, M.A., et al. (2010), “Sediment production and water quality of watersheds with contrasting land use in Navarre (Spain)”, *Agricultural Water Management*, Vol. 97 No. 10, pp. 1683–1694.
- Chapra, S., Pelletier, G. and Tao, H. (2008), *QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality, Version 2.11: Documentation and Users Manual.*, Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University, Medford, MA, Medford, 2.11 Editi.
- Chow, V. Te, Maidment, D.R. and Mays, L.W. (1988), *Applied Hydrology*, (Clark, B.J. and Morriss, J.,Eds.), McGraw-Hill Inc, NewYork, First Edit.
- Djajadilaga, M. (2011), *Pelatihan Aplikasi QUAL2K*, Kementrian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Doorn, M.R. and Liles, D.S. (1999), *Quantification of Methane Emissions and Discussion of Nitrous Oxide and Ammonia from Septic Tanks, Latrines, and Stagnant Open Sewers in the World*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Elsayed, E.A. (2014), “Using QUAL2K Model and river pollution index for water quality management in Mahmoudia Canal, Egypt”, *Journal Of Natural Resources and Developtment*, Vol. 4, pp. 54–63.
- Estess, J.E. and Simonett, D.S. (1975), *Fundamentals of Image Interpretation, In : Manual of Remote Sensing*, American Society of Photogrammetry, Fall Church, Virginia, First Edit.
- Fisher, D.S., Steiner, J.L., Endale, D.M., Stuedemann, J.A., Schomberg, H.H., Franzluebbers, A.J. and Wilkinson, S.R. (2000), “The relationship of land use practices to surface water quality in the Upper Oconee Watershed of Georgia”, *Forest Ecology and Management*, Vol. 128, pp. 39–48.
- Frederickson, H.G. and Magnas, H. (1968), “Comparing Attitudes toward Water Pollution in Syracuse”, *Water Resources Research*, Vol. 4 No. 5, pp. 877–889.
- Gawad, H.A.A. El and Butter, J.H.C. (1995), “Clustering of Towns and Villages for Centralized Wastewater Treatment”, *Water Science Technology*, Vol. 32 No. ii, pp. 85–95.
- Gende, D. (2015), “Environmental Science, Chapter 17”, available at: <http://apesnature.homestead.com/chapter17.html> (accessed 20 April 2015).
- Ghasemi, A. and Zahediasl, S. (2012), “Normality Tests for Statistical Analysis: A

- Guide for Non-Statisticians”, *International Journal of Endocrinology and Metabolism*, Vol. 10 No. 2, pp. 486–489.
- Hadgu, L.T., Nyadawa, M.O., Mwangi, J.K., Kibetu, P.M. and Mehari, B.B. (2014), “Application of Water Quality Model QUAL2K to Model the Dispersion of Pollutants in River Ndarugu , Kenya”, *Computational Water, Energy, and Environmental Engineering*, Vol. 3, pp. 162–169.
- Helmer, R. and Hespanhol, I. (1997), *Water Pollution Control - A Guide to the Use of Water Quality Management Principles*, St Edmundsbury, Suffolk, Great Britain, First Edit.
- Huisman, O. and By, R.A. De. (2009), *Principles of Geographic Information Systems An introductory textbook Editors*, The International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, Netherland, Fourth Edi.
- Ichinari, T., Ohtsubo, A., Ozawa, T., Hasegawa, K., Teduka, K., Oguchi, T. and Kiso, Y. (2008), “Wastewater treatment performance and sludge reduction properties of a household wastewater treatment system combined with an aerobic sludge digestion unit”, *Process Biochemistry*, Vol. 43 No. 7, pp. 722–728.
- Ji, Z.G. (2008), *Hydrodynamics and Water Quality : Modeling Rivers, Lakes, and Estuaries*, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, First Edit.
- Kogi, J., Miyamoto, M., Bolthouse, J. and Yokohari, M. (2010), “The Potential for Abandoned Paddy Fields to Reduce Pollution Loads from Households in Suburban Tokyo”, *Water*, Vol. 2 No. 3, pp. 649–667.
- Kurniawan, B. (2013), *Inventarisasi dan Identifikasi Sumber Pencemaran Air*, Jakarta.
- Latha, S. and Rao, N. (2010), “Assessment and Spatial Distribution of Quality of Groundwater in Zone - II and III , Greater Visakhapatnam , India Using Water Quality Index ( WQI ) and GIS”, *International Journal of Environmental Sciences*, Vol. 1 No. 2, pp. 198–212.
- Leeuwen, C.J. van. (2007), *Risk Assessment of Chemicals: An Introduction*, (Vermeire, T.G.,Ed.)*Applied Scientific Research*, Dordrecht, The Netherlands, Second Edi.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. and Chipman, J.W. (2003), *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley & Sons, New Jersey, Fifth Edit.

- Lin, S.H. and Chen, M.L. (1997), "Treatment of textile wastewater by chemical methods for reuse", *Water Research*, Vol. 31 No. 4, pp. 868–876.
- Nakhaei, N. and Shahidi, A.E. (2010), "Waste water discharge impact modeling with QUAL2K , case study: the Zayandeh-rood River", *International Environmental Modelling and Software Society (iEMS)*, p. 8.
- Nobel, C.E. and Allen, D.T. (2000), "Using Geographic Information System (GIS) in Industrial Water Reuse Modelling", *Trans IChemE*, Vol. 78 No. B, p. 9.
- Ogunlaja, O.O. and Aemere, O. (2009), "Evaluating the efficiency of a textile wastewater treatment plant located in Oshodi, Lagos", *African Journal of Pure and Applied Chemistry*, Vol. 3 No. 9, pp. 189–196.
- Ongley, E.D., Xiaolan, Z. and Tao, Y. (2010), "Current status of agricultural and rural non-point source Pollution assessment in China", *Environmental Pollution*, Vol. 158 No. 5, pp. 1159–1168.
- Othman, F. and Eldin M.E, A. (2014), "Linking The Water Quality Model with The Real-Time Map and Ambient Phenomena", *International Conference on Innovative Trends in Multidisciplinary Academic Research*, pp. 90–98.
- Putra, K.G.D. (2009), *Petunjuk Teknis Pemantauan Kualitas Air*, Udayana University Press, Denpasar.
- Richards, L. (2006), *Protecting Water Resources with Higher-Density Development*, US-EPA, Washington, DC.
- Rochmadi, R., Ciptaraharja, I. and Setiadi, T. (2010), "Evaluation of the Decentralized Wastewater Treatment Plants in Four Provinces in Indonesia", *Water Practice & Technology*, Vol. 5 No. 4, pp. 1–21.
- Stambuk-Giljanovic, N. (2010), "The Relationship Between Consumption of Drinking Water and Waste Water Quality in The Residential and Tourist Areas of Split ( Southern Croatia )", *Water and Geoscience*, pp. 228–239.
- Suharto, I. (2011), *Limbah Kimia dalam pencemaran air dan udara*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Supangat, A.B. (2008), "Pengaruh Berbagai Penggunaan Lahan Terhadap Kualitas Air Sungai di Kawasan Hutan Pinus di Gombang, Kebumen, Jawa Tengah", *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, Vol. V No. 3, pp. 267–276.
- Wang, Y., Wang, L. and Wang, J. (2012), "Study on Water Pollution Prevention and Control in the River Basin Based on GIS", *Advance in Biomedical*

*Engineering*, Vol. 7, pp. 216–222.

Widodo, B., Andik, Y., Silvia, U. and Ribut, L. (2009), “Evaluation of Decentralized Communal Wastewater Treatment in Yogyakarta”, *1st International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering (ICRMCE)*, Sebelas Maret University, Solo, pp. 21–22.

Wiwoho. (2005), *Model Identifikasi Daya Tampung Beban Cemar Sungai dengan QUAL2E ( Study Kasus Sungai Babon )*, Universitas Diponegoro.

Wu, S., Austin, D., Liu, L. and Dong, R. (2011), “Performance of integrated household constructed wetland for domestic wastewater treatment in rural areas”, *Ecological Engineering*, Vol. 37 No. 6, pp. 948–954.

Wu, S., Qiu, X. and Wang, L. (2005), “Population Estimation Methods in GIS and Remote Sensing: A Review”, *GIScience & Remote Sensing*, Vol. 42 No. 1, pp. 80–96.

Yuliasuti, E. (2011), *Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar dalam upaya Pengendalian Pencemaran Air*, Universitas Diponegoro.

Zuidam, R.A. Van. (1986), *Aerial Photo-Interpretation Terrain Analysis and Geomorphology Mapping*, Smits Publisher, The Hague.

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.

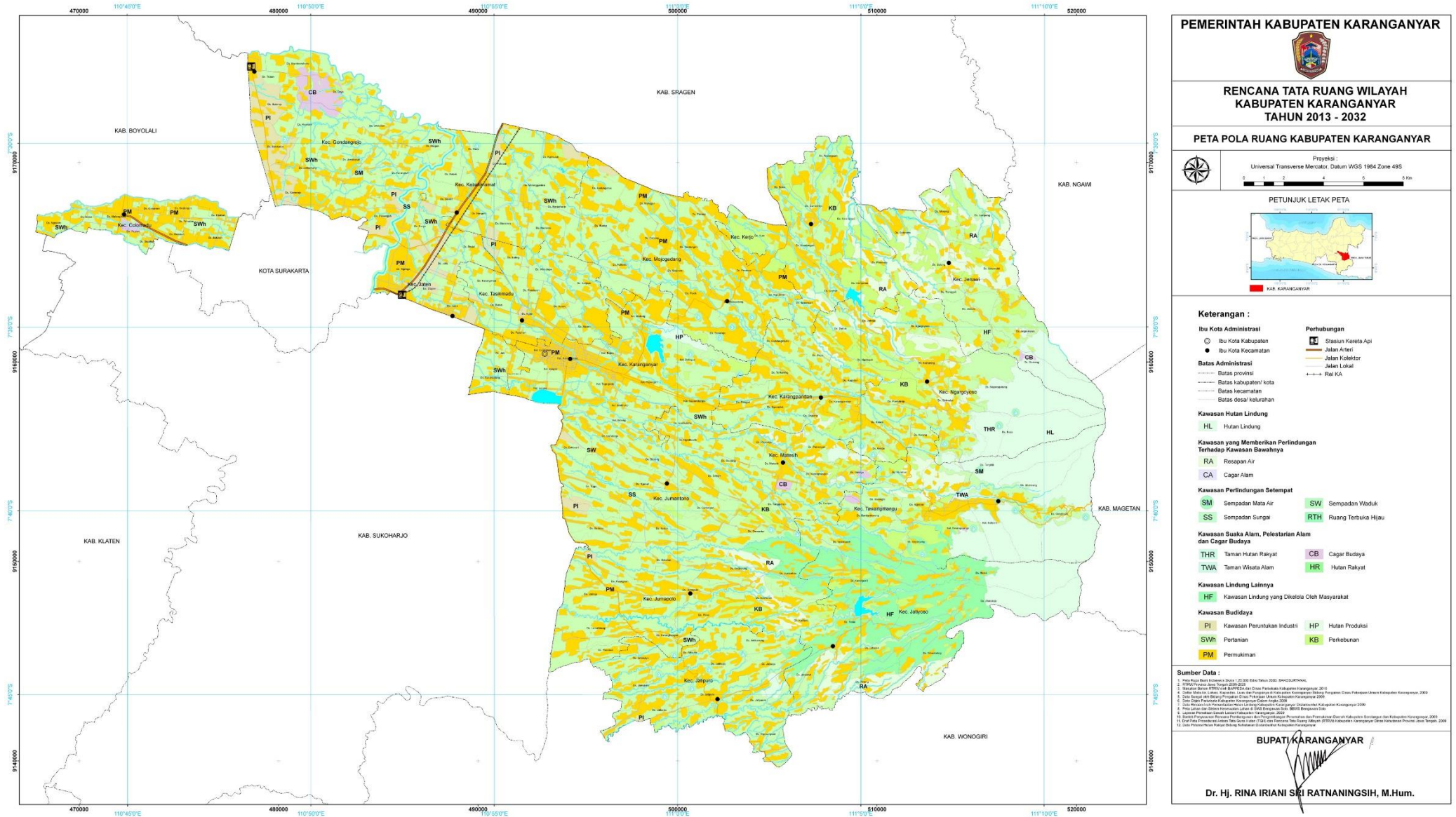
Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.

Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.

Peraturan Bupati Karanganyar Nomor 40 Tahun 2009 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pemberian Izin Pembuangan Air Limbah ke Sumber Air di Wilayah Karanganyar, Pemerintah Daerah Kabupaten Karanganyar, Karanganyar

Lampiran 1. Peta Penggunaan Ruang Kabupaten Karanganyar

LAMPIRAN XIV  
 PERATURAN DAERAH KABUPATEN KARANGANYAR  
 NOMOR 1 TAHUN 2013  
 TENTANG  
 RENCANA TATA RUANG WILAYAH KABUPATEN KARANGANYAR  
 TAHUN 2013- 2032



## Lampiran 2. Perhitungan Beban Pencemaran Limbah Domestik

## Segmen 1

No	Nama Polygon						Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Beban Pencemaran (kg/hr)		
										TSS	BOD	COD
1	NPS	M	1	1	80	107	27	Ds. Bangsri	KEC. KARANGPANDAN	32,85	34,58	47,55
	NPS	M	1	1	80	133						
2	NPS	M	1	3	80	134	12	Ds. Dopleng	KEC. KARANGPANDAN	16,70	17,58	24,18
	NPS	M	1	3	80	145						
3	NPS	M	1	9	50	146	4	Ds. Gantiwarno	KEC. MATESIH	8,28	8,71	11,98
	NPS	M	1	9	50	149						
4	NPS	M	1	7	80	150	1	Ds. Karangpandan	KEC. KARANGPANDAN	0,00	0,00	0,00
5	NPS	M	1	2	80	151	25	Ds. Ngemplak	KEC. KARANGPANDAN	33,59	35,36	48,61
	NPS	M	1	2	80	175						
6	NPS	M	1	8	80	176	5	Ds. Tohkuning	KEC. KARANGPANDAN	2,02	2,13	2,93
	NPS	M	1	8	80	180						
7	NPS	M	1	10	90	181	2	Kel. Gayamdompo	KEC. KARANGANYAR	0,00	0,00	0,00
	NPS	M	1	10	90	182						
JUMLAH							76			93,45	98,37	135,25

## Segmen 2

No	Nama Polygon						Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Beban Pencemaran (kg/hr)		
										TSS	BOD	COD
1	NPS	M	2	1	80	183	2	Ds. Bangsri	KEC. KARANGPANDAN	0,00	0,00	0,00
	NPS	M	2	1	80	184						
2	NPS	M	2	9	50	185	14	Ds. Gantiwarno	KEC. MATESIH	14,13	14,88	20,45
	NPS	M	2	9	50	198						
3	NPS	M	2	10	90	199	14	Kel. Gayamdompo	KEC. KARANGANYAR	52,44	55,20	75,90
	NPS	M	2	10	90	212						
4	NPS	M	2	3	90	213	2	Kel. Jantiharjo	KEC. KARANGANYAR	7,41	7,80	10,73
	NPS	M	2	3	90	214						
5	NPS	M	2	9	90	215	10	Kel. Popongan	KEC. KARANGANYAR	68,54	72,15	99,20
	NPS	M	2	9	90	224						
6	NPS	M	2	4	90	225	7	Kel. Tegalgede	KEC. KARANGANYAR	13,84	14,57	20,04
	NPS	M	2	4	90	231						
JUMLAH							49			156,37	164,60	226,32

## Segmen 3

No	Nama Polygon						Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Beban Pencemaran (kg/hr)		
										TSS	BOD	COD
1	NPS	M	3	4	100	232	7	Ds. Gaum	KEC. TASIKMADU	10,87	11,44	15,73
	NPS	M	3	4	100	238						
2	NPS	M	3	3	100	239	3	Ds. Ngijo	KEC. TASIKMADU	118,42	124,65	171,40
	NPS	M	3	3	100	241						
3	NPS	M	3	2	100	242	2	Ds. Papahan	KEC. TASIKMADU	51,73	54,46	74,88
	NPS	M	3	2	100	243						
4	NPS	M	3	5	100	244	1	Ds. Suruh	KEC. TASIKMADU	0,08	0,08	0,12
5	NPS	M	3	8	90	245	9	Kel. Bejen	KEC. KARANGANYAR	211,03	222,14	305,45
	NPS	M	3	8	90	253						
6	NPS	M	3	6	90	254	3	Kel. Cangakan	KEC. KARANGANYAR	151,54	159,52	219,34
	NPS	M	3	6	90	256						
7	NPS	M	3	5	90	257	2	Kel. Jungke	KEC. KARANGANYAR	27,24	28,68	39,43
	NPS	M	3	5	90	258						
8	NPS	M	3	7	90	259	3	Kel. Karanganyar	KEC. KARANGANYAR	172,04	181,10	249,01
	NPS	M	3	7	90	261						
9	NPS	M	3	9	90	262	4	Kel. Popongan	KEC. KARANGANYAR	21,86	23,01	31,64
	NPS	M	3	9	90	265						
10	NPS	M	3	4	90	266	9	Kel. Tegalgede	KEC. KARANGANYAR	250,05	263,21	361,91
	NPS	M	3	4	90	274						
JUMLAH							43			1014,87	1068,29	1468,89

## Segmen 4

No	Nama Polygon						Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Beban Pencemaran (kg/hr)		
	TSS	BOD	COD									
1	NPS	M	4	1	100	275	2	Ds. Buran	KEC. TASIKMADU	25,02	26,34	36,21
						sd						
2	NPS	M	4	7	100	277	1	Ds. Karangmojo	KEC. TASIKMADU	0,00	0,00	0,00
3	NPS	M	4	3	100	278	9	Ds. Ngijo	KEC. TASIKMADU	127,58	134,30	184,66
						sd						
4	NPS	M	4	6	100	287	6	Ds. Pandeyan	KEC. TASIKMADU	68,61	72,22	99,30
						sd						
5	NPS	M	4	2	100	293	3	Ds. Papahan	KEC. TASIKMADU	100,29	105,57	145,15
						sd						
6	NPS	M	4	5	100	296	9	Ds. Suruh	KEC. TASIKMADU	74,89	78,83	108,39
						sd						
7	NPS	M	4	9	100	305	2	Ds. Wonolopo	KEC. TASIKMADU	7,89	8,30	11,41
						sd						
8	NPS	M	4	6	90	307	1	Kel. Cangakan	KEC. KARANGANYAR	2,27	2,39	3,28
JUMLAH							33			406,54	427,94	588,42

## Segmen 5

No	Nama Polygon						Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Beban Pencemaran (kg/hr)		
	TSS	BOD	COD									
1	NPS	M	5	8	110	308	14	Ds. Brujul	KEC. JATEN	39,24	41,31	56,80
						sd						
2	NPS	M	5	1	100	322	11	Ds. Buran	KEC. TASIKMADU	98,91	104,12	143,16
						sd						
3	NPS	M	5	6	110	333	5	Ds. Jetis	KEC. JATEN	5,47	5,75	7,91
						sd						
4	NPS	M	5	8	100	338	9	Ds. Kaling	KEC. TASIKMADU	6,75	7,10	9,77
						sd						
5	NPS	M	5	7	100	347	21	Ds. Karangmojo	KEC. TASIKMADU	102,79	108,20	148,77
						sd						
6	NPS	M	5	3	100	368	2	Ds. Ngijo	KEC. TASIKMADU	14,71	15,48	21,29
						sd						
7	NPS	M	5	6	100	370	7	Ds. Pandeyan	KEC. TASIKMADU	8,26	8,70	11,96
						sd						
8	NPS	M	5	9	100	377	1	Ds. Wonolopo	KEC. TASIKMADU	0,00	0,00	0,00
JUMLAH							70			276,12	290,66	399,65

## Segmen 6

No	Nama Polygon						Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Beban Pencemaran (kg/hr)		
	TSS	BOD	COD									
1	NPS	M	6	8	110	378	8	Ds. Brujul	KEC. JATEN	50,46	53,11	73,03
						sd						
2	NPS	M	6	6	110	386	4	Ds. Jetis	KEC. JATEN	4,52	4,76	6,55
						sd						
3	NPS	M	6	1	140	390	24	Ds. Kemiri	KEC. KEBAKKRAMAT	60,77	63,97	87,95
						sd						
4	NPS	M	6	2	140	414	7	Ds. Nangsri	KEC. KEBAKKRAMAT	11,98	12,61	17,34
						sd						
5	NPS	M	6	7	110	421	23	Ds. Sroyo	KEC. JATEN	104,02	109,49	150,55
						sd						
JUMLAH							66			231,74	243,94	335,42

## Lampiran 3. Perhitungan Beban Pencemaran Sampah

## Segmen 1

No	Nama Polygon					Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Beban Pencemaran (kg/hr)		
									TSS	BOD	COD
1	NPS	M	1	1	80	107	Ds. Bangsri	KEC. KARANGPANDAN	0,00	4,12	6,19
	NPS	M	1	1	80	133					
2	NPS	M	1	3	80	134	Ds. Dopleng	KEC. KARANGPANDAN	0,00	1,18	1,76
	NPS	M	1	3	80	145					
3	NPS	M	1	9	50	146	Ds. Gantiwarno	KEC. MATESIH	0,00	0,50	0,74
	NPS	M	1	9	50	149					
4	NPS	M	1	7	80	150	Ds. Karangpandan	KEC. KARANGPANDAN	0,00	0,00	0,00
5	NPS	M	1	2	80	151	Ds. Ngemplak	KEC. KARANGPANDAN	0,00	2,81	4,21
	NPS	M	1	2	80	175					
6	NPS	M	1	8	80	176	Ds. Tohkuning	KEC. KARANGPANDAN	0,00	0,16	0,23
	NPS	M	1	8	80	180					
7	NPS	M	1	10	90	181	Kel. Gayamdompo	KEC. KARANGANYAR	0,00	0,00	0,00
	NPS	M	1	10	90	182					
JUMLAH						76			0,00	8,76	13,14

## Segmen 2

No	Nama Polygon					Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Beban Pencemaran (kg/hr)		
									TSS	BOD	COD
1	NPS	M	2	1	80	183	Ds. Bangsri	KEC. KARANGPANDAN	0,00	0,00	0,00
	NPS	M	2	1	80	184					
2	NPS	M	2	9	50	185	Ds. Gantiwarno	KEC. MATESIH	0,00	0,82	1,23
	NPS	M	2	9	50	198					
3	NPS	M	2	10	90	199	Kel. Gayamdompo	KEC. KARANGANYAR	0,00	7,68	11,52
	NPS	M	2	10	90	212					
4	NPS	M	2	3	90	213	Kel. Jantiharjo	KEC. KARANGANYAR	0,00	0,44	0,67
	NPS	M	2	3	90	214					
5	NPS	M	2	9	90	215	Kel. Popongan	KEC. KARANGANYAR	0,00	9,89	14,84
	NPS	M	2	9	90	224					
6	NPS	M	2	4	90	225	Kel. Tegalgede	KEC. KARANGANYAR	0,00	0,82	1,23
	NPS	M	2	4	90	231					
JUMLAH						49			0,00	19,66	29,49

## Segmen 3

No	Nama Polygon					Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Beban Pencemaran (kg/hr)		
									TSS	BOD	COD
1	NPS	M	3	4	100	232	Ds. Gaum	KEC. TASIKMADU	0,00	1,18	1,78
	NPS	M	3	4	100	238					
2	NPS	M	3	3	100	239	Ds. Ngijo	KEC. TASIKMADU	0,00	5,48	8,22
	NPS	M	3	3	100	241					
3	NPS	M	3	2	100	242	Ds. Papahan	KEC. TASIKMADU	0,00	2,01	3,01
	NPS	M	3	2	100	243					
4	NPS	M	3	5	100	244	Ds. Suruh	KEC. TASIKMADU	0,00	0,01	0,01
5	NPS	M	3	8	90	245	Kel. Bejen	KEC. KARANGANYAR	0,00	12,21	18,32
	NPS	M	3	8	90	253					
6	NPS	M	3	6	90	254	Kel. Cangakan	KEC. KARANGANYAR	0,00	8,16	12,23
	NPS	M	3	6	90	256					
7	NPS	M	3	5	90	257	Kel. Jungke	KEC. KARANGANYAR	0,00	2,78	4,17
	NPS	M	3	5	90	258					
8	NPS	M	3	7	90	259	Kel. Karanganyar	KEC. KARANGANYAR	0,00	7,15	10,73
	NPS	M	3	7	90	261					
9	NPS	M	3	9	90	262	Kel. Popongan	KEC. KARANGANYAR	0,00	1,89	2,84
	NPS	M	3	9	90	265					
10	NPS	M	3	4	90	266	Kel. Tegalgede	KEC. KARANGANYAR	0,00	9,60	14,40
	NPS	M	3	4	90	274					
JUMLAH						43			0,00	50,47	75,71

## Segmen 4

No	Nama Polygon						Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Beban Pencemaran (kg/hr)		
										TSS	BOD	COD
1	NPS	M	4	1	100	275	2	Ds. Buran	KEC. TASIKMADU	0,00	2,89	4,33
	NPS	M	4	1	100	276						
2	NPS	M	4	7	100	277	1	Ds. Karangmojo	KEC. TASIKMADU	0,00	0,00	0,00
3	NPS	M	4	3	100	278	9	Ds. Ngijo	KEC. TASIKMADU	0,00	7,02	10,53
	NPS	M	4	3	100	286						
4	NPS	M	4	6	100	287	6	Ds. Pandeyan	KEC. TASIKMADU	0,00	8,80	13,21
	NPS	M	4	6	100	292						
5	NPS	M	4	2	100	293	3	Ds. Papahan	KEC. TASIKMADU	0,00	4,43	6,64
	NPS	M	4	2	100	295						
6	NPS	M	4	5	100	296	9	Ds. Suruh	KEC. TASIKMADU	0,00	8,65	12,97
	NPS	M	4	5	100	304						
7	NPS	M	4	9	100	305	2	Ds. Wonolopo	KEC. TASIKMADU	0,00	0,78	1,17
	NPS	M	4	9	100	306						
8	NPS	M	4	6	90	307	1	Kel. Cangakan	KEC. KARANGANYAR	0,00	0,26	0,39
JUMLAH							33			0,00	32,82	49,23

## Segmen 5

No	Nama Polygon						Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Beban Pencemaran (kg/hr)		
										TSS	BOD	COD
1	NPS	M	5	8	110	308	14	Ds. Brujul	KEC. JATEN	0,00	5,17	7,75
	NPS	M	5	8	110	321						
2	NPS	M	5	1	100	322	11	Ds. Buran	KEC. TASIKMADU	0,00	5,60	8,39
	NPS	M	5	1	100	332						
3	NPS	M	5	6	110	333	5	Ds. Jetis	KEC. JATEN	0,00	0,62	0,94
	NPS	M	5	6	110	337						
4	NPS	M	5	8	100	338	9	Ds. Kaling	KEC. TASIKMADU	0,00	1,25	1,87
	NPS	M	5	8	100	346						
5	NPS	M	5	7	100	347	21	Ds. Karangmojo	KEC. TASIKMADU	0,00	10,44	15,66
	NPS	M	5	7	100	367						
6	NPS	M	5	3	100	368	2	Ds. Ngijo	KEC. TASIKMADU	0,00	1,10	1,65
	NPS	M	5	3	100	369						
7	NPS	M	5	6	100	370	7	Ds. Pandeyan	KEC. TASIKMADU	0,00	1,52	2,29
	NPS	M	5	6	100	376						
8	NPS	M	5	9	100	377	1	Ds. Wonolopo	KEC. TASIKMADU	0,00	0,00	0,00
JUMLAH							70			0,00	25,70	38,55

## Segmen 6

No	Nama Polygon						Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Beban Pencemaran (kg/hr)		
										TSS	BOD	COD
1	NPS	M	6	8	110	378	8	Ds. Brujul	KEC. JATEN	0,00	1,97	2,96
	NPS	M	6	8	110	385						
2	NPS	M	6	6	110	386	4	Ds. Jetis	KEC. JATEN	0,00	0,58	0,88
	NPS	M	6	6	110	389						
3	NPS	M	6	1	140	390	24	Ds. Kemiri	KEC. KEBAKKRAMAT	0,00	4,62	6,93
	NPS	M	6	1	140	413						
4	NPS	M	6	2	140	414	7	Ds. Nangsri	KEC. KEBAKKRAMAT	0,00	0,83	1,25
	NPS	M	6	2	140	420						
5	NPS	M	6	7	110	421	23	Ds. Sroyo	KEC. JATEN	0,00	6,62	9,92
	NPS	M	6	7	110	443						

## Lampiran 4. Perhitungan Beban Pencemaran Pertanian

## Segmen 1

No	Nama Polygon	Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Beban Pencemaran (kg/hr)		
					TSS	BOD	COD
1	NPS T 1 1 80 115 sd	13	Ds. Bangsri	KEC. KARANGPANDAN	0,02	56,94	85,41
	NPS T 1 1 80 127						
2	NPS T 1 3 80 128 sd	4	Ds. Doplang	KEC. KARANGPANDAN	0,00	16,44	24,66
	NPS T 1 3 80 131						
3	NPS T 1 9 50 132 sd	7	Ds. Gantiwarno	KEC. MATESIH	0,00	7,86	11,79
	NPS T 1 9 50 138						
4	NPS T 1 7 80 139 sd	3	Ds. Karangpandan	KEC. KARANGPANDAN	0,00	0,03	0,04
	NPS T 1 7 80 141						
5	NPS T 1 2 80 142 sd	15	Ds. Ngemplak	KEC. KARANGPANDAN	0,02	36,40	54,60
	NPS T 1 2 80 156						
6	NPS T 1 8 80 157 sd	5	Ds. Tohkuning	KEC. KARANGPANDAN	0,00	2,43	3,64
	NPS T 1 8 80 161						
7	NPS T 1 10 90 162 sd	5	Kel. Gayamdompo	KEC. KARANGANYAR	0,00	0,01	0,02
	NPS T 1 10 90 166						
		52			0,05	120,10	180,16

## Segmen 2

No	Nama Polygon	Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Beban Pencemaran (kg/hr)		
					TSS	BOD	COD
1	NPS T 2 1 80 167 sd	7	Ds. Bangsri	KEC. KARANGPANDAN	0,00	0,01	0,02
	NPS T 2 1 80 173						
2	NPS T 2 9 50 174 sd	10	Ds. Gantiwarno	KEC. MATESIH	0,00	4,86	7,29
	NPS T 2 9 50 183						
3	NPS T 2 11 90 184 sd	2	Kel. Delingan	KEC. KARANGANYAR	0,00	0,00	0,01
	NPS T 2 11 90 185						
4	NPS T 2 10 90 186 sd	28	Kel. Gayamdompo	KEC. KARANGANYAR	0,01	50,83	76,25
	NPS T 2 10 90 213						
5	NPS T 2 3 90 214 sd	2	Kel. Jantiharjo	KEC. KARANGANYAR	0,00	0,37	0,56
	NPS T 2 3 90 215						
6	NPS T 2 9 90 216 sd	5	Kel. Popongan	KEC. KARANGANYAR	0,01	50,74	76,12
	NPS T 2 9 90 220						
7	NPS T 2 4 90 221 sd	2	Kel. Tegalgede	KEC. KARANGANYAR	0,00	9,26	13,89
	NPS T 2 4 90 222						
		56			0,02	116,09	174,13

## Segemen 3

No	Nama Polygon	Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Beban Pencemaran (kg/hr)		
					TSS	BOD	COD
1	NPS T 3 4 100 223 sd	4	Ds. Gaum	KEC. TASIKMADU	0,00	2,76	4,14
	NPS T 3 4 100 226						
2	NPS T 3 3 100 227 sd	6	Ds. Ngijo	KEC. TASIKMADU	0,00	0,88	1,32
	NPS T 3 3 100 232						
3	NPS T 3 2 100 233	1	Ds. Papahan	KEC. TASIKMADU	0,00	0,01	0,01
4	NPS T 3 5 100 234	1	Ds. Suruh	KEC. TASIKMADU	0,00	3,23	4,85
5	NPS T 3 8 90 235 sd	6	Kel. Bejen	KEC. KARANGANYAR	0,00	7,97	11,96
	NPS T 3 8 90 240						
6	NPS T 3 9 90 241 sd	2	Kel. Popongan	KEC. KARANGANYAR	0,00	0,03	0,04
	NPS T 3 9 90 242						
7	NPS T 3 4 90 243 sd	4	Kel. Tegalgede	KEC. KARANGANYAR	0,00	3,98	5,96
	NPS T 3 4 90 246						
		24			0,00	18,85	28,27

## Segmen 4

No	Nama Polygon						Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Beban Pencemaran (kg/hr)		
										TSS	BOD	COD
1	NPS	T	4	1	100	247	1 Ds. Buran	KEC. TASIKMADU	0,00	1,38	2,07	
2	NPS	T	4	8	100	248	1 Ds. Kaling	KEC. TASIKMADU	0,00	0,01	0,01	
3	NPS	T	4	7	100	249	1 Ds. Karangmojo	KEC. TASIKMADU	0,00	0,00	0,00	
4	NPS	T	4	3	100	250 sd	8 Ds. Ngijo	KEC. TASIKMADU	0,00	10,41	15,61	
	NPS	T	4	3	100	257						
5	NPS	T	4	6	100	258 sd	8 Ds. Pandeyan	KEC. TASIKMADU	0,00	14,68	22,02	
	NPS	T	4	6	100	265						
6	NPS	T	4	2	100	266 sd	6 Ds. Papahan	KEC. TASIKMADU	0,00	16,50	24,76	
	NPS	T	4	2	100	271						
7	NPS	T	4	5	100	272 sd	3 Ds. Suruh	KEC. TASIKMADU	0,00	5,12	7,68	
	NPS	T	4	5	100	274						
8	NPS	T	4	9	100	275 sd	2 Ds. Wonolopo	KEC. TASIKMADU	0,00	2,37	3,55	
	NPS	T	4	9	100	276						
9	NPS	T	4	6	90	277	1 Kel. Cangakan	KEC. KARANGANYAR	0,00	0,00	0,00	
							31		0,01	50,48	75,71	

## Segmen 5

No	Nama Polygon						Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Beban Pencemaran (kg/hr)		
										TSS	BOD	COD
1	NPS	T	5	8	110	278 sd	10 Ds. Brujul	KEC. JATEN	0,01	33,96	50,93	
	NPS	T	5	8	110	287						
2	NPS	T	5	8	100	288 sd	7 Ds. Buran	KEC. TASIKMADU	0,00	23,84	35,75	
	NPS	T	5	8	100	294						
3	NPS	T	5	6	110	295 sd	7 Ds. Jetis	KEC. JATEN	0,00	13,17	19,75	
	NPS	T	5	6	110	301						
4	NPS	T	5	8	100	302 sd	5 Ds. Kaling	KEC. TASIKMADU	0,00	13,39	20,09	
	NPS	T	5	8	100	306						
5	NPS	T	5	7	100	307 sd	5 Ds. Karangmojo	KEC. TASIKMADU	0,01	57,57	86,36	
	NPS	T	5	7	100	311						
6	NPS	T	5	2	140	312 sd	2 Ds. Nangsri	KEC. KEBAKKRAMAT	0,00	1,01	1,52	
	NPS	T	5	2	140	313						
7	NPS	T	5	3	100	314 sd	6 Ds. Ngijo	KEC. TASIKMADU	0,00	9,13	13,70	
	NPS	T	5	3	100	319						
8	NPS	T	5	6	100	320 sd	3 Ds. Pandeyan	KEC. TASIKMADU	0,00	19,91	29,86	
	NPS	T	5	6	100	322						
9	NPS	T	5	6	100	323	1 Ds. Papahan	KEC. TASIKMADU	0,00	6,55	9,83	
10	NPS	T	5	9	100	324 sd	2 Ds. Wonolopo	KEC. TASIKMADU	0,00	0,00	0,00	
	NPS	T	5	9	100	325						
							48		0,03	178,53	267,80	

## Segmen 6

No	Nama Polygon						Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Beban Pencemaran (kg/hr)		
										TSS	BOD	COD
1	NPS	T	6	8	110	326 sd	4 Ds. Brujul	KEC. JATEN	0,00	13,00	19,50	
	NPS	T	6	8	110	329						
2	NPS	T	6	6	110	330 sd	3 Ds. Jetis	KEC. JATEN	0,00	8,14	12,21	
	NPS	T	6	6	110	332						
3	NPS	T	6	1	140	333 sd	24 Ds. Kemiri	KEC. KEBAKKRAMAT	0,00	20,95	31,43	
	NPS	T	6	1	140	356						
4	NPS	T	6	2	140	357 sd	2 Ds. Nangsri	KEC. KEBAKKRAMAT	0,00	2,85	4,28	
	NPS	T	6	2	140	358						
5	NPS	T	6	7	110	359 sd	28 Ds. Sroyo	KEC. JATEN	0,01	44,71	67,07	
	NPS	T	6	7	110	386						
							61		0,02	89,66	134,48	

## Lampiran 5. Perhitungan Beban Pencemaran Peternakan

## Segmen 1

No	Nama Polygon	Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Total TSS kg/hari	Total BOD kg/hari	Total COD kg/hari
1	NPS M 1 1 80 107 sd	27	Ds. Bangsri	KEC. KARANGPANDAN	0,00	12,80	31,54
	NPS M 1 1 80 133						
2	NPS M 1 3 80 134 sd	12	Ds. Doplang	KEC. KARANGPANDAN	0,00	3,87	9,86
	NPS M 1 3 80 145						
3	NPS M 1 9 50 146 sd	4	Ds. Gantiwarno	KEC. MATESIH	0,00	1,01	2,48
	NPS M 1 9 50 149						
4	NPS M 1 7 80 150	1	Ds. Karangpandan	KEC. KARANGPANDAN	0,00	0,00	0,00
5	NPS M 1 2 80 151 sd	25	Ds. Ngemplak	KEC. KARANGPANDAN	0,00	11,81	29,06
	NPS M 1 2 80 175						
6	NPS M 1 8 80 176 sd	5	Ds. Tohkuning	KEC. KARANGPANDAN	0,00	0,48	1,20
	NPS M 1 8 80 180						
7	NPS M 1 10 90 181 sd	2	Kel. Gayamdampo	KEC. KARANGANYAR	0,00	0,00	0,00
	NPS M 1 10 90 182						
	JUMLAH	76			0,00	29,97	74,14

## Segmen 2

No	Nama Polygon	Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Total TSS kg/hari	Total BOD kg/hari	Total COD kg/hari
1	NPS M 2 1 80 183 sd	2	Ds. Bangsri	KEC. KARANGPANDAN	0,00	0,00	0,00
	NPS M 2 1 80 184						
2	NPS M 2 9 50 185 sd	14	Ds. Gantiwarno	KEC. MATESIH	0,00	1,62	3,98
	NPS M 2 9 50 198						
3	NPS M 2 10 90 199 sd	14	Kel. Gayamdampo	KEC. KARANGANYAR	0,00	24,22	59,15
	NPS M 2 10 90 212						
4	NPS M 2 3 90 213 sd	2	Kel. Jantiharjo	KEC. KARANGANYAR	0,00	1,22	3,02
	NPS M 2 3 90 214						
5	NPS M 2 9 90 215 sd	10	Kel. Popongan	KEC. KARANGANYAR	0,00	9,53	23,43
	NPS M 2 9 90 224						
6	NPS M 2 4 90 225 sd	7	Kel. Tegalgede	KEC. KARANGANYAR	0,00	1,17	2,88
	NPS M 2 4 90 231						
	JUMLAH	49			0,00	37,75	92,46

## Segmen 3

No	Nama Polygon	Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Total TSS kg/hari	Total BOD kg/hari	Total COD kg/hari
1	NPS M 3 4 100 232 sd	7	Ds. Gaum	KEC. TASIKMADU	0,00	3,20	7,78
	NPS M 3 4 100 238						
2	NPS M 3 3 100 239 sd	3	Ds. Ngijo	KEC. TASIKMADU	0,00	3,95	9,63
	NPS M 3 3 100 241						
3	NPS M 3 2 100 242 sd	2	Ds. Papahan	KEC. TASIKMADU	0,00	0,82	2,03
	NPS M 3 2 100 243						
4	NPS M 3 5 100 244 sd	1	Ds. Suruh	KEC. TASIKMADU	0,00	0,00	0,01
5	NPS M 3 8 90 245 sd	9	Kel. Bejen	KEC. KARANGANYAR	0,00	15,51	38,22
	NPS M 3 8 90 253						
6	NPS M 3 6 90 254 sd	3	Kel. Cangakan	KEC. KARANGANYAR	0,00	3,48	8,54
	NPS M 3 6 90 256						
7	NPS M 3 5 90 257 sd	2	Kel. Jungke	KEC. KARANGANYAR	0,00	2,60	6,42
	NPS M 3 5 90 258						
8	NPS M 3 7 90 259 sd	3	Kel. Karanganyar	KEC. KARANGANYAR	0,00	2,75	6,74
	NPS M 3 7 90 261						
9	NPS M 3 9 90 262 sd	4	Kel. Popongan	KEC. KARANGANYAR	0,00	1,74	4,28
	NPS M 3 9 90 265						
10	NPS M 3 4 90 266 sd	9	Kel. Tegalgede	KEC. KARANGANYAR	0,00	13,91	34,41
	NPS M 3 4 90 274						
	JUMLAH	43			0,00	47,97	118,05

## Segmen 4

No	Nama Polygon						Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Total TSS kg/hari	Total BOD kg/hari	Total COD kg/hari	
1	NPS	M	4	1	100	275	sd	2	Ds. Buran	KEC. TASIKMADU	0,00	1,07	2,60
	NPS	M	4	1	100	276							
2	NPS	M	4	7	100	277		1	Ds. Karangmojo	KEC. TASIKMADU	0,00	0,00	0,00
3	NPS	M	4	3	100	278	sd	9	Ds. Ngijo	KEC. TASIKMADU	0,00	5,02	12,23
	NPS	M	4	3	100	286							
4	NPS	M	4	6	100	287	sd	6	Ds. Pandeyan	KEC. TASIKMADU	0,00	4,79	11,73
	NPS	M	4	6	100	292							
5	NPS	M	4	2	100	293	sd	3	Ds. Papahan	KEC. TASIKMADU	0,00	1,84	4,53
	NPS	M	4	2	100	295							
6	NPS	M	4	5	100	296	sd	9	Ds. Suruh	KEC. TASIKMADU	0,00	11,21	27,81
	NPS	M	4	5	100	304							
7	NPS	M	4	9	100	305	sd	2	Ds. Wonolopo	KEC. TASIKMADU	0,00	0,65	1,58
	NPS	M	4	9	100	306							
8	NPS	M	4	6	90	307		1	Kel. Cangkanan	KEC. KARANGANYAR	0,00	0,14	0,34
	JUMLAH							33			0,00	24,70	60,80

## Segmen 5

No	Nama Polygon						Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Total TSS kg/hari	Total BOD kg/hari	Total COD kg/hari	
1	NPS	M	5	8	110	308	sd	14	Ds. Brujul	KEC. JATEN	0,00	6,65	16,40
	NPS	M	5	8	110	321							
2	NPS	M	5	1	100	322	sd	11	Ds. Buran	KEC. TASIKMADU	0,00	2,03	4,95
	NPS	M	5	1	100	332							
3	NPS	M	5	6	110	333	sd	5	Ds. Jetis	KEC. JATEN	0,00	1,02	2,52
	NPS	M	5	6	110	337							
4	NPS	M	5	8	100	338	sd	9	Ds. Kaling	KEC. TASIKMADU	0,00	2,29	5,61
	NPS	M	5	8	100	346							
5	NPS	M	5	7	100	347	sd	21	Ds. Karangmojo	KEC. TASIKMADU	0,00	6,51	15,99
	NPS	M	5	7	100	367							
6	NPS	M	5	3	100	368	sd	2	Ds. Ngijo	KEC. TASIKMADU	0,00	0,82	1,99
	NPS	M	5	3	100	369							
7	NPS	M	5	6	100	370	sd	7	Ds. Pandeyan	KEC. TASIKMADU	0,00	0,85	2,07
	NPS	M	5	6	100	376							
8	NPS	M	5	9	100	377		1	Ds. Wonolopo	KEC. TASIKMADU	0,00	0,00	0,00
	JUMLAH							70			0,00	20,17	49,54

## Segmen 6

No	Nama Polygon						Jumlah Polygon	Desa/ Kelurahan	Kecamatan	Total TSS kg/hari	Total BOD kg/hari	Total COD kg/hari	
1	NPS	M	6	8	110	378	sd	8	Ds. Brujul	KEC. JATEN	0,00	2,52	6,23
	NPS	M	6	8	110	385							
2	NPS	M	6	6	110	386	sd	4	Ds. Jetis	KEC. JATEN	0,00	0,92	2,27
	NPS	M	6	6	110	389							
3	NPS	M	6	1	140	390	sd	24	Ds. Kemiri	KEC. KEBAKKRAMAT	0,00	6,56	16,45
	NPS	M	6	1	140	413							
4	NPS	M	6	2	140	414	sd	7	Ds. Nangsri	KEC. KEBAKKRAMAT	0,00	1,34	3,36
	NPS	M	6	2	140	420							
5	NPS	M	6	7	110	421	sd	23	Ds. Sroyo	KEC. JATEN	0,00	164,14	449,35
	NPS	M	6	7	110	443							
	JUMLAH							66			0,00	175,49	477,66

## Lampiran 6. Perhitungan Beban Pencemaran UMKM dan Hotel

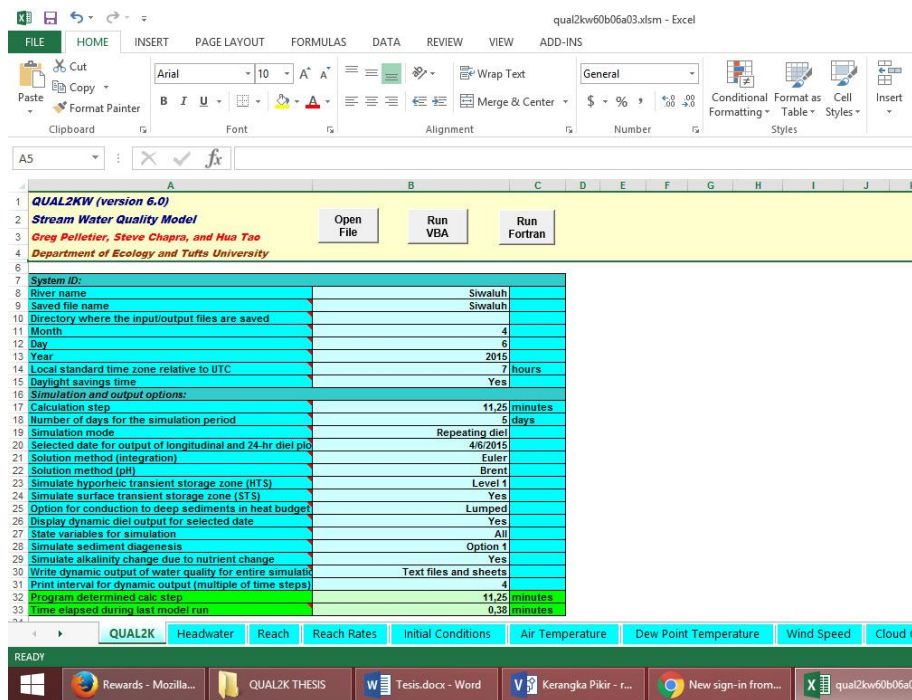
## 1. UMKM

No	Nama Point Sources	Segmen	Jumlah Produksi	Kualitas Air			Beban Pencemaran		
				TSS	BOD	COD	TSS	BOD	COD
1	UKM Tahu/Tempe	1	315	9	50	110	2,84	15,75	34,65
2	UKM Tahu/Tempe	2	465	9	50	110	4,19	23,25	51,15
3	UKM Tahu/Tempe	2	105	9	50	110	0,95	5,25	11,55
4	UKM Tahu/Tempe	2	265	9	50	110	2,39	13,25	29,15
5	UKM Tahu/Tempe	3	330	9	50	110	2,97	16,50	36,30
6	UKM Tahu/Tempe	3	500	9	50	110	4,50	25,00	55,00
7	UKM Tahu/Tempe	3	200	9	50	110	1,80	10,00	22,00
8	UKM Tahu/Tempe	4	835	9	50	110	7,52	41,75	91,85
	Jumlah						27,14	150,75	331,65

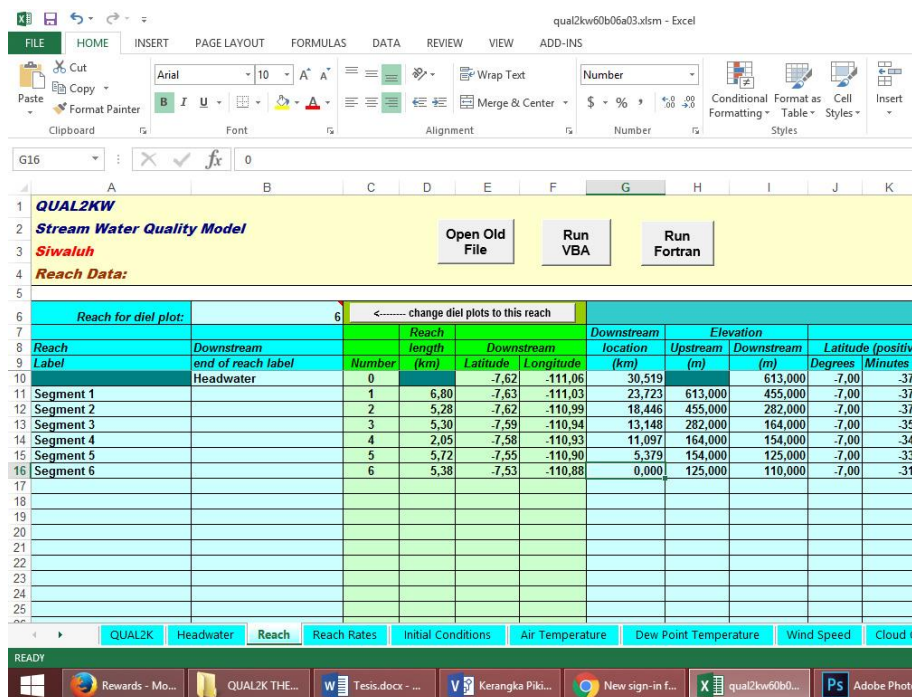
## 2. HOTEL DAN RUMAH SAKIT

No	Nama Point Sources	Segmen	Jumlah Kamar	Tingkat Hunian	Kualitas Air			Beban Pencemaran (kg/hari)		
					TSS	BOD	COD	TSS	BOD	COD
1	Hotel Taman Sari	3	30	0,50	52,25	50,00	75,63	0,78	0,75	1,13
2	Hotel Ken Dedes	4	22	0,80	52,25	50,00	75,63	0,92	0,88	1,33
	Jumlah							1,70	1,63	2,47

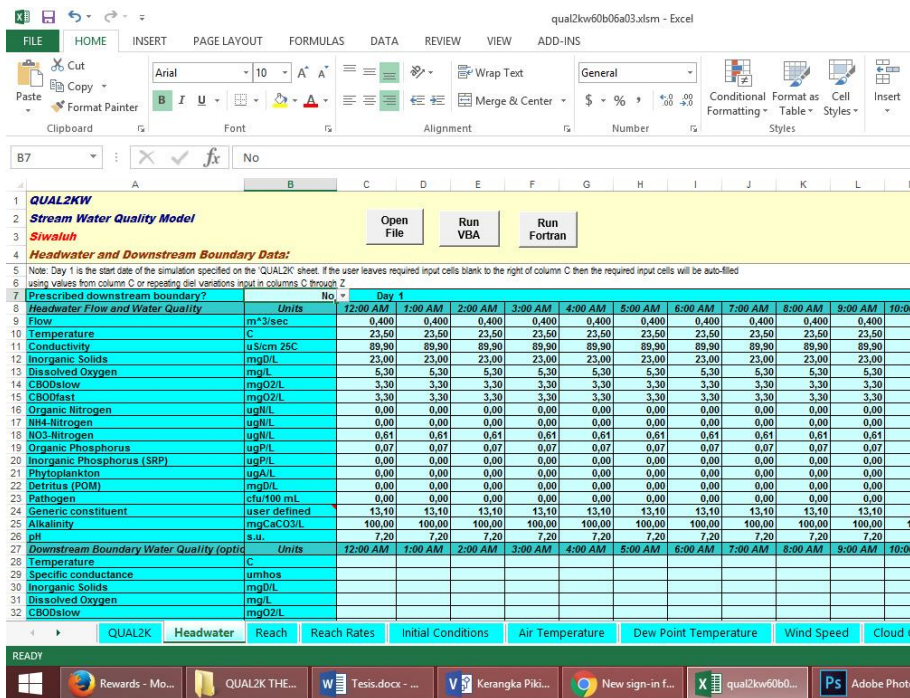
## Lampiran 7. Penggunaan Software QUAL2K



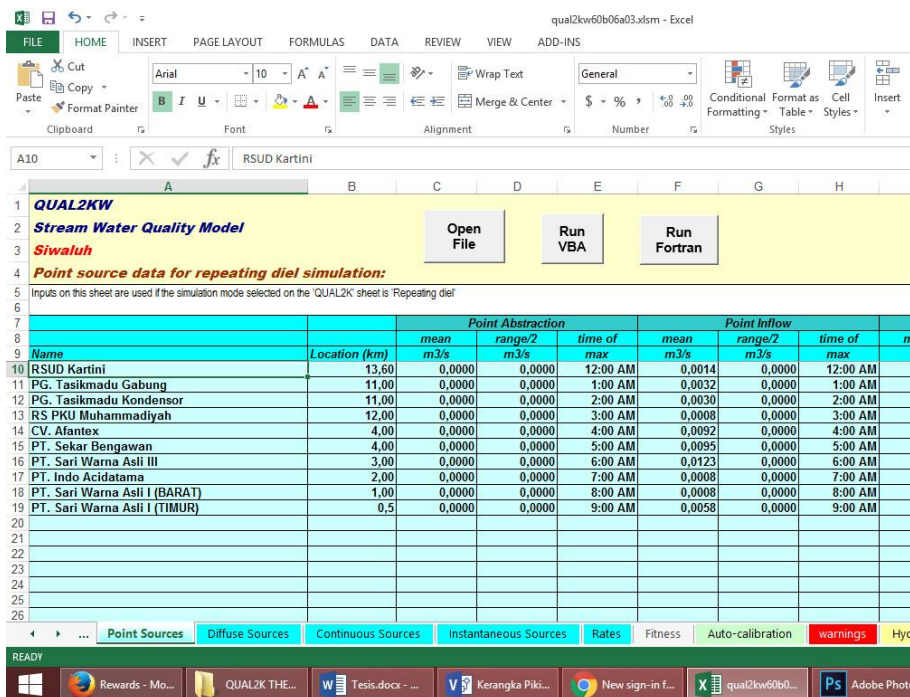
Gambar diatas merupakan tampilan awal QUAL2Kw 6 dimana terdapat beberapa data informasi awal mengenai lokasi penelitian dan metode perhitungan.



Data tiap segmen berupa posisi, elevasi dan data lainnya harus dimasukkan secara rinci sehingga mampu dimodelkan dengan tepat.



Data hulu merupakan data awal yang sangat penting karena basis permodelan QUAL2K memodelkan dari hulu ke hilir.



Data point sources dimasukkan sesuai dengan perhitungan estimasi dari posisi dan debit IPAL yang tercatat pada laporan pemantauan (menggunakan data sekunder dari BLH)

QUAL2KW  
Stream Water Quality Model  
Siwaluh  
Diffuse source data for repeating diel simulation:  
Inputs on this sheet are used if the simulation mode selected on the 'QUAL2K' sheet is 'Repeating diel'

Name	Up (km)	Down (km)	Diffuse Abstraction m3/s	Diffuse Inflow m3/s	Temp C	Cond uS/cm 25C	Inorg SS mgD/L	Diss Oxygen mg/L	CBOD slow mgO2/L	CBOD fast mgO2/L	Organic N ugN/L	Ammo N ugN/L
NPS 1	30.52	23.72	0,0000	0,2574	15,00	600,00	9,35	0,00	24,81	24,81	500,0	500
NPS 2	23.72	18.45	0,0000	0,2574	15,00	600,00	15,64	0,00	34,21	34,21	500,0	500
NPS 3	18.45	13.15	0,0000	0,2574	15,00	600,00	101,49	0,00	128,28	128,28	500,0	500
NPS 4	13.15	11.10	0,0000	0,2574	15,00	600,00	40,66	0,00	53,59	53,59	500,0	500
NPS 5	11.10	5,38	0,0000	0,2574	15,00	600,00	27,62	0,00	51,51	51,51	500,0	500
NPS 6	5,38	0,00	0,0000	0,2574	15,00	600,00	23,18	0,00	52,37	52,37	500,0	500

Data *non-point source* dimasukkan berasal dari data hasil perhitungan dengan pendekatan faktor emisi. Faktor emisi dihitung dengan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG).

QUAL2KW  
Stream Water Quality Model  
Siwaluh  
Global rate parameters

Parameter	Value	Units	Symbol	Auto-cal	Min value	Max value
Carbon	40	gC	gC	No	30	60
Nitrogen	7,2	gN	gN	No	5	9
Phosphorus	1	gP	gP	No	0,5	2
Dry weight	100	gD	gD	No	100	100
Chlorophyll	1	gA	gA	No	0,5	2
Settling velocity	0,25874	m/d	$v_s$	Yes	0	2
Reaeration model	User model		f(u h)			
User reaeration model parameter A	3,25374				3	6
User reaeration model parameter B	0,535525				0,5	1
User reaeration model parameter C	-1,525284				-1,85	-1,5
Temp correction for reaeration	1,024		$\theta_s$			
Reaeration wind effect	None					
O2 for carbon oxidation	2,67	gO2/gC	$f_{oc}$			
O2 for NH4 nitrification	4,57	gO2/gN	$f_{on}$			
Oxygen inhib model CBOD oxidation	Exponential					
Oxygen inhib parameter CBOD oxidation	0,60	L/mgO2	$K_{inhCBOD}$	No	0,60	0,60
Oxygen inhib model nitrification	Exponential					
Oxygen inhib parameter nitrification	0,60	L/mgO2	$K_{inhNH4}$	No	0,60	0,60
Oxygen enhance model denitrification	Exponential					

Auto-calibration genetic algorithm control:

Random number seed	123456	se
Model runs in a population (csp12)	100	sp
Generations in the evolution	50	ge
Digits to encode genotype (cst)	5	st
Crossover mode (1, 2, 3, 4, 5, 6, or 7)	3	cm
Crossover probability (0-1)	0,85	pc
Mutation mode (1, 2, 3, 4, 5, or 6)	2	mm
Initial mutation rate (0-1)	0,005	pm
Minimum mutation rate (0-1)	0,0005	pm
Maximum mutation rate (0-1)	0,25	pm
Relative fitness differential (0-1)	1	rf
Reproduction plan (1, 2, or 3)	1	rp
Elitism (0 or 1)	1	el
Shuffle probability (0-1)	0	sp
Restart from previous evolution (0 or 1)	0	res
Skip high Courant conditions	Yes	ic

Kalibrasi dan setting awal sebelum menjalankan perhitungan QUAL2K sehingga model tidak menyimpang jauh.

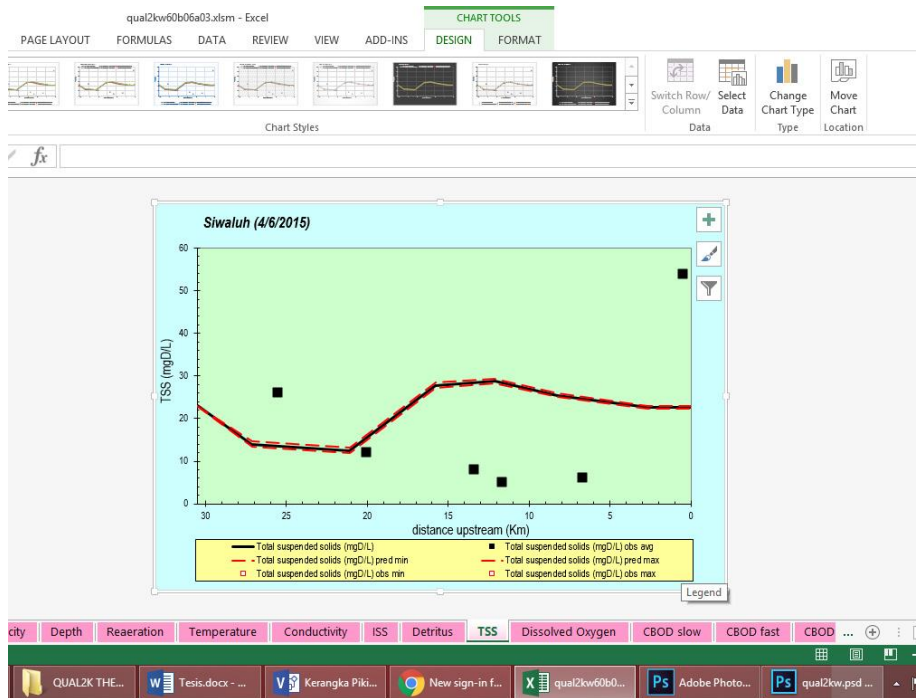
The screenshot shows the QUAL2KW Excel interface. The main menu includes FILE, HOME, INSERT, PAGE LAYOUT, FORMULAS, DATA, REVIEW, VIEW, and ADD-INS. The worksheet contains the following text:

**QUAL2KW**  
**Stream Water Quality Model**  
**Siwuluh (4/6/2015)**  
**Hydraulics Summary**

Buttons: Open File, Run VBA, Run Fortran

Reach Label	Downstream Label	Downstream Distance	Volume (m <sup>3</sup> )	Main channel hydraulics (average values on selected day)								Manning
				Q, m <sup>3</sup> /s	E <sup>1</sup> , m <sup>3</sup> /s	H, m	B, m	Ac, m <sup>2</sup>	U, mps	trav time, d	Slope	
Headwater	Headwater	30,52		0,40	0,20	0,15	12,50	1,84	0,22	0,00	0,004000	
Segment 1		23,72	16915,97	0,66	0,37	0,20	12,50	2,49	0,26	0,30	0,004000	
Segment 2		18,45	16058,99	0,91	0,46	0,24	12,50	3,04	0,30	0,50	0,004000	
Segment 3		13,15	18771,31	1,17	0,85	0,28	12,50	3,54	0,33	0,69	0,004000	
Segment 4		11,10	8203,17	1,43	0,38	0,32	12,50	4,00	0,36	0,75	0,004000	
Segment 5		5,38	25371,27	1,69	0,87	0,35	12,50	4,44	0,38	0,93	0,004000	
Segment 6		0,00	21447,33	1,99	1,00	0,41	12,50	5,10	0,39	1,09	0,003500	

Setelah QUAL2K dijalankan (*running*) maka akan menghasilkan *output* berupa ringkasan nilai Daya Tampung Beban Pencemaran serta acuan lokasi model.



Keluaran QUAL2K lainnya berupa Grafik Daya Tampung Beban Pencemaran untuk setiap parameter yang diujikan.

## Lampiran 8. Transkrip Wawancara

Transkrip Wawancara dengan Soenarto, SP, M.M  
Kepala Sub Bidang Pengendalian Lingkungan  
Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Karanganyar

**Wawancara 1**

Perihal : Inventarisasi Sungai di Kabupaten Karanganyar.

Tempat : Kantor Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Karanganyar

Waktu : 25 Mei 2015

P	Bagaimana kondisi umum Sungai di Kabupaten Karanganyar
N	Sungai di kabupaten karanganyar kebanyakan merupakan sungai musiman dimana debit sangat dipengaruhi oleh air hujan. Kondisi secara umum masih dalam keadaan baik namun ada beberapa yang menunjukkan kualitas air yang buruk yang disebabkan oleh limbah industri.
P	Bagaimana inventaris sungai di kabupaten Karanganyar
N	Inventarisasi sungai baru berjalan pada tahun 2014 dengan menggandeng pihak ketiga sebagai pelaksana. Inventarisasi sungai tersebut dilaksanakan sebagai basis data awal dalam upaya pengendalian pencemaran air. Dalam inventarisasi tersebut dibagi sungai per sub DAS yang ada.
P	Apakah data inventarisasi sungai tersebut disinkronkan dengan RTRW, karena beberapa penamaan sungai berbeda dengan di RTRW?
N	Inventarisasi tersebut memiliki beragam kelemahan karena keterbatasan Sumber Daya Manusia dan keterbatasan waktu penyusunan sehingga pada beberapa sungai perlu dilakukan pembenahan <i>database</i> dan mungkin tahun depan akan kita anggarkan lagi untuk berbagai pembenahan tersebut.

**Wawancara 2.**

Perihal: Kebijakan Pengendalian Pencemaran Air Umum

Tempat : Kantor Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Karanganyar

Waktu : 31 Juli 2015

P	Bagaimana Kebijakan Umum Pengendalian Pencemaran Air di Kabupaten Karanganyar?
N	Kebijakan umum pengendalian pencemaran air mengacu pada undang-undang yang baru meskipun beberapa petunjuk teknis terkait pengendalian air masih mengacu pada aturan yang lama. Kedepannya akan kita benahi supaya sesuai

	dengan aturan baru dan kita rintis dengan adanya inventarisasi sungai pada tahun 2014 meskipun masih menggunakan pihak ketiga karena keterbatasan Sumber Daya Manusia pada Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Karanganyar
P	Bagaimana penerapan kebijakan pengendalian pencemaran air oleh BLH Karanganyar?
N	Kebijakan pengendalian pencemaran air difokuskan pada penertiban pada sektor industri terutama pada empat sungai utama di Karanganyar. Sungai tersebut yaitu Sungai Siwaluh, Sungai Sroyo, Sungai Pengok dan Sungai Ngringo. Empat sungai tersebut merupakan sungai vital yang disekitar bantaran sungainya terdapat beberapa perusahaan penghasil limbah cair.
P	Khusus Sungai Sroyo, sungai tersebut tidak ada dalam nomenklatur di RTRW dan secara fisik merupakan Sungai Siwalu pada Segmen terakhir, bagaimana anda menyikapinya?
N	Pembagian sungai penting telah dilakukan sejak dulu dan belum ada kajian lebih lanjut mengenai hal tersebut walaupun dalam RTRW jelas disebutkan. Kondisi kedepan mungkin akan dibenahi supaya penamaan sungai sesuai dengan nomenklatur resmi baik dari Pemerintah Daerah Kabupaten Karanganyar maupun dari Instansi lain yang berwenang
P	Apakah pernah ada sanksi bagi perusahaan pencemar pada segmen diatas?
N	Upaya kami masih sebatas pembinaan karena belum ada dasar dan bukti yang kuat yang merujuk pada pencemaran kelas berat pada segmen tersebut. Diamping itu para industri di Sungai Sroyo memiliki komitmen dalam penanggulangan pencemaran dengan laporan yang tertib untuk pemantauan pada setiap IPAL yang dimilikinya.
P	Apakah ada aduan terkait pencemaran sungai pada tahun 2014 terutama sungai siwaluh?
N	Aduan untuk pencemaran sungai pada tahun 2014 ada beberapa namun yang paling disoroti yaitu pencemaran Sungai Walikan oleh PT. Budi Lumbang Cipta Tani selebihnya pengaduan biasa dan segera kami tangani. Kebetulan untuk sungai siwaluh tidak ada aduan dari masyarakat setempat

Transkrip Wawancara dengan Arini S.T  
 Pejabat Pengawas Lingkungan Hidup.  
 Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Karanganyar

Wawancara 1

Perihal : Ketentuan Umum Ijin Pembuangan Limbah Cair

Tempat : Kantor Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Karanganyar

Waktu : 22 April 2015

P	Bagaimana Ketentuan Ijin Pembuangan Air Limbah di Kabupaten Karanganyar?
N	Ketentuan atau aturan ijin Pembuangan Air Limbah diatur melalui Peraturan Bupati Kabupaten Karanganyar Nomor 9 Tahun 2009 tentang Ijin Pembuangan Limbah Cair (IPLC)
P	Payung Hukum yang berlaku apakah sudah sesuai?
N	Dengan adanya Undang-undang yang baru dan berbagai peraturan teknis yang menyertai Undang-undang tersebut maka Peraturan Bupati tersebut perlu segera direvisi dan diantumkan perundangan yang lebih baru.
P	Payung hukum yang baru di atasnya apa saja?
N	Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air; Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 1 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian dan Pencemaran Air dan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah
P	Apakah kelemahan aturan Ijin Pembuangan Limbah Cair pada Peraturan Bupati terakhir?
N	Beberapa kelemahan Ijin tersebut yaitu belum adanya cek ulang dari BLH Karanganyar di <i>outlet</i> yang ditentukan meskipun pada tahun ini kami mencoba melakukan hal tersebut dan pengambilan sampel pada pihak industri biasanya tanpa pendampingan

## Wawancara 2

Perihal : Konfirmasi Data Sumber Pencemar *Point Source*.

Tempat : Kantor Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Karanganyar

Waktu : 25 Juli 2015

P	Untuk data sumber pencemar apakah pernah dilakukan inventarisasi
N	Inventarisasi data sumber pencemar dilakukan dan direkap setiap tahun dimana memuat informasi jenis usaha dan beberapa parameter kualitas air dan debit limbah yang dihasilkan
P	Bagaimana kepatuhan perusahaan dalam laporan tersebut ?
N	Para perusahaan penghasil limbah cair rata-rata mengirimkan laporan tersebut karena ada kewajiban bulanan dari berbagai industri pembuang limbah cair untuk melaporkan pemantauan IPAL setiap bulan. Namun demikian beberapa perusahaan kurang menepati waktu pelaporan hal tersebut dimaklumi karena uji kualitas air juga memerlukan waktu tergantung instansi pengujinya.
P	Pada data rekapitulasi yang anda berikan terdapat perusahaan yang tidak memiliki data pemantauan, apa maksudnya
N	Perusahaan tersebut mengalami perubahan manajemen atau ditutup karena bangkrut.
P	Untuk data pada PG. Tasikmadu terdapat keterangan RCY pada bulan-bulan tertentu, apa maksudnya?
N	Khusus untuk PG. Tasikmadu pada musimkemarau air buangan limbah tidak dialirkan menuju saluran pembuangan ke badan air penerima namun dipergunakan kembali untuk keperluan rumah tangga seperti menyiram tanaman ataupun dipergunakan kembali dalam proses produksi yang memenuhi kualifikasi air tersebut.

Lampiran 9. Data *In-situ* Hulu Sungai

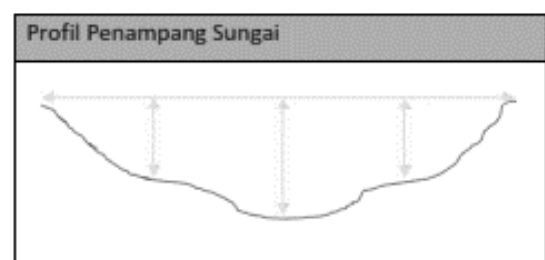
## Form .1

Data Kualitas Air Insitu

<h1>Hulu Sungai</h1>	<b>TITIK KOORDINAT</b>	
	<b>S</b>	7°37'28.1"
	<b>E</b>	111°03'29.1"
Desa Karang Pandan-Bawah Jembatan Dopleng		Jam: (07.00)

Data Iklim			
1.	Elevasi	:	613 m
2.	Cuaca	:	cerah
3.	Suhu Udara	:	24,8 °C
4.	Shade	:	10 %
5.	TutupanAwan	:	15 %
6.	Arah angin	:	
7.	Kec. Angin	:	0,1 km/h
			sepoi
			sedang
			kencang
			>

Data Kualitas Air Insitu			
1.	Suhu	:	23,5 °C
2.	pH	:	7,33
3.	DO	:	mg/l
4.	Turbidity	:	89,9 uS



	Lebar Sungai	Kedalaman			
		H1	H2	H3	Hrata
Titik 1	354 cm	39	48	24	
Titik 2	328 cm	52	76	61	
Titik 3	314 cm	58	72	58	
Titik 4	327 cm	61	74	60	
Titik 5	334 cm	48	52	50	
<b>Rata</b>	<b>cm</b>				

Data Profil Sungai			
1.	Waktu 1	:	19.12 s
2.	Waktu 2	:	21.14 s
3.	Waktu 3	:	27.16 s
4.	Waktu 4	:	26.10 s
5.	Waktu 5	:	21.57 s
	<b>Waktu Rata</b>		<b>s</b>

<b>KAJIAN PENGARUH PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP PENCEMARAN AIR DALAM UPAYA PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR PADA SUB DAS SIWALUH</b>	<b>Nama</b>	Henri Winandar
	<b>NIM</b>	3000021441023
	<b>Kelas</b>	MIL 42 BAPPENAS
<b>MAGISTER ILMU LINGKUNGAN – UNIVERSITAS DIPONEGORO</b>		

Lampiran 10. Data *In-situ* Segmen 1

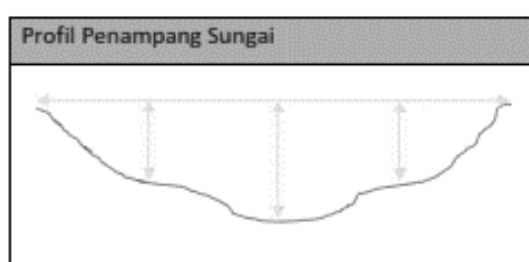
## Form .1

Data Kualitas Air Insitu

<h1>Segmen 1</h1>	<b>TITIK KOORDINAT</b>	
	S	7°37'38.2"
	E	111°03'37.9"
Desa Bangsri-Bawah Jembatan Bangsri		Jam: (07.30)

Data Iklim			
1.	Elevasi	:	455 m
2.	Cuaca	:	berawan
3.	Suhu Udara	:	25.7 °C
4.	Shade	:	20 %
5.	TutupanAwan	:	70 %
6.	Arah angin	:	
7.	Kec. Angin	:	0.4 km/h
			sepoi
			sedang
			kencang
			>

Data Kualitas Air Insitu			
1.	Suhu	:	23.8 °C
2.	pH	:	7.37
3.	DO	:	mg/l
4.	Turbidity	:	92.4 uS



	Lebar Sungai	Kedalaman			
		H1	H2	H3	Hrata
Titik 1	667cm	38	43	26	
Titik 2	650cm	32	42	29	
Titik 3	598cm	39	40	42	
Titik 4	654cm	31	44	41	
Titik 5	510cm	22	42	29	
<b>Rata</b>	<b>cm</b>				

Data Profil Sungai			
1.	Waktu 1	:	12.68 s
2.	Waktu 2	:	11.73 s
3.	Waktu 3	:	12.45 s
4.	Waktu 4	:	13.12 s
5.	Waktu 5	:	14.08 s
<b>Waktu Rata</b>			<b>s</b>

<b>KAJIAN PENGARUH PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP PENCEMARAN AIR DALAM UPAYA PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR PADA SUNGAI SIWALUH</b>	<b>Nama</b>	Henri Winandar
	<b>NIM</b>	3000021441023
	<b>Kelas</b>	MIL 42 BAPPENAS
<b>MAGISTER ILMU LINGKUNGAN – UNIVERSITAS DIPONEGORO</b>		

Lampiran 11. Data *In-situ* Segmen 2

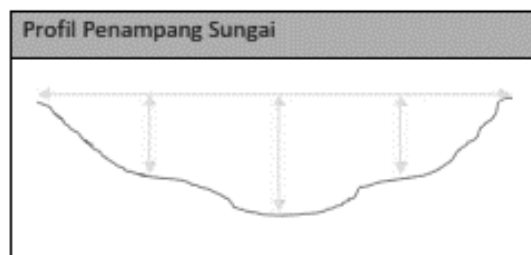
## Form .1

Data Kualitas Air Insitu

<h1>Segmen 2</h1>	<b>TITIK KOORDINAT</b>	
	S	7°37'02.5"
	E	110°59'14.1"
Kelurahan Popongan-Bawah Jembatan		Jam: (07.30)

Data Iklim			
1.	Elevasi	:	282 m
2.	Cuaca	:	cerah
3.	Suhu Udara	:	25.8 °C
4.	Shade	:	40 %
5.	TutupanAwan	:	50 %
6.	Arah angin	:	
7.	Kec. Angin	:	0.4 km/h
			sepoi
			sedang
			kencang
			>

Data Kualitas Air Insitu			
1.	Suhu	:	24.2 °C
2.	pH	:	7.33
3.	DO	:	mg/l
4.	Turbidity	:	97.6 uS



	Lebar Sungai	Kedalaman			
		H1	H2	H3	Hrata
Titik 1	431cm	78	54	34	
Titik 2	412cm	74	56	30	
Titik 3	445cm	73	54	31	
Titik 4	427cm	65	58	31	
Titik 5	432cm	70	32	18	
<b>Rata</b>	<b>cm</b>				

Data Profil Sungai		
1.	Waktu 1	: 23.65 s
2.	Waktu 2	: 28.26 s
3.	Waktu 3	: 25.78 s
4.	Waktu 4	: 26.79 s
5.	Waktu 5	: 28.30 s
<b>Waktu Rata</b>		<b>s</b>

<b>KAJIAN PENGARUH PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP PENCEMARAN AIR DALAM UPAYA PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR PADA SUNGAI SIWALUH</b>	<b>Nama</b>	Henri Winandar
	<b>NIM</b>	3000021441023
	<b>Kelas</b>	MIL 42 BAPPENAS
<b>MAGISTER ILMU LINGKUNGAN – UNIVERSITAS DIPONEGORO</b>		

Lampiran 12. Data *In-situ* Segmen 3

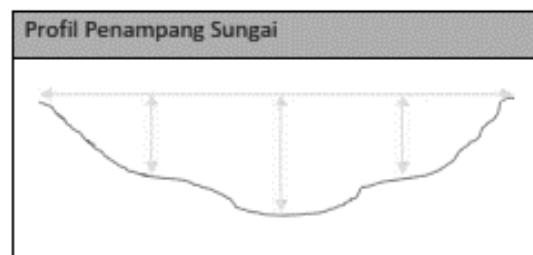
## Form .1

Data Kualitas Air Insitu

<h1>Segmen 3</h1>	<b>TITIK KOORDINAT</b>	
	S	7°35'13.5"
	E	110°56'26.0"
Desa Ngijo -Bawah Jembatan Kalongan		Jam: (08.30)

Data Iklim			
1.	Elevasi	:	164 m
2.	Cuaca	:	cerah
3.	Suhu Udara	:	28 °C
4.	Shade	:	10 %
5.	TutupanAwan	:	5 %
6.	Arah angin	:	
7.	Kec. Angin	:	0.2 km/h
			sepoi
			sedang
			kencang
			>

Data Kualitas Air Insitu			
1.	Suhu	:	28 °C
2.	pH	:	7.31
3.	DO	:	mg/l
4.	Turbidity	:	117.8 uS



	Lebar Sungai	Kedalaman			
		H1	H2	H3	Hrata
Titik 1	534	21	24	22	22,3333
Titik 2	530	20	23	19	20,6667
Titik 3	534	22	25	21	22,6667
Titik 4	524	20	23	22	21,6667
Titik 5	541	25	28	15	22,6667
<b>Rata</b>					

Data Profil Sungai		
1.	Waktu 1	: 33,48 s
2.	Waktu 2	: 35,11 s
3.	Waktu 3	: 38,52 s
4.	Waktu 4	: 30,98 s
5.	Waktu 5	: 33,38 s
<b>Waktu Rata</b>		<b>s</b>

<b>KAJIAN PENGARUH PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP PENCEMARAN AIR DALAM UPAYA PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR PADA SUNGAI SIWALUH</b>	<b>Nama</b>	Henri Winandar
	<b>NIM</b>	3000021441023
	<b>Kelas</b>	MIL 42 BAPPENAS
<b>MAGISTER ILMU LINGKUNGAN – UNIVERSITAS DIPONEGORO</b>		

Lampiran 13. Data *In-situ* Segmen 4

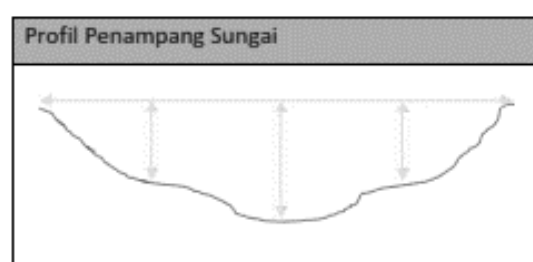
## Form .1

Data Kualitas Air Insitu

<h1>Segmen 4</h1>	<b>TITIK KOORDINAT</b>	
	S	7°34'55.7"
	E	110°55'41.5"
Desa Papahan-Bawah Jembatan PG Tasikmadu		Jam: (09.00)

Data Iklim			
1.	Elevasi	:	154 m
2.	Cuaca	:	Cerah
3.	Suhu Udara	:	28 °C
4.	Tutupan Sungai	:	45 %
5.	Tutupan Awan	:	0 %
6.	Arah angin	:	
7.	Kec. Angin	:	0
			sepoi
			sedang
			kencang
			>

Data Kualitas Air Insitu			
1.	Suhu	:	27.5 °C
2.	pH	:	7.12
3.	DO	:	mg/l
4.	Turbidity	:	130.4 uS



	Lebar Sungai	Kedalaman			
		H1	H2	H3	Hrata
Titik 1	335	78	70	52	66,6667
Titik 2	412	75	72	55	67,3333
Titik 3	405	77	75	56	69,3333
Titik 4	356	72	74	50	65,3333
Titik 5	360	76	72	51	66,3333
<b>Rata</b>					

Data Profil Sungai		
1.	Waktu 1	: 42,12 s
2.	Waktu 2	: 37,11 s
3.	Waktu 3	: 39,23 s
4.	Waktu 4	: 43,11 s
5.	Waktu 5	: 37,89 s
<b>Waktu Rata</b>		s

<b>KAJIAN PENGARUH PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP PENCEMARAN AIR DALAM UPAYA PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR PADA SUNGAI SIWALUH</b>	<b>Nama</b>	Henri Winandar
	<b>NIM</b>	3000021441023
	<b>Kelas</b>	MIL 42 BAPPENAS
<b>MAGISTER ILMU LINGKUNGAN – UNIVERSITAS DIPONEGORO</b>		

Lampiran 14. Data *In-situ* Segmen 5

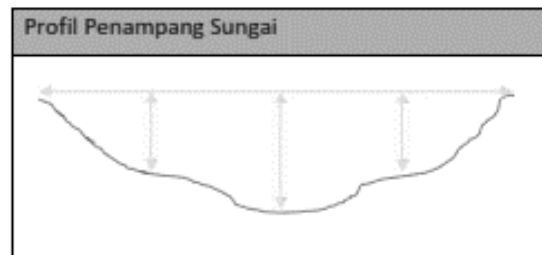
## Form .1

Data Kualitas Air Insitu

<h1>Segmen 5</h1>	<b>TITIK KOORDINAT</b>	
	S	7°33'14.8"
	E	110°54'13.8"
Desa Jetis-Bawah Jembatan Jetis		Jam: (09.30)

Data Iklim			
1.	Elevasi	:	125 m
2.	Cuaca	:	Cerah
3.	Suhu Udara	:	27 °C
4.	Tutupan Sungai	:	20 %
5.	Tutupan Awan	:	30 %
6.	Arah angin	:	
7.	Kec. Angin	:	0.3 km/h
			sepoi
			sedang
			kencang
			>

Data Kualitas Air Insitu			
1.	Suhu	:	27.5 °C
2.	pH	:	7.2
3.	DO	:	mg/l
4.	Turbidity	:	142.9 uS



	Lebar Sungai	Kedalaman			
		H1	H2	H3	Hrata
Titik 1	310	9	14	15	
Titik 2	320	8	13	12	
Titik 3	345	7	12	13	
Titik 4	322	7	15	11	
Titik 5	328	7	12	10	
<b>Rata</b>	<b>cm</b>				

Data Profil Sungai			
1.	Waktu 1	:	8,31 s
2.	Waktu 2	:	7,73 s
3.	Waktu 3	:	7,05 s
4.	Waktu 4	:	8,05 s
5.	Waktu 5	:	7,34 s
	<b>Waktu Rata</b>		<b>s</b>

<b>KAJIAN PENGARUH PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP PENCEMARAN AIR DALAM UPAYA PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR PADA SUNGAI SIWALUH</b>	<b>Nama</b>	Henri Winandar
	<b>NIM</b>	3000021441023
	<b>Kelas</b>	MIL 42 BAPPENAS
<b>MAGISTER ILMU LINGKUNGAN – UNIVERSITAS DIPONEGORO</b>		

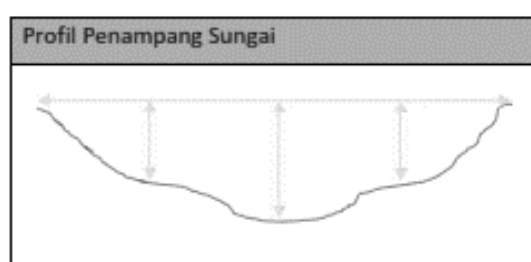
Lampiran 15. Data *In-situ* Segmen 6

Form .1
Data Kualitas Air Insitu

Segmen 6	TITIK KOORDINAT
	S 7°31'31.7"
	E 110°52'59.2"
Desa Sroyo-Bawah Jembatan SWA I	Jam: (10.00)

Data Iklim			
1.	Elevasi	:	110 m
2.	Cuaca	:	Cerah
3.	Suhu Udara	:	26.5 °C
4.	Tutupan Sungai	:	90 %
5.	Tutupan Awan	:	70 %
6.	Arah angin	:	
7.	Kec. Angin	:	0.2 km/h
			sepoi
			sedang
			kencang
			>

Data Kualitas Air Insitu			
1.	Suhu	:	26 °C
2.	pH	:	6.86
3.	DO	:	mg/l
4.	Turbidity	:	162.2 uS



	Lebar Sungai	Kedalaman			Hrata
		H1	H2	H3	
Titik 1	564	45	62	54	
Titik 2	558	31	64	55	
Titik 3	556	44	65	56	
Titik 4	560	38	60	52	
Titik 5	567	40	64	50	
<b>Rata</b>					

Data Profil Sungai		
1.	Waktu 1	: 12,02 s
2.	Waktu 2	: 13,56 s
3.	Waktu 3	: 18,11 s
4.	Waktu 4	: 10,92 s
5.	Waktu 5	: 14,63 s
<b>Waktu Rata</b>		<b>s</b>

KAJIAN PENGARUH PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP PENCEMARAN AIR DALAM UPAYA PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR PADA SUNGAI SIWALUH	Nama	Henri Winandar
	NIM	3000021441023
	Kelas	MIL 42 BAPPENAS
MAGISTER ILMU LINGKUNGAN – UNIVERSITAS DIPONEGORO		

## Lampiran 16. Hasil Laboratorium



**KEMENTERIAN KESEHATAN RI**  
**DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PENYAKIT DAN**  
**PENYEHATAN LINGKUNGAN**  
**BALAI BESAR TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN**  
**PENGENDALIAN PENYAKIT YOGYAKARTA**

Jalan Wiyoro Lor No. 21 Baturetno, Banguntapan,  
 Bantul, Yogyakarta 55197  
 E-mail : info@btkljogja.or.id

Telp. : (0274) 371588 Hunting, 443283  
 Fax. : (0274) 443284  
 Website : www.btkljogja.or.id

Nomor : PM.05.04/VIII.3 / *156* /2015  
 Lampiran : Dua lembar  
 Hal : Hasil pengujian spesimen  
 kesehatan lingkungan

29 JUN 2015

00001055

Yang terhormat,  
 Sdr. Henri Winandar  
 Mhs. Pasca Sarjana Ilmu Lingkungan UNDIP  
 Semarang

Bersama ini kami sampaikan hasil pengujian spesimen kesehatan lingkungan yang kami terima pada tanggal 4 Juni 2015.

**Hasil pengujian :**

FK. Air No. contoh uji : 7.251 K s.d 7.258 K, terlampir

**Biaya pengujian :** Rp. 1.312.000,-

(Satu juta tiga ratus dua belas ribu rupiah )

Sudilah diselesaikan dengan Bendaharawan Penerima Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Yogyakarta. Atau bisa ditransfer melalui Bank BNI 46 Yogyakarta No.Rekening : 0148616056 a.n. BPN 030 BBTCLPP Yogyakarta. Apabila pembayaran melalui rekening, mohon bantuan kiranya dapat memberitahukan kepada kami (Sunarsih : 081328206711) atau bukti transfer di Fax ke no. 0274 – 443284.

Atas perhatian Saudara, kami ucapkan terima kasih.

An. Kepala,  
 Ka.Bag.Tata Usaha



**Dian Trikoriati, S.T., S.K.M., M.P.H.**  
 NIP 196207021984012001



**KEMENTERIAN KESEHATAN RI**  
**DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PENYAKIT DAN**  
**PENYEHATAN LINGKUNGAN**  
**BALAI BESAR TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN**  
**PENGENDALIAN PENYAKIT YOGYAKARTA**

Jalan Wiyoro Lor No. 21 Baturetno, Banguntapan, Telp. : (0274) 371588 Hunting, 443283  
 Bantul, Yogyakarta 55197 Fax. : (0274) 443284  
 E-mail : info@btkljogja.or.id Website : www.btkljogja.or.id

FR/III.3/12/Rev.7

LAPORAN HASIL UJI  
K/ 5 /2015

Hal. 1 dari 2 hal

Pengujian Laboratorium Fisika Kimia Air

No. contoh uji : 7.251 K s.d 7.258 K  
 Jenis contoh uji : Air badan air  
 Asal contoh uji : Henri Winandar, Mhs. Pasca Sarjana Ilmu Lingkungan UNDIP, Semarang, 30000214410023.  
 Pengambil contoh uji : Henri Winandar ( Pelanggan )  
 Tgl. diambil/diterima : 4-6-2015 / 4-6-2015  
 Tgl. Pengujian : 4-6-2015 s.d 25-6-2015  
 Uraian :

7.251 K. Contoh uji air badan air Sungai Siwaluh kode : hulu sungai.  
 7.252 K. Contoh uji air badan air Sungai Siwaluh kode : duplikat hulu sungai.  
 7.253 K. Contoh uji air badan air Sungai Siwaluh kode : segmen I.  
 7.254 K. Contoh uji air badan air Sungai Siwaluh kode : segmen II.

No	Parameter	satuan	Hasil uji				Methode Uji
			7.251 K	7.252 K	7.253 K	7.354 K	
1	Suhu*	°C	26,0	27,0	26,0	27,0	SNI 06-6989.23-2005
2	Residu terlarut	mg/L	.81	80	84	94	In House Methode
3	Residu tersuspensi	mg/L	23	16	26	12	In House Methode
4	pH*	-	7,1	7,2	7,2	7,1	SNI 06-6989.11-2004
5	BOD*	mg/L	3,3	2,3	3,1	2,6	SNI 6989.72-2009
6	COD*	mg/L	13,1	9,8	12,4	13,1	SNI 6989.2-2009
7	DO*	mg/L	5,3	5,6	5,3	5,3	APHA 2012,Section 4500.OG
8	Totoal Phospat sbg P	mg/L	0,0742	0,0637	0,1186	0,0633	APHA 2012,Section 4500.PB.5 & 4500-PD
9	NO <sub>3</sub> sbg N*	mg/L	0,61	0,68	0,97	0,54	APHA 2012,Section 4500.NO <sub>3</sub> -B
10	NH <sub>3</sub> -N	mg/L	0,0003	0,0021	0,0035	0,3582	SNI 06-2479-1991
11	NO <sub>2</sub> sbg N*	mg/L	0,0057	0,0049	0,0063	0,0078	SNI 06-6989.9-2004
12	Deterjen sbg MBAS	mg/L	0,0175	tak terdeteksi	0,0208	0,0067	SNI 06-6989.51-2005
13	Sulfat*	mg/L	6	6	6	10	SNI 6989.20-2009
14	Senyawa Phenol	mg/L	< 0,0215	< 0,0215	< 0,0215	< 0,0215	SNI 06-6989.21-2004
15	Cl*	mg/L	3,5	3,5	4,5	6,4	SNI 6989.19-2009

Keterangan : \* : parameter terakreditasi.  
 Contoh uji tidak diawetkan.

- Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji  
 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa ijin Manajer Puncak Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi BBTCL PP Yogyakarta, kecuali secara lengkap.  
 3. Semua parameter diuji di Laboratorium.

Yogyakarta, 25 Juni 2015  
 Deputi Manajer Teknik Lab. Fisika Kimia Air  
 Nila Cakrawati, S.T., M.Sc.  
 NIP. 196807301993032001



**KEMENTERIAN KESEHATAN RI**  
**DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PENYAKIT DAN**  
**PENYEHATAN LINGKUNGAN**  
**BALAI BESAR TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN**  
**PENGENDALIAN PENYAKIT YOGYAKARTA**

Jalan Wiyoro Lor No. 21 Baturetno, Banguntapan,  
 Bantul, Yogyakarta 55197  
 E-mail : info@btkljogja.or.id

Telp. : (0274) 371588 Hunting, 443283  
 Fax. : (0274) 443284  
 Website : www.btkljogja.or.id

FR/III.3/12/Rev.7

LAPORAN HASIL UJI  
K/ 2015

Hal. 2 dari 2 hal

Pengujian Laboratorium Fisika Kimia Air

No. contoh uji : 7.251 K s.d 7.258 K  
 Jenis contoh uji : Air badan air  
 Asal contoh uji : Henri Winandar, Mhs. Pasca Sarjana Ilmu Lingkungan UNDIP, Semarang, 30000214410023.  
 Pengambil contoh uji : Henri Winandar ( Pelanggan )  
 Tgl. diambil/diterima : 4-6-2015 / 4-6-2015  
 Tgl. Pengujian : 4-6-2015 s.d 25-6-2015  
 Uraian :

7.255 K. Contoh uji air badan air Sungai Siwaluh kode : segmen III.

7.256 K. Contoh uji air badan air Sungai Siwaluh kode : segmen IV.

7.257 K. Contoh uji air badan air Sungai Siwaluh kode : segmen V.

7.258 K. Contoh uji air badan air Sungai Siwaluh kode : segmen VI.

No	Parameter	satuan	Hasil uji				Methode Uji
			7.255 K	7.256 K	7.257 K	7.358 K	
1	Suhu*	°C	27,0	27,0	27,0	27,0	SNI 06-6989.23-2005
2	Residu terlarut	mg/L	141	184	242	376	In House Methode
3	Residu tersuspensi	mg/L	8	5	6	54	In House Methode
4	pH*	-	6,9	6,9	7,1	6,8	SNI 06-6989.11-2004
5	BOD*	mg/L	5,2	2,8	3,1	100,2	SNI 6989.72-2009
6	COD*	mg/L	27,2	19,8	25,3	520,0	SNI 6989.2-2009
7	DO*	mg/L	4,0	4,9	4,8	0,8	APHA 2012,Section 4500.OG
8	Totoal Phospat sbg P	mg/L	0,1342	0,1636	0,1279	0,2553	APHA 2012,Section 4500.PB.5 &4500-PD
9	NO <sub>3</sub> sbg N*	mg/L	1,59	2,83	1,46	0,83	APHA 2012,Section 4500.NO <sub>3</sub> -B
10	NH <sub>3</sub> -N	mg/L	0,0064	0,0029	0,0061	0,1214	SNI 06-2479-1991
11	NO <sub>2</sub> sbg N*	mg/L	0,0290	0,0290	0,314	0,0007	SNI 06-6989.9-2004
12	Deterjen sbg MBAS	mg/L	tak terdeteksi	tak terdeteksi	tak terdeteksi	0,4300	SNI 06-6989.51-2005
13	Sulfat*	mg/L	12	17	26	3	SNI 6989.20-2009
14	Senyawa Phenol	mg/L	< 0.0215	< 0.0215	< 0.0215	0.2022	SNI 06-6989.21-2004
15	Cl*	mg/L	12,4	18,4	17,9	110,2	SNI 6989.19-2009

Keterangan : \* : parameter terakreditasi.  
 Contoh uji tidak diawetkan.

- Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji  
 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa ijin  
 Manajer Puncak Laboratorium Penguji dan Kalibrasi BBTCL PP Yogyakarta, kecuali secara lengkap.  
 3. Semua parameter diuji di Laboratorium.

Yogyakarta, 25 Juni 2015  
 Deputi Manajer Teknik Lab. Fisika Kimia Air

Nila Cakrawati, S.T., M.Sc.  
 NIP. 196807301993032001

## Lampiran 17. Foto Alat dan Bahan



Pengukur Kedalaman



GPS



Condustivity Meter



pH Meter



Termometer



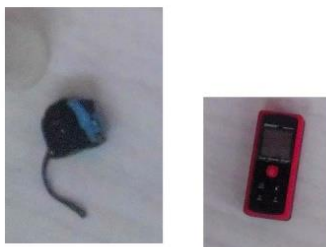
Sarung Tangan



DO Meter



StopWatch

Meteran Manual  
dan Digital

Kertas pH

Lampiran 18. Foto Lapangan Segmen 1-6



SEGMENT 1



SEGMENT 2



SEGMENT 3



SEGMENT 4



SEGMENT 5



SEGMENT 6

Lampiran 19. Hasil Sampling

