



**TUGAS AKHIR - RP 141501**

**SKENARIO PENGURANGAN BANJIR BERDASARKAN  
TATA GUNA LAHAN DI DAERAH ALIRAN SUNGAI  
KEDURUS MENGGUNAKAN MODEL HIDROLOGI  
SWAT**

**SANTIKA PURWITANINGSIH  
NRP 3613 100 008**

**Dosen Pembimbing :  
Adjie Pamungkas, ST., M.Dev.Plg., Ph.D**

**DEPARTEMEN PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**TUGAS AKHIR - RP141501**

**SKENARIO PENGURANGAN BANJIR  
BERDASARKAN TATA GUNA LAHAN DI  
DAERAH ALIRAN SUNGAI KEDURUS  
MENGUNAKAN MODEL HIDROLOGI SWAT**

**SANTIKA PURWITANINGSIH  
3613 100 008**

**Dosen Pembimbing  
Adjie Pamungkas, ST., M.Dev.Plg., Ph.D**

**DEPARTEMEN PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT - RP141501**

**THE SCENARIO OF FLOOD REDUCTION BASED  
ON LAND USE IN KEDURUS RIVER BASIN USING  
SWAT HYDROLOGY MODEL**

**SANTIKA PURWITANINGSIH  
3613 100 008**

**Advisor  
Adjie Pamungkas, ST., M.Dev.Plg., Ph.D**

**DEPARTMENT OF URBAN AND REGIONAL PLANNING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**SKENARIO PENGURANGAN BANJIR BERDASARKAN**  
**TATA GUNA LAHAN DI DAERAH ALIRAN SUNGAI**  
**KEDURUS MENGGUNAKAN MODEL HIDROLOGI**  
**SWAT**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**SANTIKA PURWITANINGSIH**

NRP. 3613 100 008

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

**Adjie Pamungkas, ST., M.Dev.Plg., Ph.D**

NIP. 197811 022002 121002



# **SKENARIO PENGURANGAN BANJIR BERDASARKAN TATA GUNA LAHAN DI DAERAH ALIRAN SUNGAI KEDURUS MENGGUNAKAN MODEL HIDROLOGI SWAT**

**Nama Mahasiswa** : Santika Purwitaningsih  
**NRP** : 3613 100 008  
**Jurusan** : Perencanaan Wilayah dan Kota  
**Dosen Pembimbing** : Adjie Pamungkas, ST., M.Dev.Plg., PhD.

## **Abstrak**

*Fenomena urbanisasi yang terjadi di kota-kota besar mengakibatkan peningkatan kebutuhan ruang kota dan alih fungsi lahan yang tinggi. Di Kota Surabaya, pertambahan luas lahan untuk permukiman dari tahun 2001 hingga tahun 2015 sebesar 4.556,16 Ha (37,2%). Hal ini berdampak pada peningkatan aliran permukaan sehingga dapat menyebabkan banjir. Pada tahun 2016, di Kecamatan Wiyung, Kota Surabaya, banjir mencapai kedalaman 1 meter, serta di Kecamatan Driyorejo yang juga termasuk dalam DAS Kedurus, kedalaman banjir mencapai 70 cm. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menentukan skenario tata guna lahan yang paling sesuai untuk mengurangi banjir di DAS Kedurus.*

*Metode analisis yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian adalah dengan menggunakan analisis model SWAT untuk mengetahui model hidrologi DAS Kedurus. Kemudian analisis sensitivitas disimulasikan untuk membangun skenario yang mungkin diterapkan di DAS Kedurus. Simulasi model berdasarkan skenario dilakukan untuk memperkirakan besaran pengurangan banjir. Selanjutnya, skenario tata guna lahan yang paling efektif dipilih dengan mempertimbangkan persentase pengurangan banjir.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume banjir yang terjadi di DAS Kedurus adalah sebesar 512.598,97 m<sup>3</sup> yang terjadi di 12 sub-DAS dari 27 sub-DAS. Penerapan skenario tata guna*

*lahan pada skenario 2 (terbaik) mampu mengurangi 44.320,32 m<sup>3</sup> volume banjir di seluruh DAS atau mampu menurunkan 8,11%. Rata-rata penurunan volume banjir di masing-masing sub-DAS sebesar 12,92% dengan penurunan volume banjir tertinggi terjadi di sub-DAS 22 (65,67%).*

***Kata kunci: Banjir, Daerah Aliran Sungai, Skenario Tata Guna Lahan, Water Sensitive City***

# THE SCENARIO OF FLOOD REDUCTION BASED ON LAND USE IN KEDURUS RIVER BASIN USING SWAT HYDROLOGY MODEL

**Name** : Santika Purwitaningsih  
**SRN** : 3613 100 008  
**Department** : Perencanaan Wilayah dan Kota  
**Advisor** : Adjie Pamungkas, ST., M.Dev.Plg., PhD.

## Abstract

*Urbanization phenomenon in big cities has increased the need for urban space and high land conversion. In Surabaya City, the additional land for residential from 2001 to 2015 was recorded at 4,556.16 Ha (37.2%). The addition has increased the surface run-off and potentially, causing flood. In 2016, at Wiyung Sub-District, Surabaya City, a flood was occurred and reached 1 meter in height, while in Driyorejo Sub-District as part of Kedurus River Basin, the flood has reached 70 cm. Based on these facts, this research aims to identify the most effective land use scenario in reducing the flood within Kedurus River Basin.*

*The analysis method employed to achieve the research objective was SWAT model to find out the hydrology model of Kedurus River Basin. Then, the sensitivity analysis is simulated in the hydrology model to build some potential scenarios of land uses. The model simulations based on selected scenarios were then performed to estimate the scale of the flood reduction for every scenario. Then, the most effective land use scenario is chosen by considering the percentage of flood reduction.*

*The result of the research shows that the volume of the flood in Kedurus River Basin was 512,598.97 m<sup>3</sup> and it occurred in 12 sub-river basins of 27 sub-river basins. The application of land use in scenario 2 (the best) has been successful in reducing 44,320.32 m<sup>3</sup> of flood volume in the entire river basin or 8.11% reduction. The average of flood volume reduction in individual sub-river*

*basin was 12.92% with the highest reduction occurred in sub-River Basin 22 (65.67%).*

***Keywords: Flood, River Basin, Land Use Scenario, Water Sensitive City***

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Wr. Wb.*

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku Tugas Akhir dengan judul “Skenario Pengurangan Banjir Berdasarkan Tata Guna Lahan di Daerah Aliran Sungai Kedurus Menggunakan Model Hidrologi SWAT”. Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Strata-1 di Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Selama proses penulisan buku ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari pihak-pihak lain sehingga makalah ini dapat terselesaikan dengan optimal. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah bersedia membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung, yaitu:

1. Orang tua penulis, Bapak Santoso dan Ibu Supartin S.Pd, yang selalu memberikan doa, motivasi, restu dan kasih sayang.
2. Bapak Adjie Pamungkas ST.,M.Dev.Plg.,Ph.D selaku Dosen Pembimbing Seminar dan Tugas Akhir yang telah dengan sabar memberikan bimbingan, masukan, nasehat, serta motivasi selama penyusunan buku Tugas Akhir ini.
3. Bapak Putu Gde Ariastita ST., MT., dan Ibu Dr. Ir. Rima Dewi Suprihardjo, MIP., selaku Dosen Wali selama Penulis mengenyam pendidikan di PWK ITS.
4. Bapak Cahyono Susetyo, ST., M.Sc., Bapak Ardy Maulidy Navastara, ST., MT., dan Bapak Nursakti Adhi Pratomoatmodjo ST., M.Sc., serta Bapak Tatas, ST., MT., selaku dosen penguji seminar, sidang pembahasan, dan sidang ujian atas saran dan masukan yang diberikan.

5. Teman-teman OSTEON, khususnya Ajeng, Fafa, Mada, Gung Ita, dan Fitri (teman seperjuangan Tugas Akhir) yang selalu memberikan dukungan dan motivasi.
6. Sahabat Fortension, Ocvan, yang selalu bersedia meluangkan waktu untuk berbagi cerita, pengalaman, dan motivasi.
7. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota atas seluruh bantuan, bimbingan, dan dukungan yang diberikan dalam penyusunan buku Tugas Akhir ini.
8. Pemerintah Kota Surabaya dan Pemerintah Daerah Kabupaten Gresik atas kemudahan perijinan yang diberikan selama melakukan penyusunan Tugas Akhir.
9. Super Junior, Yesung Kim Jong Hoon, Lee Kwang Soo, dan NCT yang karyanya telah memotivasi dan menyemangati Penulis selama menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Serta pihak-pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu atas semua bantuan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

Tak ada gading yang tak retak, penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat baik bagi penulis maupun bagi pembaca.

*Wassalamualaikum Wr. Wb.*

Surabaya, Juli 2017

Penulis,

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xx</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan dan Sasaran .....	5
1.4 Ruang Lingkup .....	5
1.4.1 Ruang Lingkup Wilayah .....	5
1.4.2 Ruang Lingkup Pembahasan .....	9
1.5 Manfaat Penelitian .....	9
1.5.1 Manfaat Teoritis .....	9
1.5.2 Manfaat Praktis .....	9
1.6 Sistematika Penulisan .....	10
1.7 Kerangka Berpikir .....	11
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>13</b>
2.1 <i>Water Sensitive City</i> .....	13
2.1.1 <i>Livable City</i> .....	13
2.1.2 <i>Productive City</i> .....	14
2.1.3 <i>Resilient City</i> .....	15
2.1.4 <i>Sustainable City</i> .....	16
2.2 Hidrologi Daerah Aliran Sungai .....	18
2.3 Banjir .....	20
2.4 Tata Guna Lahan Daerah Aliran Sungai .....	21
2.5 Keterkaitan antara <i>Water Sensitive City</i> , Hidrologi Daerah Aliran Sungai, Banjir dan Tata Guna Lahan .....	22
2.5.1 Kondisi Fisik DAS .....	24

2.5.2 Kondisi Iklim.....	25
2.5.3 Penggunaan Lahan .....	27
2.6 Penerapan Model Hidrologi SWAT di <i>Urban Watershed</i>	29
2.7 Sintesa Tinjauan Pustaka.....	31
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>33</b>
3.1 Pendekatan Penelitian.....	33
3.2 Jenis Penelitian .....	33
3.4 Populasi dan Sampel .....	39
3.5 Metode Pengambilan Data .....	39
3.5.1 Metode Pengambilan Data Primer .....	39
3.5.2 Metode Pengambilan Data Sekunder .....	39
3.6 Metode Analisis Data .....	40
3.7 Tahapan Penelitian .....	64
3.8 Kerangka Pemikiran Studi.....	66
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>67</b>
4.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian.....	67
4.1.1 Orientasi Wilayah Penelitian.....	67
4.1.2 Kondisi Fisik .....	68
4.1.3 Kondisi Iklim.....	73
4.1.4 Penggunaan Lahan .....	77
4.2 Analisis Kondisi Hidrologi DAS Kedurus Menggunakan Model Hidrologi SWAT .....	89
4.2.1 Delinasi DAS.....	89
4.2.2 Pembentukan <i>Hydrological Response Unit</i> (HRU) .....	93
4.2.3 Pembentukan Data Iklim.....	115
4.2.4 Proses Simulasi SWAT .....	115
4.2.4 Penghitungan Debit Saluran di DAS Kedurus .....	119
4.2.5 Identifikasi Sub-DAS yang Mengalami Banjir .....	125
4.3 Identifikasi Skenario Tata Guna Lahan untuk Mengurangi Banjir di DAS Kedurus.....	127
4.4 Menentukan Skenario Tata Guna Lahan yang Paling Sesuai dalam Mengurangi Banjir.....	141
<b>BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI.....</b>	<b>159</b>
5.1 Kesimpulan.....	159

5.2 Rekomendasi .....	160
<b>DAFTAR PUSATAKA .....</b>	<b>161</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>167</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Peta Batas Wilayah Penelitian .....	7
<b>Gambar 1.2</b> Kerangka Berpikir Penelitian .....	11
<b>Gambar 3.1</b> Menu <i>Watershed Delineation</i> .....	45
<b>Gambar 3.2</b> Menu (a) Pembentukan HRU dan (b) HRU <i>Definition</i> .....	47
<b>Gambar 3.3</b> Menu <i>Weather Generator</i> .....	48
<b>Gambar 3.4</b> Menu <i>Write Input Tables</i> .....	53
<b>Gambar 3.5</b> Proses Model SWAT.....	55
<b>Gambar 3.6</b> Menu <i>Run</i> SWAT.....	55
<b>Gambar 3.7</b> Titik Survey Kapasitas Saluran .....	57
<b>Gambar 3.8</b> Bagan Alir Penentuan Dimensi Saluran.....	59
<b>Gambar 3.9</b> Ilustrasi Penembakan Titik Patok.....	60
<b>Gambar 3.10</b> Kerangka Berpikir Penelitian .....	66
<b>Gambar 4.1</b> Peta Kemiringan Lereng DAS Kedurus .....	69
<b>Gambar 4.2</b> Peta Jenis Tanah DAS Kedurus .....	71
<b>Gambar 4.3</b> Grafik Rata-Rata Curah Hujan Bulanan Tahun 2004-2013.....	73
<b>Gambar 4.4</b> Grafik Rata-Rata Kelembapan Relatif Harian Tahun 2004-2013.....	74
<b>Gambar 4.5</b> Grafik Rata-Rata (a) Temperatur Maksimum dan (b) Temperatur Minimum Harian Tahun 2004-2013 .	75
<b>Gambar 4.6</b> Grafik Rata-Rata Kecepatan Angin Harian Tahun 2004-2013.....	76
<b>Gambar 4.7</b> Grafik Rata-Rata Radiasi Matahari Harian Tahun 2004-2013.....	77
<b>Gambar 4.8</b> Peta Penggunaan Lahan di DAS Kedurus.....	79
<b>Gambar 4.9</b> Persentase Penggunaan Lahan di DAS Kedurus....	89
<b>Gambar 4.10</b> Peta Pembagian Sub-DAS Wilayah Penelitian ....	91
<b>Gambar 4.11</b> Peta HRU DAS Kedurus.....	113
<b>Gambar 4.12</b> Grafik Debit Rata-Rata Harian Simulasi Bulan Maret 2016 .....	117
<b>Gambar 4.13</b> Siklus Hidrologi DAS Kedurus.....	119

**Gambar 4.14** Lokasi Titik Survey Debit Saluran..... 120

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Indikator <i>Livable City</i> .....	14
<b>Tabel 2.2</b> Indikator <i>Resilient City</i> .....	16
<b>Tabel 2.3</b> Indikator <i>Water Sensitive City</i> .....	17
<b>Tabel 2.4</b> Indikator Hidrologi DAS .....	19
<b>Tabel 2.5</b> Indikator Banjir.....	20
<b>Tabel 2.6</b> Indikator Tata Guna Lahan .....	22
<b>Tabel 2.7</b> Variabel Indikator Kondisi Fisik DAS .....	24
<b>Tabel 2.8</b> Variabel Indikator Kondisi Iklim.....	26
<b>Tabel 2.9</b> Variabel Indikator Penggunaan Lahan.....	27
<b>Tabel 2.10</b> Sintesa Tinjauan Pustaka .....	31
<b>Tabel 3.1</b> Indikator, Variabel, Definisi Operasional, dan Parameter Penelitian.....	34
<b>Tabel 3.2</b> Sumber Data Sekunder .....	40
<b>Tabel 3.3</b> Tahap Analisis Data.....	40
<b>Tabel 3.4</b> Data Input untuk Weather Generator.....	48
<b>Tabel 3.5</b> File Data Input untuk Analisis Hidrologi SWAT.....	53
<b>Tabel 4.1</b> Kondisi Tanah di DAS Kedurus .....	68
<b>Tabel 4.2</b> Kondisi Penggunaan Lahan di DAS Kedurus.....	81
<b>Tabel 4.3</b> Luas Masing-Masing Sub-DAS Kedurus .....	90
<b>Tabel 4.4</b> Reklasifikasi Penggunaan Lahan di DAS Kedurus Berdasarkan Model SWAT.....	93
<b>Tabel 4.5</b> HRU Sub-DAS 1 .....	95
<b>Tabel 4.6</b> HRU Sub-DAS 2 .....	96
<b>Tabel 4.7</b> HRU Sub-DAS 3 .....	96
<b>Tabel 4.8</b> HRU Sub-DAS 4 .....	97
<b>Tabel 4.9</b> HRU Sub-DAS 5 .....	98
<b>Tabel 4.10</b> HRU Sub-DAS 6 .....	99
<b>Tabel 4.11</b> HRU Sub-DAS 7 .....	99
<b>Tabel 4.12</b> HRU Sub-DAS 8 .....	100
<b>Tabel 4.13</b> HRU Sub-DAS 9 .....	101
<b>Tabel 4.14</b> HRU Sub-DAS 10 .....	101

<b>Tabel 4.15</b> HRU Sub-DAS 11 .....	102
<b>Tabel 4.16</b> HRU Sub-DAS 12 .....	103
<b>Tabel 4.17</b> HRU Sub-DAS 13 .....	103
<b>Tabel 4.18</b> HRU Sub-DAS 14 .....	104
<b>Tabel 4.19</b> HRU Sub-DAS 15 .....	104
<b>Tabel 4.20</b> HRU Sub-DAS 16 .....	105
<b>Tabel 4.21</b> HRU Sub-DAS 17 .....	106
<b>Tabel 4.22</b> HRU Sub-DAS 18 .....	106
<b>Tabel 4.23</b> HRU Sub-DAS 19 .....	107
<b>Tabel 4.24</b> HRU Sub-DAS 20 .....	107
<b>Tabel 4.25</b> HRU Sub-DAS 21 .....	108
<b>Tabel 4.26</b> HRU Sub-DAS 22 .....	108
<b>Tabel 4.27</b> HRU Sub-DAS 23 .....	109
<b>Tabel 4.28</b> HRU Sub-DAS 24 .....	110
<b>Tabel 4.29</b> HRU Sub-DAS 25 .....	110
<b>Tabel 4.30</b> HRU Sub-DAS 26 .....	111
<b>Tabel 4.31</b> HRU Sub-DAS 27 .....	112
<b>Tabel 4.32</b> Penghitungan Debit Saluran .....	121
<b>Tabel 4.33</b> Identifikasi Sub-DAS yang Mengalami Banjir .....	125
<b>Tabel 4.34</b> Uji Variabel yang Memiliki Pengaruh Signifikan dalam Mengurangi Debit di Sub-DAS yang Mengalami Banjir .....	129
<b>Tabel 4.35</b> Hasil Simulasi Penerapan Skenario 1 .....	143
<b>Tabel 4.36</b> Hasil Simulasi Penerapan Skenario 2 .....	151
<b>Tabel 4.37</b> Perbandingan Penurunan Volume Banjir Tiap Skenario .....	153

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran A.</b> Data Rata-Rata Bulanan Curah Hujan Tahun 2004-2013 .....	167
<b>Lampiran B.</b> Data Rata-Rata Harian Kelembaban Relatif Tahun 2004-2013 .....	168
<b>Lampiran C.</b> Data Rata-Rata Harian Temperatur Maksimum Tahun 2004-2013 .....	169
<b>Lampiran D.</b> Data Rata-Rata Harian Temperatur Minimum Tahun 2004-2013 .....	170
<b>Lampiran E.</b> Data Rata-Rata Harian Kecepatan Angin Tahun 2004-2013 .....	171
<b>Lampiran F.</b> Data Rata-Rata Harian Radiasi Matahari Tahun 2004-2013 .....	172
<b>Lampiran G.</b> Data Generator Iklim.....	173
<b>Lampiran H.</b> Hasil Simulasi SWAT ( <i>file .sub</i> ).....	174
<b>Lampiran I.</b> Grafik Hasil Simulasi Debit Harian Rata- Rata Tahun 2016.....	175
<b>Lampiran J.</b> Dimensi Sungai di Titik Survey Kapasitas Sungai .....	187
<b>Lampiran K.</b> Hasil Analisis Sensitivitas.....	215

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

*Water Sensitive City* adalah suatu konsep dimana sebuah kota menjadi lebih berkelanjutan tentang sumber daya air di dalamnya. Manajemen dan perencanaan air perkotaan yang dianggap paling baik adalah yang mampu melindungi dan mempertahankan keuntungan dan pelayanan dari siklus air yang sangat dipengaruhi oleh masyarakat, termasuk di dalamnya adalah perlindungan terhadap banjir (Wong & Brown, 2009). Banjir adalah keadaan dimana lahan yang semula kering menjadi tergenang air (Seyhan & Subagyo, 1990) sehingga dapat menyebabkan kerugian secara sosial maupun ekonomi (Sudarto, 2009). Salah satu penyebab dari banjir adalah kemampuan infiltrasi tanah yang rendah (Seyhan & Subagyo, 1990). Infiltrasi adalah proses masuknya air hujan ke dalam tanah menjadi air tanah. Infiltrasi dipengaruhi oleh beberapa hal, termasuk kondisi tutupan tanah (Chow, Maidment, & Mays, 1988). Perlindungan terhadap banjir dalam WSC salah satunya dapat dicapai dengan pengaturan tata guna lahan yang mampu mengurangi angka limpasan permukaan (Wong & Brown, 2009).

Indonesia sebagai salah satu negara berkembang, masih menghadapi permasalahan besar dalam perkembangan kota-kotanya. Fenomena urbanisasi yang terjadi di kota-kota besar mengakibatkan peningkatan kebutuhan ruang kota, seperti fasilitas perumahan, yang merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia (Machyus, 2006). Perkembangan yang pesat dan fenomena urbanisasi ke perkotaan yang semakin hari kian meningkat menambah kontribusi keterbatasan lahan (Herdiana, 1995 *dalam* Masitoh, 2003) sehingga sumber daya lahan menjadi semakin penting, seiring bertambahnya jumlah penduduk yang tinggi serta akibat dari berkembangnya kegiatan perekonomian (Rustiadi, Saefulhakim, & Panuju, 2009). Alih fungsi lahan dari lahan tak

terbangun menjadi lahan terbangun berkontribusi penting dalam menambah terjadinya genangan dan banjir. Dampak dari alih fungsi lahan (*land use*) dari lahan persawahan/tegalan menjadi permukiman, terutama pada daerah resapan (*recharge area*) adalah terjadinya pengurangan aliran dasar (*base flow*) dan pengisian air tanah (infiltrasi), dan sebaliknya terjadi peningkatan volume limpasan air permukaan (*surface runoff*) sehingga menyebabkan terjadinya ketidak-seimbangan tata air atau juga disebut sebagai perubahan siklus hidrologi (Sudarto, 2009). Perubahan tata guna lahan pada daerah aliran sungai memberikan pengaruh yang signifikan terhadap debit banjir (Jayadi, 2000). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Aryanto (2010), perubahan penutup lahan di seluruh sub-DAS memberikan kontribusi kenaikan volume air sebesar 9,84% dan kenaikan debit puncak sebesar 4,13%. Sebaliknya, dengan melakukan konservasi di sub-DAS, volume air akan turun sebesar 10,7% dan debit puncak juga akan turun sebesar 5,67%. Di samping itu, pada penelitian yang dilakukan oleh Amalia (2011) menunjukkan bahwa perubahan tata guna lahan pada DAS Progo di Badran memberikan kontribusi perubahan nilai  $C_{\text{komposit}}$  sebesar 3,2% dalam jangka waktu 20 tahun (1981-2001) dimana perubahan nilai  $C_{\text{komposit}}$  sebesar 2,7% telah menyebabkan peningkatan debit sebesar 16,3% berdasarkan analisa hidrograf satuan terukur tahun 2006-2010.

Provinsi Jawa Timur menjadi provinsi dengan pertumbuhan ekonomi yang tinggi dan stabilitas inflasi yang mantap (Perkembangan Gresik Sebagai Kota Industri Semakin Meningkat, 2012). Gerbangkertosusila merupakan salah satu Kawasan Strategis Nasional yang ada di Provinsi Jawa Timur. Dalam Raperpres Rencana Tata Ruang Kawasan Perkotaan Gerbangkertosusila, Kawasan Perkotaan Gerbangkertosusila direncanakan sebagai pusat pertumbuhan ekonomi nasional. Kota Surabaya yang merupakan kawasan perkotaan inti Gerbangkertosusila memiliki angka urbanisasi yang tinggi. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, pada tahun 2014, Surabaya memiliki jumlah penduduk datang sebesar 67.416 jiwa

atau meningkat 3,64% dari tahun sebelumnya. Pertumbuhan ekonomi Kota Surabaya juga tinggi yaitu mencapai angka 7,62% pada tahun 2012. Angka pertumbuhan ekonomi ini terus meningkat dibandingkan dengan tahun 2009 yang mencapai 5,53%. Tingginya urbanisasi dan pertumbuhan ekonomi di Kota Surabaya menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan lahan. Pada tahun 2015, luas area permukiman di Kota Surabaya mencapai 16.803,90 ha atau sebesar 50,31% dari luas Kota Surabaya (Zulkarnain, 2016). Pertumbuhan ekonomi yang tinggi juga dialami oleh Kabupaten Gresik yang merupakan salah satu kawasan perkotaan pendukung Gerbangkertosusila. Selain sebagai satu-satunya kawasan industri di Gerbangkertosusila yang mampu menyediakan kebutuhan, di Kabupaten Gresik juga berkembang kawasan bisnis di Kecamatan Kebomas, Kecamatan Gresik, Kecamatan Driyorejo, dan Kecamatan Wringinanom (Perkembangan Gresik Sebagai Kota Industri Semakin Meningkat, 2012). Selain sebagai kawasan bisnis, menurut RTRW Kabupaten Gresik Tahun 2010-2030, Kecamatan Driyorejo juga dikembangkan permukiman perkotaan.

Di dalam wilayah Kecamatan Driyorejo dan Kota Surabaya terdapat sistem pengaliran Kali Kedurus. Kali ini memiliki hulu di daerah Driyorejo Kabupaten Gresik dan bermuara di Kali Surabaya bagian hilir bendung Gunungsari yang termasuk dalam wilayah administrasi Kecamatan Wiyung. Daerah Aliran Sungai Kedurus memiliki luas sebesar 6.239 ha dan panjang sungai  $\pm$  18 km dari hulu hingga pertemuan dengan Kali Surabaya (Dinas PU Bina Marga dan Pematusan, 2001). Kawasan di sekitar aliran Kali Kedurus sering mengalami banjir ketika musim penghujan tiba. Di wilayah Driyorejo, banjir mencapai ketinggian 70 cm dan merupakan banjir terparah di Kabupaten Gresik (Perdana, 2016). Sementara itu, di wilayah Kota Surabaya, banjir terparah terjadi di daerah Wiyung. Banjir yang terjadi mencapai ketinggian hingga 1 meter (Sugiharto, 2016) dan banjir Sungai Kedurus membuat wilayah tergenang lebih dari 100 ha (Bappeko Surabaya, 2011). Padahal menurut RTRW Kota Surabaya Tahun 2014-2034, Kecamatan Wiyung yang termasuk dalam Unit Pengembangan

Wiyung memiliki fungsi kegiatan utama untuk permukiman terutama pengembangan perumahan dan permukiman kepadatan sedang, pendidikan, industri, dan lindung terhadap alam. Dengan permasalahan banjir yang terjadi saat ini mengingat pertumbuhan kota yang terus meningkat, maka diperlukan adanya langkah-langkah untuk mengendalikan banjir di DAS Kedurus.

Saat ini, pengendalian banjir di Kota Surabaya dan Kabupaten Gresik masih berupa penambahan saluran drainase konvensional, dan pembangunan pompa air, dan pemaksimalan fungsi pintu air (Handayani, 2016). Namun pengendalian banjir dengan metode tersebut masih belum tepat mengingat saat ini luas lahan terbangun di DAS Kedurus sudah melebihi 50% luas DAS sehingga upaya penambahan saluran drainase dan penambahan kapasitas sungai sulit dilakukan. Oleh karena itu diperlukan upaya lain untuk mengendalikan banjir di DAS Kedurus, salah satunya melalui pengaturan penggunaan lahannya. Pengaturan penggunaan lahan di DAS sangat dipengaruhi dan saling mempengaruhi kondisi hidrologis DAS tersebut (Triatmodjo, 2006). Asdak (1995) juga menyebutkan bahwa pengetahuan tentang proses hidrologi dalam suatu DAS bermanfaat dalam pengembangan sumber daya alam dalam skala DAS. Untuk itu perlu pendekatan simulasi hidrologi yang bertujuan untuk menggambarkan sistem hidrologi dari suatu DAS. *Soil & Water Assessment Tools* merupakan alat analisis model hidrologi yang dikembangkan oleh Texas A&M University. SWAT merupakan alat analisis yang sudah banyak digunakan oleh peneliti untuk menganalisis model hidrologi suatu DAS (*watershed*). Dalam penelitian ini, model hidrologi SWAT digunakan untuk mengetahui kondisi hidrologi DAS Kedurus sekaligus untuk mendukung penentuan skenario tata guna lahan yang tepat untuk mengurangi banjir di DAS Kedurus.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Fenomena pertumbuhan penduduk yang pesat mengakibatkan peningkatan permintaan akan lahan untuk permukiman dan kegiatan ekonomi. Perkembangan yang pesat dan

fenomena urbanisasi ke perkotaan yang semakin hari semakin meningkat menambah kontribusi keterbatasan lahan. Alih fungsi lahan dari konservasi menjadi budidaya mengakibatkan peningkatan volume air permukaan pada musim penghujan yang berdampak pada terjadinya banjir. Sebagian wilayah DAS Kedurus merupakan daerah rawan banjir dimana banjir selalu terjadi ketika musim penghujan tiba dengan kedalaman hingga melebihi 1 meter. Sementara itu, daerah di sekitar DAS Kedurus merupakan daerah yang penting bagi perekonomian Kota Surabaya dan Kabupaten Gresik.

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, pertanyaan yang diajukan dalam penelitian ini adalah *“Bagaimana skenario tata guna lahan yang sesuai untuk mengurangi banjir di DAS Kedurus?”*

### **1.3 Tujuan dan Sasaran**

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan skenario tata guna lahan yang sesuai untuk mengurangi banjir di DAS Kedurus. Adapun sasaran dari penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi kondisi hidrologi DAS Kedurus menggunakan model hidrologi SWAT
2. Mengidentifikasi skenario tata guna lahan yang berpotensi untuk diterapkan di DAS Kedurus untuk mengurangi banjir
3. Menentukan skenario tata guna lahan yang paling sesuai dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus

### **1.4 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup penelitian ini dibagi menjadi tiga yaitu ruang lingkup wilayah, ruang lingkup pembahasan, dan ruang lingkup substansi.

#### **1.4.1 Ruang Lingkup Wilayah**

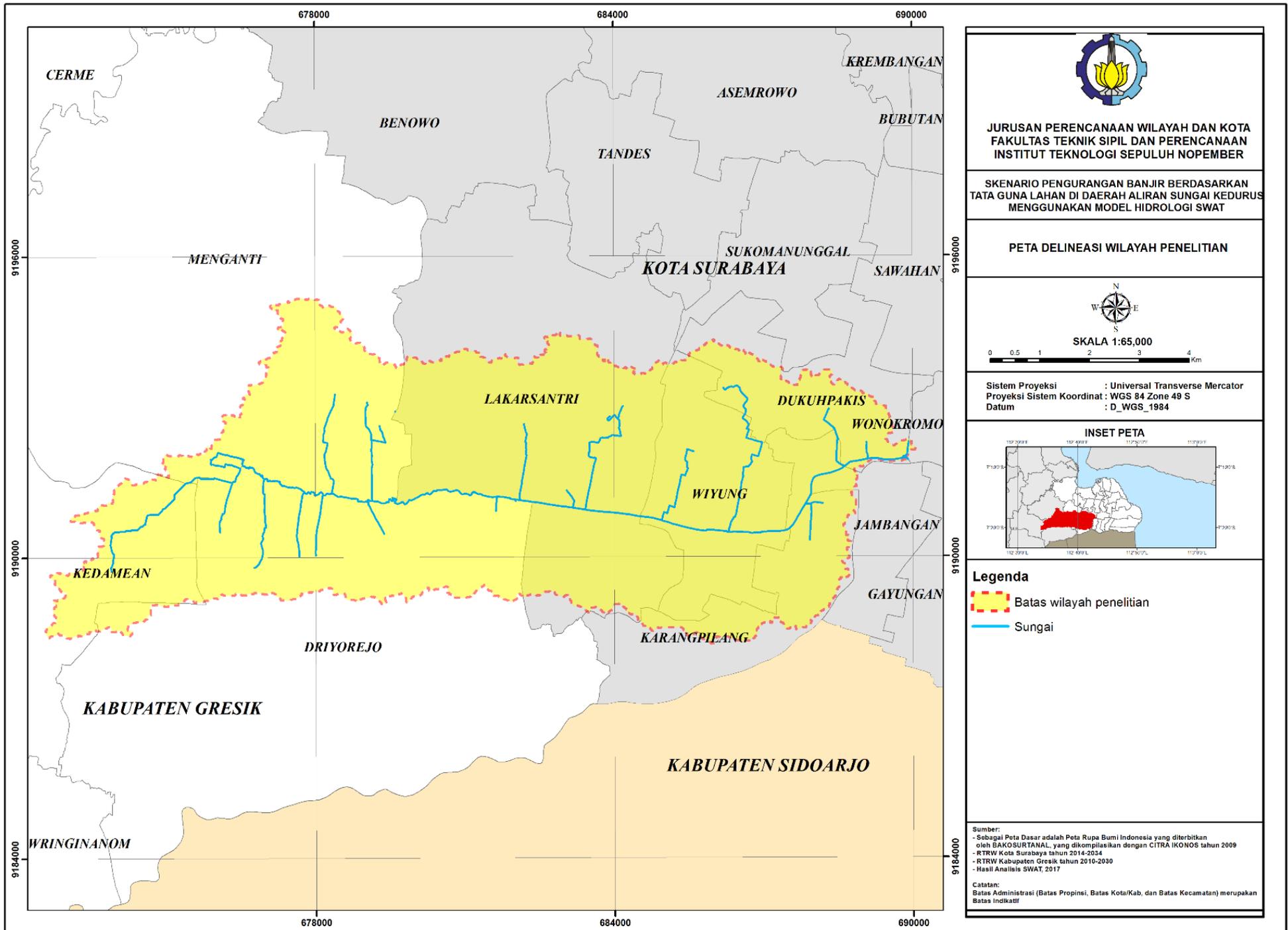
Adapun ruang lingkup wilayah pada penelitian ini dibatasi pada Daerah Aliran Sungai Kedurus, yang termasuk dalam wilayah administrasi Kabupaten Gresik dan Kota Surabaya bagian barat. Daerah Aliran Sungai Kedurus yang menjadi wilayah penelitian

merupakan hasil deliniasi wilayah berdasarkan kondisi fisik menggunakan *software* ArcSWAT2012 dengan input data peta DEM IFSAR tahun 2013 dengan ukuran *cell* 3 m x 3 m. Wilayah penelitian memiliki luas wilayah sebesar 7.270,10 ha dan masuk ke dalam wilayah administrasi Kecamatan Wiyung, Lakarsantri, Driyorejo, Kedamean, Menganti, dan sebagian kecil Kecamatan Jambangan dan Karangpilang.

Batas administrasi wilayah penelitian adalah sebagai berikut:

- Sebelah utara : Kec.Lakarsantri
- Sebelah timur : Kec. Jambangan
- Sebelah selatan : Kec. Karangpilang dan Kab. Sidoarjo
- Sebelah barat : Kec. Kedamean dan Kec. Menganti

Adapun peta batas administrasi wilayah penelitian dapat dilihat dalam **Gambar 1.1**.



**Gambar 1.1 Peta Batas Wilayah Penelitian**

Sumber: Penulis, 2017

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

### **1.4.2 Ruang Lingkup Pembahasan**

Materi yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah penentuan skenario tata guna lahan yang sesuai untuk mengurangi banjir di DAS Kedurus yang terbatas dengan hanya menggunakan materi yang berkaitan dengan model hidrologi SWAT.

Skenario adalah apa yang mungkin dan/atau dapat, bukan seharusnya, terjadi di masa depan yang disajikan dalam bentuk deskripsi atau cerita. Skenario dapat digunakan untuk mengidentifikasi alternatif-alternatif masa depan dan mengidentifikasi langkah-langkah yang dapat menyebabkan hal-hal tersebut muncul (Ogilvy, 2015).

Adapun teori yang digunakan dalam penelitian ini adalah teori *Water Sensitive City*, teori tentang hidrologi Daerah Aliran Sungai, teori banjir, teori tata guna lahan, serta teori permodelan yang masih terkait dengan penelitian ini yaitu *modelling* hidrologi menggunakan *software* ArcSWAT.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

### **1.5.1 Manfaat Teoritis**

Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah memberikan kontribusi pengembangan ilmu pada bidang perencanaan kawasan terutama berkaitan dengan topik *Water Sensitive City*, dan hidrologi Daerah Aliran Sungai dan penggunaan alat analisis ArcSWAT.

### **1.5.2 Manfaat Praktis**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan bagi Pemerintah Kota Surabaya dan Pemerintah Daerah Kabupaten Gresik dalam melakukan penyempurnaan rencana tata ruang yang ada.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

**BAB I PENDAHULUAN**, berisi latar belakang studi, rumusan masalah penelitian, tujuan serta sasaran, ruang lingkup materi bahasan dan wilayah, serta sistematika penulisan dari penelitian.

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**, berisi hasil studi literatur teoritis dan normatif yang berupa dasar-dasar teori dan referensi yang terkait dengan obyek penelitian.

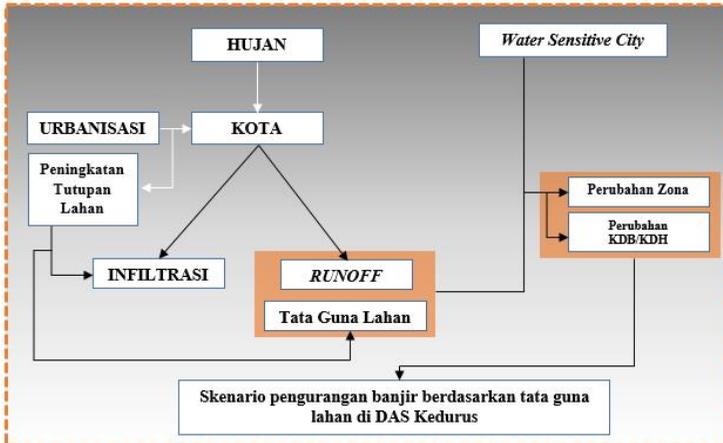
**BAB III METODE PENELITIAN**, bab ini berisi tentang pendekatan dan tahapan yang digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian dan tujuan penelitian. Bagian ini terdiri dari pendekatan penelitian, jenis penelitian, teknik sampling, pengumpulan data, organisasi variabel, teknik analisis data, dan tahapan penelitian.

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**, bab ini berisi hasil data atau informasi dan pembahasan analisis.

**BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI**, memuat rincian kesimpulan serta rekomendasi dari hasil penelitian.

## 1.7 Kerangka Berpikir

Adapun dalam penelitian ini, alur kerangka berpikir peneliti, dapat dilihat pada **Gambar 1.2** berikut.



**Gambar 1.2 Kerangka Berpikir Penelitian**

*Sumber: Penulis, 2017*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 *Water Sensitive City***

Sebuah kota dapat dikatakan sebagai kota yang sensitif terhadap air apabila kota berfungsi sebagai resapan air yang potensial, yang mampu menyediakan sumber air dalam skala yang berbeda dan untuk penggunaan yang berbeda, kota menyediakan layanan ekosistem bagi lingkungan terbangun maupun yang alami serta adanya masyarakat yang memiliki pengetahuan dan keinginan untuk membuat pilihan yang bijak tentang air, yang aktif dalam perumusan keputusan, serta mendemonstrasikan perilaku yang positif terhadap air (Wong & Brown, 2009). *Water Sensitive City* juga dapat dikatakan sebagai kota yang layak huni (*livable*), produktif (*productive*), memiliki ketahanan (*resilient*), dan berkelanjutan (*sustainable*) (Beck, et al., 2016).

##### **2.1.1 *Livable City***

*Liveable city* sangat berkaitan dengan lingkungan. Seperti yang dikatakan oleh Evans (2002), *livability* memiliki dua komponen, yang pertama adalah mata pencaharian, dan yang kedua adalah keberlanjutan ekologi. Dalam mewujudkan konsep *Livable City* harus didukung dengan *sustainable city*, agar perencanaan ruang kota dapat terwujud sesuai rencana. Dalam hal ini keberlanjutan adalah kemampuan untuk mempertahankan kualitas hidup yang dibutuhkan oleh masyarakat kota saat ini maupun masa depan. Untuk menjadi layak huni, kota harus menyediakan kedua hal tersebut, menyediakan mata pencaharian untuk penduduk, dengan cara-cara yang melestarikan kualitas lingkungan hidup.

Dalam mewujudkan kota yang layak huni atau *Livable City* harus memuat prinsip-prinsip dasarnya. Lennard (1997) mengemukakan bahwa prinsip-prinsip dari *Livable City* antara lain tersedianya berbagai kebutuhan dasar masyarakat perkotaan berupa hunian yang layak, air bersih, dan listrik; tersedianya

berbagai fasilitas umum dan fasilitas sosial seperti transportasi publik, taman kota, fasilitas ibadah dan kesehatan; tersedianya ruang/tempat publik untuk bersosialisasi dan berinteraksi; keamanan yang membuat bebas dari rasa takut; mendukung fungsi ekonomi, sosial, dan budaya; serta sanitasi lingkungan dan keindahan lingkungan fisik. Sementara itu, Douglas (2002) mengatakan bahwa *Livable City* memiliki empat pilar, yaitu: meningkatkan akses kesempatan hidup untuk kesejahteraan masyarakat; penyediaan lapangan pekerjaan; lingkungan yang aman dan bersih untuk kesehatan, kesejahteraan, dan mempertahankan pertumbuhan ekonomi; serta adanya *good governance*.

**Tabel 2.1 Indikator *Livable City***

<b>Lennard (1997)</b>	<b>Douglas (2002)</b>	<b>Indikator Terpilih</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tersedianya hunian yang layak, air bersih, dan listrik</li> <li>• Tersedianya fasilitas umum dan sosial</li> <li>• Tersedianya ruang publik untuk berinteraksi</li> <li>• Keamanan</li> <li>• Mendukung fungsi ekonomi, sosial, dan budaya</li> <li>• Sanitasi dan keindahan lingkungan fisik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meningkatkan akses kesempatan hidup untuk kesejahteraan masyarakat</li> <li>• Penyediaan lapangan pekerjaan</li> <li>• Lingkungan yang aman dan bersih</li> <li>• <i>Good governance</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tersedianya ruang publik yang mendukung fungsi lingkungan</li> </ul>

*Sumber: Diolah dari Berbagai Sumber, 2017*

### **2.1.2 *Productive City***

*Productive city* atau kota yang produktif adalah sebuah kota yang di dalamnya terdapat berbagai aktivitas yang produktif

meliputi aktivitas komersial, kerajinan, produksi, logistik dan pertokoan dalam ruang perkotaan yang tangguh, ramah, dan terbuka (Productive Cities: European 14 Theme). Dari pengertian di atas dapat disimpulkan bahwa kota yang produktif adalah kota yang didalamnya terdapat aktivitas yang menghasilkan nilai ekonomi. Dalam konteks WSC, *productivity* yang dimaksud juga merupakan produktivitas yang berkaitan dengan air.

### **2.1.3 Resilient City**

Resiliensi adalah kemampuan untuk mengatasi dan beradaptasi terhadap kejadian yang berat atau masalah yang terjadi dalam kehidupan (Reivich & Shatte, 2002). Menurut Beck dkk., resiliensi adalah kapasitas untuk memelihara fungsi dari sebuah pelayanan melalui jangkauan kondisi yang luas, termasuk guncangan, melalui pemulihan dan adaptasi. Memastikan resiliensi sosio-teknik, dan mengatasi kerentanan sistem terhadap perubahan iklim dan pertumbuhan populasi, adalah keadaan yang penting bagi *Water Sensitive City*. Ketika sebuah kota berada dalam kondisi “*resilient*”, gangguan sistem seperti banjir, kekeringan, dan degradasi kualitas badan air memberikan potensi untuk membuat peluang bagi inovasi dan lintasan pengembangan yang baru dan yang lebih berkelanjutan (Wong & Brown, 2009).

Ada 10 cara yang bisa dilakukan agar suatu kota memiliki ketahanan dalam menghadapi bahaya menurut UNISDR (2012) antara lain: menciptakan organisasi dan koordinasi untuk memahami dan mengurangi resiko bencana berdasarkan partisipasi kelompok-kelompok masyarakat dan masyarakat sipil; menyiapkan anggaran dalam upaya pengurangan resiko bencana dan penguatan kapasitas masyarakat, lembaga pendidikan, kesehatan, dll.; menjaga keterbaruan data bahaya/ancaman dan kerentanan dalam upaya pengkajian resiko bencana; melakukan invensi dalam upaya perlindungan, peningkatan dan ketangguhan infrastruktur; melakukan perlindungan fasilitas sekolah dan rumah sakit; membangun regulasi dan perencanaan penggunaan lahan; memastikan terlaksananya program pendidikan dan pelatihan untuk meningkatkan kesadaran publik; melakukan perlindungan

terhadap lingkungan dan ekosistem; memasang peralatan peringatan dini dan penguatan kapasitas manajemen tanggap darurat; serta pemulihan dan pembangunan komunitas kembali paska bencana. Pemulihan dan pembangunan kembali berupa mengatur kembali tata ruang berbasis penggunaan resiko bencana dan harus melibatkan komunitas terdampak untuk memetakan kebutuhan.

**Tabel 2.2 Indikator *Resilient City***

UNISDR (2012)	Indikator Terpilih
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partisipasi masyarakat dalam menangani bencana</li> <li>• Anggaran dana</li> <li>• Keterbaruan data bahaya/ ancaman</li> <li>• Invensi dalam upaya perlindungan, peningkatan dan ketangguhan infrastruktur</li> <li>• Perlindungan terhadap fasilitas sekolah dan rumah sakit</li> <li>• Regulasi dan perencanaan tata guna lahan berbasis mitigasi bencana</li> <li>• Pendidikan dan pelatihan untuk membangun kesadaran publik</li> <li>• Perlindungan terhadap lingkungan dan ekosistem</li> <li>• Kapasitas manajemen tanggap darurat</li> <li>• Pemulihan dan pembangunan kembali paska bencana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keterbaruan data bahaya/ ancaman</li> <li>• Regulasi dan perencanaan tata guna lahan berbasis mitigasi bencana</li> <li>• Perlindungan lingkungan dan ekosistem</li> </ul>

*Sumber: Diolah dari Berbagai Sumber, 2017*

#### **2.1.4 Sustainable City**

Berkelanjutan merujuk pada aksi dan jalan yang dapat dipelihara untuk waktu yang lama (Chiras & Corson, 1997). Dalam

*Stockholm United Nation Conference on Human Environmental* pada tahun 1972, berkelanjutan adalah tersedianya sumber daya alam di bumi, termasuk udara, air, tanah, flora, dan fauna, terutama yang mewakili bagian ekosistem untuk kepentingan generasi sekarang dan masa depan. Berkelanjutan dalam konteks *Water Sensitive City* terkait dengan daya dukung lingkungan ekologi dan sosial ekonomi untuk memenuhi kebutuhan yang berkaitan dengan air (Beck, et al., 2016). Menurut Atkinson (1992), *sustainable city* juga dapat dianggap sebagai kapasitas dari perkotaan untuk menghasilkan dan mempertahankan kondisi lingkungan yang memadai, aman, dan lingkungan sosial yang harmonis, sehat, dan berkualitas, dimana lingkungan tersebut mampu menjamin kealamian/keasrian ekosistem pendukung. Tujuan dari pencapaian *sustainable city* adalah untuk menjadikan kota yang aman, sehat, memiliki daya tarik dari segi tampilan dan budaya, kota yang fungsional dan efisien (*functional and efficient city*), serta yang menjunjung tinggi rasa keadilan (*equity city*).

*Water Sensitive Cities* merupakan perpaduan dari dimensi-dimensi yang telah dibahas pada **subbab 2.1.1** hingga **subbab 2.1.4**. Dari pembahasan di atas diperoleh indikator untuk *Water Sensitive Cities*.

**Tabel 2.3 Indikator *Water Sensitive City***

Tujuan	Indikator
<i>Livable, productive, resilient, sustainable</i>	Air adalah elemen kunci dalam perencanaan dan perancangan kota
	Akses terhadap perlindungan banjir
	Kualitas dan pengisian kembali air tanah
	Melindungi wilayah eksisting yang memiliki nilai ekologi yang tinggi
	Mengaktifkan konektivitas antara ruang hijau dan ruang biru
	Tutupan vegetasi

Sumber: Beck, et al., 2016

## 2.2 Hidrologi Daerah Aliran Sungai

Menurut UU No.37 Tahun 2012, daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Menurut Baja (2012), daerah aliran sungai adalah suatu kesatuan ekosistem daratan yang dipisahkan dari wilayah lain di sekitarnya oleh pemisah alam topografi yang secara alami berfungsi menerima, menampung, dan mengalirkan air melalui sungai utama ke laut atau danau. Asdak (1995) menyatakan bahwa daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang menerima, menampung, dan menyimpan air hujan untuk kemudian disalurkan ke laut atau danau melalui sungai utama. Sementara itu, Triatmodjo (2006) mengatakan bahwa daerah aliran sungai merupakan daerah yang dibatasi oleh pegunungan di mana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama. Dari pengertian di atas, dapat diketahui bahwa daerah aliran sungai merupakan ekosistem yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air hujan menuju laut atau danau secara alami.

Pengertian DAS di atas menggambarkan bahwa aspek hidrologi sangat berpengaruh pada suatu ekosistem DAS. Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, meliputi terjadinya, peredaran, penyebaran, sifat-sifat serta hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup. Fokus utama dalam hidrologi adalah siklus hidrologi, yang terdiri dari proses yang berlangsung secara terus menerus (Mays, 2001). Siklus hidrologi merupakan proses kontinyu berawal dari air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi (Triatmodjo, 2006). Komponen-komponen siklus hidrologi meliputi presipitasi, infiltrasi, evaporasi dan evapotranspirasi dan limpasan permukaan (*runoff*) (Chow, Maidment, & Mays, 1988). Dalam proses siklus hidrologi, air di permukaan tanah dan laut

menguap ke udara dan terus bergerak naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya, titik-titik air tersebut jatuh menjadi hujan yang turun ke permukaan tanah. Kemudian air hujan yang turun sebagian dialirkan ke dalam tanah, dan sebagian lagi yang tidak mampu terserap oleh tanah menjadi aliran permukaan atau limpasan permukaan (*runoff*) dan kembali menuju ke laut/danau. Kondisi hidrologi dari suatu DAS sangat dipengaruhi oleh kondisi klimatologi, dan kondisi lahan (Triatmodjo, 2006). Sementara itu menurut Rahayu, Widodo, van Noordwijk, Suryadi, & Verbist (2009), karakteristik fisik DAS merupakan hal dasar yang menentukan proses hidrologi pada DAS, sementara karakteristik sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat adalah hal yang mempengaruhi percepatan perubahan kondisi hidrologi DAS.

**Tabel 2.4 Indikator Hidrologi DAS**

Sumber Teori		Indikator Terpilih
Triatmodjo (2006)	Rahayu et.al (2009)	
- Kondisi lahan - Kondisi iklim	- Karakteristik fisik DAS - Karakteristik sosial, ekonomi, dan budaya	Karakteristik fisik DAS

*Sumber: Diolah dari Berbagai Sumber, 2017*

Berdasarkan hasil perumusan indikator terkait hidrologi DAS diatas, didapatkan bahwa indikator yang terpilih adalah karakteristik fisik DAS. Berikut penjelasan terkait dipilihnya indikator tersebut:

- Karakteristik fisik DAS dipilih karena karakteristik fisik DAS berpengaruh secara langsung terhadap proses hidrologi yang ada di DAS. Seperti yang dikatakan Arsyad (2010), sifat fisik DAS mempunyai pengaruh yang cukup dominan terhadap proses hujan-aliran DAS. Hal ini juga didukung oleh pernyataan Maryono (2005), yang mengatakan bahwa perubahan fisik yang terjadi di DAS

akan berpengaruh langsung terhadap kemampuan retensi DAS terhadap banjir.

### 2.3 Banjir

Banjir didefinisikan sebagai tergenangnya suatu tempat akibat meluapnya air yang melebihi kapasitas pembuangan air di suatu wilayah. Menurut Suherlan (2001), banjir merupakan limpasan permukaan yang melebihi kapasitas sungai. Menurut Syariman (2006), banjir pada umumnya terjadi apabila curah hujan tinggi dan melebihi dari kapasitas tampung saluran atau alur sungai.

Untuk mengetahui besar kecilnya banjir di suatu daerah, maka perlu diketahui sebab-sebabnya. Penyebab utama dari banjir adalah hujan yang tinggi. Selain penyebab banjir, hal-hal yang dapat mempengaruhi tipe dan tingkatan banjir antara lain iklim, kondisi hidrologi, kondisi fisik daerah aliran sungai, dan aktivitas manusia seperti pengundulan hutan dan lain sebagainya (Yusuf & Saddhono, 2005). Menurut Soegiyanto (2014), karakteristik banjir di DAS sangat dipengaruhi oleh kondisi dan sifat fisik DAS, sifat hujan, dan kondisi iklim setempat. Sedangkan menurut *World Meteorology Organization* (WMO) (1999), penyebab banjir terdiri dari faktor meteorologis, hidrologis, dan antropogenik.

**Tabel 2.5 Indikator Banjir**

Sumber Teori			Indikator Terpilih
Yusuf & Saddhono (2005)	Soegiyanto (2014)	WMO (1999)	
- Iklim	- Kondisi	- Faktor	- Iklim
- Kondisi Hidrologi	- dan sifat fisik DAS	- meteorologis	- Kondisi fisik DAS
- Kondisi Fisik DAS	- Sifat hujan	- Faktor hidrologis	
- Aktivitas Manusia	- Kondisi iklim	- Antropogenik	

Sumber: Diolah dari Berbagai Sumber, 2017

Berdasarkan hasil perumusan indikator terkait banjir di atas, didapatkan bahwa indikator yang terpilih adalah iklim dan kondisi fisik DAS. Berikut penjelasan terkait dipilihnya indikator tersebut:

- Iklim, dipilih karena iklim sangat berpengaruh terutama berkaitan dengan curah hujan. Curah hujan yang tinggi, apabila tidak diimbangi dengan laju infiltrasi yang tinggi maka akan menambah aliran permukaan yang jika melebihi kapasitas sungai maka akan terjadi banjir (Syariman, 2006).
- Kondisi fisik DAS, dipilih karena kondisi fisik DAS mempunyai pengaruh langsung terhadap proses hidrologi yang ada di DAS.

#### **2.4 Tata Guna Lahan Daerah Aliran Sungai**

Tata guna lahan adalah wujud tentang bagaimana suatu lahan itu tertata. Menurut Baja (2012), tata guna lahan merupakan penataan atau pengaturan penggunaan suatu lahan dalam suatu rentang waktu tertentu. Menurut Vink (1975) tata guna lahan adalah setiap bentuk campur tangan (intervensi) manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya, baik material maupun spiritual. Karena luas lahan yang tetap, proses tata guna lahan akan menghasilkan perubahan penggunaan lahan di suatu wilayah (Baja, 2012). Tata guna lahan daerah aliran sungai merupakan karakteristik yang sangat berpengaruh yang berhubungan dengan alam dan manusia. Tata guna lahan dipengaruhi oleh kondisi alamiah dan kondisi sosial (Yuniarto & Woro, 1991). Di samping itu, menurut (Susman, 2002), tata guna lahan dipengaruhi oleh kondisi sosial berupa kebutuhan manusia akan tempat tinggal, potensi sumber daya alam, potensi finansial, serta potensi budaya dan teknologi; kondisi fisik kota yang terdiri dari pusat kegiatan sebagai pusat-pusat pertumbuhan perkotaan dan jaringan transportasi sebagai kemudahan pencapaian; serta dipengaruhi oleh kondisi bentang alam berupa kemiringan lereng dan ketinggian lahan.

**Tabel 2.6 Indikator Tata Guna Lahan**

Sumber Teori		Indikator Terpilih
Yuniarto & Woro (1991)	Susman (2002)	
- Kondisi alamiah	- Aktivitas manusia	- Kondisi fisik lahan
- Kondisi sosial	- Kondisi fisik kota	
	- Kondisi bentang alam	

*Sumber: Diolah dari Berbagai Sumber, 2017*

Berdasarkan hasil perumusan indikator terkait tata guna lahan di atas, didapatkan bahwa indikator yang terpilih adalah kondisi fisik lahan. Berikut penjelasan terkait dipilihnya indikator tersebut:

- Kondisi fisik lahan, dipilih karena kondisi fisik lahan sangat berpengaruh terhadap keberlanjutan dari tata guna lahan. Tata guna lahan yang tidak memperhatikan segala kondisi fisik dan daya dukungnya dalam jangka panjang akan berdampak negatif terhadap lahan dan lingkungan dan akhirnya akan berpengaruh terhadap kehidupan manusia (Sumaatmaja, 1988).

## **2.5 Keterkaitan antara *Water Sensitive City*, Hidrologi Daerah Aliran Sungai, Banjir dan Tata Guna Lahan**

Secara ekologis, DAS sebagai suatu sistem kompleks sangat besar peranannya dalam hal pengaturan tata air (Baja, 2012). Hal ini juga didukung pada pembahasan subbab sebelumnya mengenai hidrologi DAS bahwa DAS merupakan suatu kesatuan ekosistem yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari hujan menuju ke laut/danau. Pernyataan tersebut juga mendukung konsep *Water Sensitive City* dimana WSC merupakan konsep yang menjadikan air sebagai elemen dalam perencanaan dan perancangan kota (Beck, et al., 2016). Sementara itu banjir merupakan dampak dari siklus hidrologi yang telah berubah. Banjir merupakan aliran permukaan yang melebihi kapasitas badan air yang mampu menampungnya. Kelebihan air limpasan ini diakibatkan oleh kurangnya infiltrasi di suatu daerah.

Untuk mengatasi permasalahan banjir di suatu DAS dapat dilakukan dengan cara melibatkan kondisi hidrologi seperti yang dikatakan oleh Triatmodjo (2006), ilmu hidrologi dapat dijumpai dalam pengendalian banjir. Di samping itu, salah satu tujuan dari konsep *Water Sensitive Cities* adalah menyediakan akses terhadap perlindungan banjir (Wong & Brown, 2009). Perlindungan banjir dalam konteks *Water Sensitive Cities* adalah melalui peningkatan kesehatan ekologi dan peningkatan kualitas ruang perkotaan. Peningkatan kesehatan ekologi dapat diperoleh dengan cara meningkatkan kualitas serta mengisi kembali air tanah, dan melindungi wilayah eksisting yang memiliki nilai ekologi yang tinggi. Dalam hal ini peningkatan kesehatan ekologi menitikberatkan pada salah satu komponen siklus hidrologi yaitu infiltrasi yang prosesnya dipengaruhi oleh karakteristik fisik DAS. Peningkatan kualitas ruang permukaan dapat dicapai dengan mengaktifkan konektivitas antara ruang hijau dan ruang biru, serta dengan adanya tutupan vegetasi (CRCWSC, 2014). Seperti yang dikatakan Triatmodjo (2006), kondisi penggunaan lahan di DAS Kedurus termasuk di dalamnya daerah bervegetasi merupakan karakteristik DAS yang bisa diubah oleh manusia dan mempengaruhi perubahan kondisi hidrologi DAS. Oleh karena itu, pengaturan penggunaan lahan dengan memperhatikan kondisi hidrologi DAS dapat mempengaruhi dalam pengurangan banjir di DAS tersebut sehingga nantinya akan terwujud konsep *Water Sensitive City* yang merupakan topik utama dalam penelitian ini.

Dari pembahasan masing-masing konsep di atas telah didapatkan indikator-indikator. Namun, indikator tersebut sifatnya masih terlalu umum. Oleh karena itu, perlu dirumuskan indikator yang sifatnya lebih rinci serta masih sesuai dengan indikator yang telah didapatkan di subbab sebelumnya. Berikut ini merupakan indikator yang terpilih untuk digunakan dalam penelitian ini.

- Kondisi fisik DAS. Pada subbab sebelumnya telah dijelaskan bahwa kondisi/ karakteristik fisik DAS merupakan hal yang berpengaruh terhadap kondisi hidrologi suatu kawasan DAS. Kondisi fisik DAS

berpengaruh langsung terhadap proses hujan-aliran dalam DAS.

- Kondisi iklim. Kondisi iklim mempunyai pengaruh yang besar apabila dikaitkan dengan kondisi hidrologi daerah aliran sungai. Dalam melakukan perencanaan DAS yang didalamnya tidak dapat dipisahkan dari kondisi hidrologinya di mana seperti yang telah dijelaskan di subbab sebelumnya bahwa iklim merupakan hal yang berpengaruh dalam kondisi hidrologi DAS.
- Penggunaan lahan. Penggunaan lahan memberikan banyak pengaruh terhadap kondisi hidrologi suatu kawasan. Penggunaan lahan untuk daerah bervegetasi berpengaruh terhadap proses infiltrasi dan *surface runoff* dalam suatu siklus hidrologi, baik itu pengaruh yang positif maupun yang negatif. Penggunaan lahan di lain hal dapat indikator konsep *Water Sensitive City* yaitu pengaruhnya dalam menciptakan kualitas ruang permukaan yang *livable, productive, resilient, dan sustainable*.

### 2.5.1 Kondisi Fisik DAS

Kondisi fisik DAS menurut Rahayu, Widodo, van Noordwijk, Suryadi, & Verbist (2009), antara lain, *terrain* dan geomorfologi yang terdiri dari kemiringan lereng, panjang lereng, konfigurasi lereng, arah lereng; pola pengaliran dan penyimpanan air yang terdiri dari variabel tanah, bahan induk tanah, penutupan lahan, metamorfosis DAS, dan iklim; serta tanda ketidakstabilan lereng. Variabel yang digunakan dalam indikator ini mengacu pada komponen kondisi lahan menurut Triatmodjo (2006), yaitu jenis tanah, dan kemiringan lereng.

**Tabel 2.7 Variabel Indikator Kondisi Fisik DAS**

Sumber Teori		Variabel Terpilih
Rahayu et. al. (2009)	Triatmodjo (2006)	
- Kemiringan lereng	- Jenis tanah	- Jenis tanah
- Panjang lereng	- Kemiringan lereng	- Kemiringan lereng
- Konfigurasi lereng		

Sumber Teori		Variabel Terpilih
Rahayu et. al. (2009)	Triatmodjo (2006)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arah lereng</li> <li>- Tanah</li> <li>- Bahan induk tanah</li> <li>- Penutupan lahan</li> <li>- Metamorfosis DAS</li> <li>- Iklim</li> </ul>		

*Sumber: Diolah dari Berbagai Sumber, 2017*

Berdasarkan hasil perumusan variabel terkait indikator kondisi fisik DAS di atas, didapatkan bahwa variabel dari indikator kondisi fisik DAS yang ingin diteliti yaitu jenis tanah dan kemiringan lereng. Berikut penjelasan terkait dipilihnya variabel tersebut:

- Jenis tanah merupakan variabel yang sangat berpengaruh terhadap infiltrasi. Masing-masing jenis tanah memiliki karakteristiknya sendiri dan karakteristik tersebut sangat berpengaruh terhadap kapasitas infiltrasi dari suatu DAS (Triatmodjo, 2006).
- Kemiringan lereng, dipilih karena memiliki hubungan langsung dengan aliran permukaan. Kemiringan lereng yang lebih tajam menyebabkan kecepatan limpasan permukaan lebih besar yang mengakibatkan waktu untuk terjadinya infiltrasi menjadi berkurang sehingga aliran permukaan yang terjadi meningkat (Triatmodjo, 2006).

### 2.5.2 Kondisi Iklim

Iklim adalah keadaan rata-rata cuaca di suatu daerah yang cukup luas dan dalam kurun waktu yang cukup lama. Sementara itu menurut Trewartha (1980), iklim adalah konsep abstrak yang menyatakan kebiasaan cuaca dan unsur-unsur atmosfer di suatu daerah selama kurun waktu yang panjang. Menurut Gibbs (1987), iklim terdiri atas suhu, tekanan udara, angin, kelembapan. Sedangkan menurut Triatmodjo (2006), komponen iklim terdiri atas angin, suhu, kelembapan udara, dan penyinaran matahari.

Menurut BMKG komponen iklim terdiri atas angin, suhu, kelembapan udara dan curah hujan.

**Tabel 2.8 Variabel Indikator Kondisi Iklim**

Sumber Teori			Variabel Terpilih
Gibbs (1987)	Triatmodjo (2006)	BMKG	
- Suhu	- Angin	- Angin	- Intensitas curah hujan
- Tekanan udara	- Suhu	- Suhu	- Suhu
- Angin	- Kelembapan udara	- Kelembapan udara	- Kecepatan angin
- Kelembapan	- Penyerapan matahari	- Curah hujan	- Kelembapan udara
			- Radiasi matahari

*Sumber: Diolah dari Berbagai Sumber, 2017*

Berdasarkan hasil perumusan variabel terkait indikator kondisi iklim diatas, didapatkan bahwa variabel dari indikator kondisi iklim yang ingin diteliti yaitu intensitas curah hujan, suhu, kecepatan angin, kelembapan udara dan radiasi matahari. Berikut penjelasan terkait dipilihnya variabel tersebut:

- Intensitas curah hujan, dipilih karena intensitas curah hujan merupakan elemen kunci dalam siklus hidrologi DAS. Intensitas curah hujan berpengaruh terhadap kapasitas infiltrasi, serta berpengaruh terhadap terjadinya limpasan permukaan (Triatmodjo, 2006).
- Suhu, dipilih karena suhu sangat berpengaruh terhadap proses evaporasi, di mana semakin tinggi suhu di suatu tempat, maka semakin besar kemampuan udara untuk menyerap uap air (Triatmodjo, 2006).
- Kecepatan angin dipilih karena kecepatan angin merupakan variabel yang berpengaruh penting bagi terjadinya proses evaporasi (Triatmodjo, 2006).
- Kelembapan udara yang dinyatakan dalam kelembapan relatif memiliki pengaruh yang kuat utamanya dalam proses evaporasi (Triatmodjo, 2006).

- Radiasi matahari, dipilih karena radiasi matahari berpengaruh langsung terhadap panas laten yang menyebabkan proses penguapan terjadi (Triatmodjo, 2006).

### 2.5.3 Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan adalah perwujudan secara fisik (visual) dari vegetasi, benda alam, dan unsur-unsur budaya yang ada di permukaan bumi yang diakibatkan oleh kegiatan manusia yang ada di dalamnya (Justice & Townshed, 1981). Menurut Malingrau & Christiani (1981), penggunaan lahan terdiri dari daerah bervegetasi yang didalamnya dibagi lagi menjadi daerah pertanian dan daerah bukan pertanian; daerah tak bervegetasi berupa lahan terbuka; permukiman dan lahan bukan pertanian berupa permukiman, industri, dan jaringan jalan; serta perairan yang di dalamnya berupa tubuh perairan. Sedangkan menurut USGS, penggunaan lahan terdiri dari perkotaan atau lahan terbangun berupa permukiman, perdagangan dan jasa, industri, dan jalan; lahan pertanian; lahan peternakan; lahan hutan; air yang di dalamnya terdapat sungai dan anak sungai, danau, waduk, dan teluk; lahan basah; lahan gundul; serta es atau salju abadi.

**Tabel 2.9 Variabel Indikator Penggunaan Lahan**

Sumber Teori		Variabel Terpilih
Malingrau & Christiani (1981)	USGS	
- Daerah bervegetasi	- Perkotaan atau lahan terbangun	- Daerah bervegetasi
- Daerah tak bervegetasi	- Lahan pertanian	- Daerah tak bervegetasi
- Permukiman dan lahan bukan pertanian	- Lahan peternakan	- berupa lahan kosong/tanah terbuka/lahan tak terbangun
- Perairan/tubuh perairan	- Lahan hutan	- Daerah terbangun
	- Air	- Tubuh perairan
	- Lahan basah	
	- Lahan gundul	
	- Es/salju abadi	

*Sumber: Diolah dari Berbagai Sumber, 2017*

Berdasarkan hasil perumusan variabel terkait indikator penggunaan lahan di atas, didapatkan bahwa variabel dari indikator penggunaan lahan yang ingin diteliti yaitu daerah bervegetasi, daerah tak bervegetasi berupa lahan kosong/lahan tak terbangun/tanah terbuka, daerah terbangun, dan tubuh perairan. Berikut penjelasan terkait dipilihnya variabel tersebut:

- Daerah terbangun, dipilih karena memiliki pengaruh yang kuat terhadap banjir. Daerah terbangun menyebabkan terjadinya tutupan lahan kedap air. Tutupan lahan kedap air berpengaruh pada terjadinya infiltrasi. Tutupan lahan kedap air mengakibatkan air hujan yang jatuh di atas permukaan terhalang untuk meresap ke dalam tanah (Arnold & Gibbons, 1996). Daerah terbangun terdiri dari permukiman, industri, perdagangan dan jasa, serta jalan. Pengaruh daerah terbangun terhadap kondisi hidrologi juga dipengaruhi oleh intensitas pemanfaatan ruangnya. Intensitas pemanfaatan ruang yang dimaksud adalah koefisien dasar bangunan dimana KDB menggambarkan besarnya tutupan lahan kedap air. Selanjutnya Koefisien Dasar Bangunan di Indonesia dibagi menjadi tiga kategori, yaitu KDB < 30%, KDB 30%-60%, dan KDB 60%-100% (UU No. 28 Tahun 2002), sementara itu, menurut LULC, permukiman dibagi menjadi 4 kategori, yaitu permukiman kepadatan tinggi (KDB 65%-100%), permukiman kepadatan sedang (KDB 25%-35%), permukiman kepadatan rendah (KDB 15%-25%), dan permukiman perdesaan.
- Daerah bervegetasi dipilih karena tutupan vegetasi merupakan salah satu variabel yang berperan penting dalam meningkatkan infiltrasi. Dengan adanya tutupan vegetasi, air hujan tidak bisa memampatkan tanah, dan juga akan terbentuk lapisan humus yang sangat permeabel, sehingga tanah yang memiliki tutupan vegetasi di atasnya memiliki kapasitas infiltrasi yang jauh lebih besar dari tanah tanpa tutupan vegetasi di atasnya (Triatmodjo,

2006). Menurut SNI 2645:2010 daerah bervegetasi terdiri dari sawah, perkebunan, hutan, semak belukar, dan padang rumput.

- Daerah tak bervegetasi berupa lahan kosong/lahan tak terbangun/tanah terbuka, dipilih karena keberadaan tanah terbuka merupakan hal yang selalu ada dalam sebuah wilayah. Tanah terbuka menurut SNI 2645:2010 adalah lahan tidak terbangun dimana telah mengalami intervensi manusia sehingga penutup lahan alami tidak dapat dijumpai lagi namun tidak mengalami pembangunan sebagaimana terjadi pada lahan terbangun.
- Tubuh perairan, dipilih karena air merupakan elemen yang sangat penting dalam suatu DAS. Badan air menurut SNI 2645:2010 terdiri dari danau/waduk, rawa, dan sungai.

## **2.6 Penerapan Model Hidrologi SWAT di *Urban Watershed***

*Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) adalah model hidrologi untuk tubuh air yang deterministik dan kontinyu yang dapat dioperasikan harian maupun setiap jamnya (Daniel, et.al. dalam Kuhn, 2014). Model SWAT dikembangkan pada tahun 1980 untuk mengelola penyediaan air dan polusi di daerah aliran sungai yang berkaitan dengan pertanian (Arnold, et.al., 1998; Camp et.al., 2011; Tuppada, et.al., 2011), namun seiring perkembangannya, SWAT juga dikembangkan untuk diterapkan di DAS perkotaan (Easton, et.al., 2008).

Contoh penerapan model hidrologi SWAT di daerah aliran sungai terbangun adalah penelitian yang dilakukan oleh Jeohak Jeong dan Allan Jones di Brentwood Watershed, Austin, Texas, dimana luas penelitiannya sebesar 150 ha yang merupakan *highly urbanized area*, atau daerah perkotaan kepadatan tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penerapan *low impact development* yang paling efektif dalam mengurangi banjir dengan menggunakan parameter limpasan puncak dan volume limpasan. Input data dari penelitian ini adalah data topografi dari DEM, data kelas tanah, *landuse*, dan data iklim dengan satuan jam. Hasil dari

penelitian ini adalah skenario penyediaan *low impact development* (LID) berupa *green roof*, *rain garden*, *cistern*, dan *porous pavement* yang paling baik dilihat dari kemampuannya dalam menurunkan limpasan permukaan, meningkatkan evapotranspirasi, dan menurunkan puncak limpasan serta volume limpasan.

Penerapan SWAT pada *urban watershed* juga pernah dilakukan oleh Kuhn (2014) di Connecticut dimana wilayah penelitiannya memiliki luas lahan kedap air sebesar 636.783 *square feet* atau setara 14,62 *acre* atau meliputi 70% dari luas total wilayah penelitian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk parameterisasi model, terutama untuk jangka *curve number* (CN), untuk mencapai nilai limpasan permukaan yang sebanding dengan nilai limpasan permukaan yang diamati. Sama seperti penelitian yang telah dibahas sebelumnya, penelitian ini juga menggunakan data DEM untuk kontur dan kemiringan lereng, data iklim, data karakteristik tanah, dan data penggunaan lahan sebagai input datanya. Namun dalam penelitian ini terdapat catatan bahwa data infrastruktur air, dan data manajemen lahan dapat juga dimasukkan. Output dari penelitian ini adalah beberapa model SWAT di wilayah penelitian yang diperoleh dari perubahan beberapa parameternya.

Kedua penelitian di atas mendukung penerapan model SWAT di DAS Kedurus dimana lebih dari 50% wilayahnya terdiri dari tutupan lahan kedap air.

## 2.7 Sintesa Tinjauan Pustaka

Berdasarkan hasil sintesa teori yang telah dibahas pada subbab-subbab sebelumnya, telah didapatkan beberapa indikator dan variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini. Berikut ini merupakan indikator dan variabel penelitian yang telah dirumuskan.

**Tabel 2.10 Sintesa Tinjauan Pustaka**

Indikator	Variabel	Sub Variabel
Kondisi Fisik	Jenis tanah	
	Kemiringan lereng	
Kondisi klimatologi	Intensitas curah hujan	
	Suhu	
	Kelembapan relatif	
	Radiasi matahari	
	Kecepatan angin	
Penggunaan Lahan	Daerah terbangun	Permukiman KDB 15%-20%
		Permukiman KDB 25%-35%
		Permukiman KDB 65%-100%
		Industri
		Perdagangan dan Jasa
		Fasilitas Umum
	Daerah bervegetasi	Sawah
		Perkebunan
		RTH
		Semak belukar
	Daerah tak bervegetasi/lahan tak terbangun/tanah terbuka	
	Tubuh perairan	Danau/waduk/tambak

Sumber: Penulis, 2017

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Pendekatan Penelitian**

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah pendekatan-pendekatan terhadap kajian empiris untuk mengumpulkan, menganalisa, menampilkan data dalam bentuk numerik daripada naratif (Donmoyer *dalam* Given, 2008). Peneliti menggunakan pola berpikir deduktif (rasional-empiris atau *top down*), yang berusaha memahami suatu fenomena dengan cara menggunakan konsep-konsep yang umum untuk menjelaskan fenomena yang bersifat khusus. Paradigma yang digunakan dalam penelitian ini adalah positivistik. Positivistik lebih mengarah pada tujuan untuk melakukan eksplanasi (menjelaskan), eksplorasi (penjajakan/penyelidikan), deskripsi (penggambaran), verifikasi (pengujian) tentang fenomena mengapa peristiwa terjadi, bagaimana intensitasnya, proses kejadiannya, hubungan antar variabel, rekaman perkembangan, bentuk, dan polanya.

### **3.2 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif lebih menekankan pada kajian empiris untuk mengumpulkan, menganalisa, menampilkan data dalam bentuk numerik daripada naratif.

### **3.3 Variabel Penelitian**

Variabel penelitian merupakan dasar dari penelitian yang menjadi gambaran awal hasil penelitian. Selain sebagai obyek pengamatan, variabel penelitian merupakan gambaran dari batasan penelitian. Pemilihan variabel penelitian didasarkan pada hasil sintesa pustaka dari studi literatur yang dilakukan.

**Tabel 3.1 Indikator, Variabel, Definisi Operasional, dan Parameter Penelitian**

No.	Sasaran	Indikator	Variabel	Definisi Operasional
1.	Mengidentifikasi kondisi hidrologi DAS Kedurus menggunakan model hidrologi SWAT	Kondisi Fisik	Jenis tanah	Jenis tanah di wilayah penelitian
			Kemiringan lereng	Kemiringan tanah suatu kawasan yang dinyatakan dalam satuan %
		Kondisi klimatologi	Curah hujan	Besarnya volume hujan tiap satuan hari (mm/hari)
			Suhu	Temperatur rata-rata wilayah penelitian yang dinyatakan dalam °C
			Kelembapan relatif	Kelembapan relative (fraksi) di wilayah penelitian yang ditanyakan dalam satuan °C
			Radiasi matahari	Penyinaran matahari yang dinyatakan dalam satuan MJ/m <sup>2</sup> /hari
			Kecepatan angin	Kecepatan angin di wilayah penelitian yang dinyatakan dalam m/s

No.	Sasaran	Indikator	Variabel	Definisi Operasional
		Penggunaan Lahan	Permukiman KDB 15%-20%	Luas kawasan permukiman dengan KDB 15%-20% yang dinyatakan dalam satuan ha
			Permukiman KDB 25%-35%	Luas kawasan permukiman dengan KDB 25%-35% yang dinyatakan dalam satuan ha
			Permukiman KDB 65%-100%	Luas kawasan permukiman dengan KDB 65%-100% yang dinyatakan dalam satuan ha
			Industri	Luas penggunaan lahan berupa industri yang dinyatakan dalam satuan ha
			Perdagangan dan Jasa	Luas penggunaan lahan berupa perdagangan dan jasa yang dinyatakan dalam satuan ha
			Fasilitas umum	Luas penggunaan lahan berupa fasilitas umum yang dinyatakan dalam satuan ha

No.	Sasaran	Indikator	Variabel	Definisi Operasional
			Sawah	Luas sawah dalam satuan ha
			Perkebunan	Luas area perkebunan dalam satuan ha
			RTH	Luas RTH dalam satuan ha
			Semak belukar	Luas semak belukar dalam satuan ha
			Tegalan	Luas tegalan dalam satuan ha
			Lahan tidak terbangun	Luas lahan tidak terbangun dalam satuan ha
			Danau/waduk/badan air	Luas danau/waduk/badan air dalam satuan ha
2.	Mengidentifikasi skenario tata guna lahan yang berpotensi untuk diterapkan di DAS Kedurus untuk mengurangi banjir	Hasil dari Sasaran 1		

No.	Sasaran	Indikator	Variabel	Definisi Operasional
3.	Menentukan skenario tata guna lahan yang paling sesuai dalam mengendalikan banjir di DAS Kedurus			Hasil dari Sasaran 1 & 2

*Sumber: Penulis, 2017*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

### **3.4 Populasi dan Sampel**

Populasi dari penelitian ini adalah DAS Kedurus dan seluruh komponen fisik di dalamnya.

Penentuan sampel penelitian dilakukan menggunakan teknik *non probability sampling*. Terdapat beberapa teknik yang bisa digunakan dalam *non probability sampling*, namun dalam penelitian ini penulis menggunakan teknik *boring sampling*.

Teknik *boring sampling* merupakan teknik penentuan sampel dengan pertimbangan sampel mewakili seluruh populasi. Oleh karena itu sampel dari penelitian ini sama dengan populasinya.

### **3.5 Metode Pengambilan Data**

Pengumpulan/pengambilan data adalah suatu langkah dalam metode ilmiah melalui prosedur yang sistematis, logis, dan proses pencarian data yang valid untuk keperluan analisis dan pelaksanaan pembahasan suatu riset secara benar untuk menemukan kesimpulan, memperoleh jawaban dan sebagai upaya untuk memecahkan suatu persoalan penelitian. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik pengumpulan data primer dan teknik pengumpulan data sekunder.

#### **3.5.1 Metode Pengambilan Data Primer**

Data primer adalah data yang diperoleh langsung di lapangan oleh peneliti sebagai obyek penulisan (Sugiyono, 2012). Metode pengambilan data primer dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai kapasitas saluran di beberapa titik outlet di DAS Kedurus.

#### **3.5.2 Metode Pengambilan Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung, baik merupakan data yang dihasilkan orang lain maupun data dari dokumen (Sugiyono, 2012). Metode pengambilan data sekunder pada penelitian ini dilakukan melalui survei media dan survey instansi. Adapun data-data sekunder yang diperlukan adalah sebagai berikut.

**Tabel 3.2 Sumber Data Sekunder**

No.	Data	Sumber Data	Teknik Pengumpulan Data
1.	Peta DEM	Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman, Cipta Karya dan Tata Ruang Provinsi Jawa Timur	Survey instansi
2.	Peta jenis tanah	Bappeko Surabaya Bappeda Kabupaten Gresik	Survey instansi
3.	Peta penggunaan lahan	Bappeko Surabaya Bappeda Kabupaten Gresik	Survey instansi
4.	Data klimatologi Kota Surabaya	SWAT <i>Global Weather Database</i>	Survey media

Sumber: Penulis, 2017

### 3.6 Metode Analisis Data

**Tabel 3.3 Tahap Analisis Data**

No.	Sasaran	Input Data	Teknik Analisis	Output
1.	Mengidentifikasi kondisi hidrologi DAS Kedurus menggunakan model hidrologi SWAT	Variabel dari indikator kondisi fisik, kondisi iklim, dan tutupan lahan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simulasi menggunakan ArcSWAT</li> <li>- Interpretasi hasil simulasi</li> </ul>	Interpretasi kondisi hidrologi di DAS Kedurus berdasarkan model hidrologi SWAT
2.	Mengidentifikasi skenario tata guna lahan yang berpotensi untuk diterapkan di	Output sasaran 1	<i>Sensitivity Analysis</i>	Skenario tata guna lahan yang berpotensi diterapkan di

No.	Sasaran	Input Data	Teknik Analisis	Output
	DAS Kedurus untuk mengurangi banjir			DAS Kedurus untuk mengurangi banjir
3.	Menentukan skenario tata guna lahan yang paling sesuai dalam mengendalikan banjir di DAS Kedurus	Output sasaran 1 dan output sasaran 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simulasi menggunakan ArcSWAT</li> <li>- Interpretasi hasil simulasi</li> </ul>	Interpretasi skenario yang paling tepat untuk mengurangi banjir di DAS Kedurus

*Sumber: Penulis, 2017*

### 3.6.1 Mengidentifikasi Kondisi Hidrologi Dasar DAS Kedurus Menggunakan Model Hidrologi SWAT

Untuk mengidentifikasi kondisi hidrologi DAS Kedurus dilakukan melalui pendekatan *modelling* hidrologi SWAT menggunakan software ArcSWAT. Model SWAT adalah model kejadian kontinyu untuk skala DAS yang beroperasi secara harian dan dirancang untuk memprediksi dampak pengelolaan terhadap air, sedimen, dan kimia pertanian pada DAS yang tidak memiliki alat pengukuran. Model SWAT berbasis fisik, efisien secara komputerasi, dan mampu membuat simulasi untuk jangka waktu yang panjang.

Komponen utama dari model SWAT adalah iklim, hidrologi, suhu dan karakteristik tanah, pertumbuhan tanaman, unsur hara, pestisida, pathogen dan bakteri, dan pengelolaan lahan. Dalam SWAT, DAS dibagi ke dalam beberapa sub-DAS yang kemudian dibagi lagi ke dalam HRU (*Hydrologic Response Units*) yang memiliki karakteristik penggunaan lahan, pengelolaannya, dan tanah yang homogen. HRU menunjukkan persentase Sub-DAS yang teridentifikasi dan tidak teridentifikasi secara spasial dalam simulasi SWAT. Alternatif lainnya, sebuah DAS dapat dibagi ke dalam beberapa sub-DAS yang memiliki karakteristik penggunaan

lahan, tanah dan pengelolaan yang dominan. Siklus hidrologi yang disimulasikan SWAT didasarkan pada perhitungan neraca air.

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

Dimana  $SW_t$  adalah kadar air tanah akhir (mm H<sub>2</sub>O),  $SW_0$  adalah kadar air tanah awal pada hari ke-i (mm H<sub>2</sub>O),  $t$  adalah waktu (hari),  $R_{day}$  adalah jumlah hujan pada hari ke-i (mm H<sub>2</sub>O),  $E_a$  adalah jumlah evapotranspirasi pada hari ke-i (mm H<sub>2</sub>O),  $W_{seep}$  adalah jumlah air yang masuk ke zona vadose dari profil tanah (*seepage*) pada hari ke-i (mm H<sub>2</sub>O),  $Q_{gw}$  adalah jumlah aliran air bawah tanah (*base flow/groundwater/return flow*) pada hari ke-i (mm H<sub>2</sub>O).

*Runoff* diperoleh dari metode *USDA Soil Conservation Service runoff curve number* sebagai berikut.

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

Dimana  $Q_{surf}$  adalah kelebihan air hujan yang terakumulasi (*runoff*),  $R_{day}$  adalah curah hujan pada hari itu,  $I_a$  adalah inisial abstraksi, yang merupakan fungsi dari infiltrasi, intersepsi, dan penyimpanan permukaan.  $S$  adalah parameter retensi yang dihitung dari *curve number* (CN). Limpasan diprediksi secara terpisah untuk masing-masing HRU untuk kemudian diarahkan (dengan cara dijumlah) untuk mendapatkan total limpasan untuk daerah aliran sungai (Neitsch, Arnold, Kiniry, & Williams, 2005).

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

*Curve number*, berdasarkan parameter tanah dan kelas penggunaan lahan, dapat diletakkan dalam look up table. *Curve number* menjadi bagian yang penting pada waktu proses kalibrasi sebagai determinan kunci dari limpasan permukaan (Neitsch, Arnold, Kiniry, & Williams, 2005).

Besarnya laju  $W_{seep}$  dan  $Q_{gw}$  didasarkan pada persamaan seperti berikut ini (Neitsch et. al., 2005).

$$W_{seep} = W_{perc,ly=n} + W_{crk,btm}$$

dimana  $W_{seep}$  adalah total air yang berada di bawah tanah pada hari ke- $i$  (mm),  $W_{perc,ly=n}$  adalah jumlah air perkolasi yang keluar dari lapisan terbawah (mm), serta  $W_{crk,btm}$  adalah jumlah air yang mengalir melewati lapisan yang lebih bawah dari muka tanah untuk mengalirkan aliran pada hari- $i$  (mm).

$$Q_{gw} = 800 \cdot \mu \cdot \alpha_{gw} \cdot h_{wtbl}$$

dimana  $Q_{gw}$  adalah jumlah air yang kembali pada hari ke- $i$  (mm),  $\mu$  adalah *specific yield* dari akuifer dangkal (m/m),  $\alpha_{gw}$  adalah konstanta resesi aliran mantap, dan  $h_{wtbl}$  adalah tinggi muka air pada *watertable* (m).

SWAT mengkalkulasi angka debit harian rata-rata menggunakan metode rasional yang dimodifikasi. Formula dari metode rasional adalah sebagai berikut.

$$q = \frac{\alpha_{tc} \cdot Q_{surf} \cdot Area}{3,6 \cdot t_{conc}}$$

dimana  $q$  merupakan debit ( $m^3/s$ ),  $\alpha_{tc}$  adalah fraksi curah hujan harian yang terjadi dalam waktu konsentrasi,  $Q_{surf}$  adalah aliran permukaan (mm  $H_2O$ ),  $Area$  adalah luas subDAS ( $km^2$ ),  $t_{conc}$  adalah waktu konsentrasi dari sub-DAS (jam) dan 3.6 adalah faktor konversi.

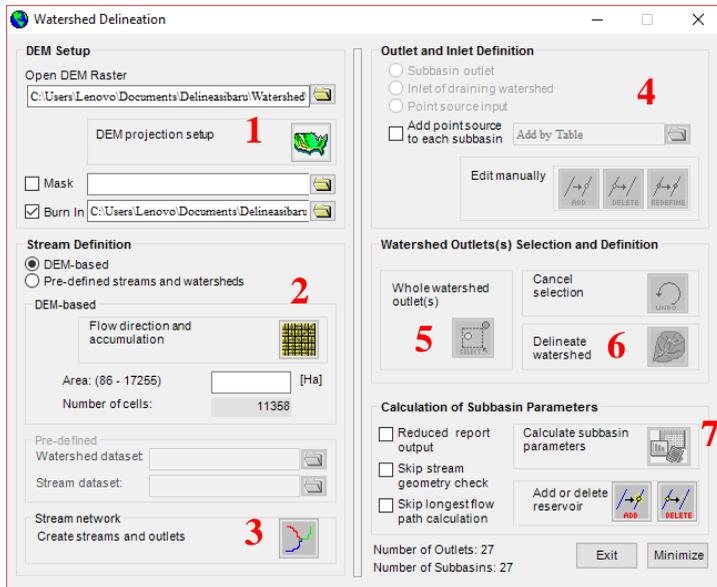
Ada beberapa tahapan yang harus dilalui untuk mengetahui kondisi hidrologi DAS Kedurus yaitu sebagai berikut.

#### a. Delineasi DAS

Proses delineasi DAS dilakukan menggunakan menu *Watershed Delineator* dan menggunakan submenu *Automatic Watershed Delineation*. Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam membuat delineasi DAS, antara lain proses pemasukan peta DEM, penentuan jaringan sungai, penentuan outlet, proses seleksi

dan penentuan outlet DAS, deliniasi DAS dan penghitungan parameter sub-DAS.

Pada tahap awal proses deliniasi, yang dilakukan adalah memasukkan peta DEM dan mengatur proyeksi dari DEM tersebut. Data input dari tahap ini tidak hanya peta DEM saja, melainkan juga data eksisting jaringan sungai. Hal ini dimaksudkan agar sungai yang terbentuk oleh model SWAT bisa sesuai dengan sungai eksisting. Dalam memasukkan peta sungai eksisting menggunakan menu *burn in*. Setelah kedua data input berhasil dimasukkan, selanjutnya adalah melakukan pendefinisian jaringan sungai berbasis DEM. Setelah jaringan sungai model terbentuk, kemudian masuk dalam penentuan titik *outlet* yang merupakan titik observasi debit ditentukan. Selanjutnya masuk dalam tahap deliniasi dimana model akan menentukan deliniasi wilayah berdasarkan topografi (DEM), jaringan sungai, dan titik *outlet* yang telah ditentukan. Setelah deliniasi wilayah dilakukan, maka selanjutnya adalah penghitungan parameter yang merupakan tahap terakhir dalam proses deliniasi DAS dalam SWAT.



**Gambar 3.1 Menu Watershed Delineation**

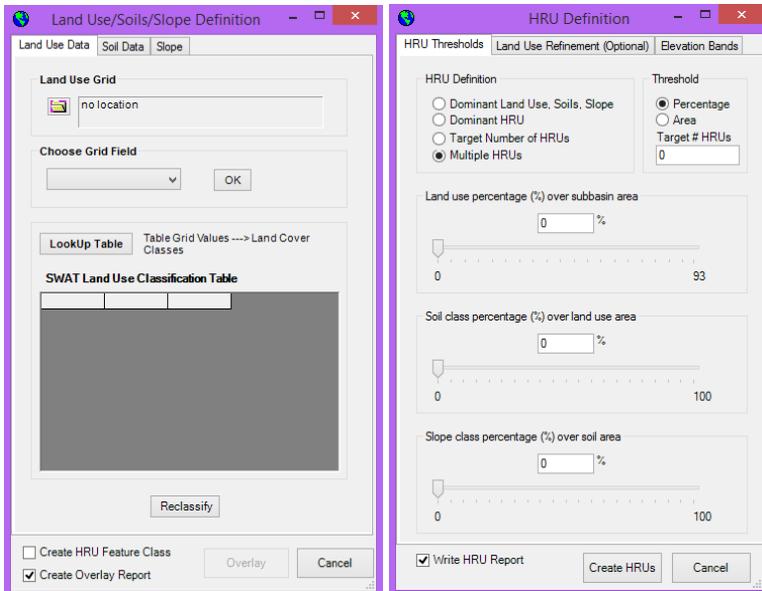
*Sumber: Penulis, 2017*

## **b. Pembentukan dan Pendefinisian *Hydrological Response Unit (HRU)***

HRU merupakan unit respon hidrologi yang dibentuk berdasarkan data penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng. Pembentukan HRU dilakukan melalui *overlay* terhadap peta penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng. HRU ini tersebar di semua sub-DAS dan memiliki informasi biofisik berupa penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng. HRU digunakan dalam melakukan simulasi SWAT untuk menyederhanakan simulasi karena HRU menggabungkan satu penggunaan lahan, satu kemiringan lereng, dan satu jenis tanah tertentu kedalam satu unit respon. Manfaat dari pembentukan HRU adalah untuk keakuratan dari prediksi muatan (limpasan dengan sedimen, nutrisi, dan lain-lain yang diangkut oleh limpasan) dari sub-DAS. Seperti yang telah disebutkan pada subbab sebelumnya

bahwa penghitungan muatan dalam sub-DAS adalah hasil penjumlahan dari perhitungan muatan dalam HRU (Neitsch et. al., 2005). Dengan melakukan perhitungan melalui unit yang terkecil yang memuat data-data yang bersifat homogen, diharapkan hasil dari perhitungan tersebut menjadi lebih akurat.

Setelah pembentukan HRU, langkah selanjutnya adalah pendefinisian HRU menggunakan submenu HRU definition. *Multiple HRU* merupakan opsi yang dipilih dalam tahap pendefinisian HRU, hal ini dikarenakan seluruh HRU yang terbentuk akan digunakan dalam analisis SWAT. Pada penentuan *threshold*, baik penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng ketiganya menggunakan *threshold* 0% yang artinya seluruh variabel penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng digunakan dalam pembentukan HRU.



(a)

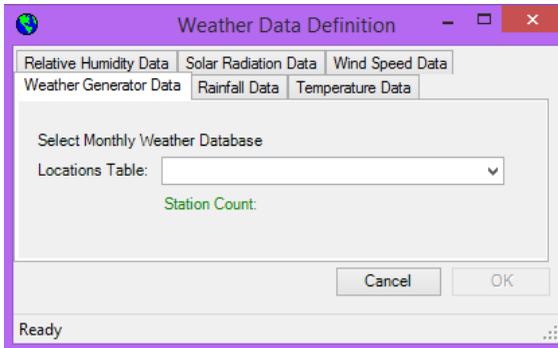
(b)

**Gambar 3.2 Menu (a) Pembentukan HRU dan (b) HRU  
Definition**

*Sumber: Penulis, 2017*

### c. Pembentukan Data Iklim

*Input data* untuk data generator iklim merupakan data dari iklim global tahun 2004-2013 dengan lokasi pengukuran di Stasiun Meteorologi Perak II. Data tersebut kemudian diolah secara manual sehingga menghasilkan data-data olahan yang digunakan dalam analisis. Data-data yang diperlukan dan teknik perhitungannya dapat dilihat dalam **Tabel 3.4**. Data yang sudah diolah kemudian dimasukkan dalam file *wgen\_user* yang kemudian dimasukkan dalam *weather generator data*.



**Gambar 3.3 Menu Weather Generator**

*Sumber: Penulis, 2017*

**Tabel 3.4 Data Input untuk Weather Generator**

DATA	DEFINISI
TITLE	Nama file .wgn
WLATITUDE	Garis lintang dari stasiun pengukuran
WLONGITUDE	Garis bujur dari stasiun pengukuran
WELEV	Elevasi dari stasiun pengukuran
RAIN_YRS	Jumlah tahun pengukuran
TMPMX (bulan)	<p>Rata-rata suhu maksimum harian dalam satu bulan (°C)</p> $\mu mx_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N T_{mx,mon}}{N}$ <p>Dimana <math>\mu mx_{mon}</math> adalah rata-rata harian suhu maksimum dalam satu bulan, <math>T_{mx,mon}</math> adalah rata-rata harian suhu maksimum di hari <math>d</math> dalam bulan <math>mon</math> (°C), dan <math>N</math> adalah jumlah hari dari pengukuran suhu minimum dalam bulan <math>mon</math>.</p>
TMPMN (bulan)	<p>Rata-rata suhu minimum harian dalam satu bulan (°C)</p> $\mu mn_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N T_{mn,mon}}{N}$ <p>Dimana <math>\mu mn_{mon}</math> adalah rata-rata harian suhu minimum dalam satu bulan, <math>T_{mn,mon}</math> adalah rata-rata</p>

DATA	DEFINISI
	<p>harian suhu minimum di hari <math>d</math> dalam bulan <math>mon</math> (<math>^{\circ}\text{C}</math>), dan <math>N</math> adalah jumlah hari dari pengukuran suhu minimum dalam bulan <math>mon</math>.</p>
TMPSTDMX	<p>Standar deviasi suhu minimum harian dalam satu bulan (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</p> $\sigma mx_{mon} = \sqrt{\left(\frac{\sum_{d=1}^N (T_{mx,mon} - \mu mx_{mon})^2}{N - 1}\right)}$ <p>Dimana <math>\sigma mx_{mon}</math> adalah standar deviasi untuk suhu maksimum harian dalam bulan <math>mon</math> (<math>\text{mm H}_2\text{O}</math>), <math>T_{mx,mon}</math> adalah suhu maksimum harian dalam pengukuran <math>d</math> dalam bulan <math>mon</math> (<math>\text{mm H}_2\text{O}</math>), <math>\mu mx_{mon}</math> adalah rata-rata harian suhu maksimum dalam satu bulan (<math>^{\circ}\text{C}</math>), dan <math>N</math> adalah total jumlah hari pengukuran dalam bulan <math>mon</math>.</p>
TMPSTDMN (bulan)	<p>Standar deviasi suhu minimum harian dalam satu bulan (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</p> $\sigma mn_{mon} = \sqrt{\left(\frac{\sum_{d=1}^N (T_{mn,mon} - \mu mn_{mon})^2}{N - 1}\right)}$ <p>Dimana <math>\sigma mn_{mon}</math> adalah standar deviasi untuk suhu minimum harian dalam bulan <math>mon</math> (<math>\text{mm H}_2\text{O}</math>), <math>T_{mn,mon}</math> adalah suhu minimum harian dalam pengukuran <math>d</math> dalam bulan <math>mon</math> (<math>\text{mm H}_2\text{O}</math>), <math>\mu mn_{mon}</math> adalah rata-rata harian suhu minimum dalam satu bulan (<math>^{\circ}\text{C}</math>), dan <math>N</math> adalah total jumlah hari pengukuran dalam bulan <math>mon</math>.</p>
PCPMM (bulan)	<p>Rata-rata bulanan presipitasi (<math>\text{mm H}_2\text{O}</math>)</p> $\bar{R}_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N R_{day,mon}}{yrs}$ <p>Dimana <math>\bar{R}_{mon}</math> adalah rata-rata bulanan curah hujan (<math>\text{mm H}_2\text{O}</math>), <math>R_{day,mon}</math> adalah curah hujan harian untuk pengukuran <math>d</math> di bulan <math>mon</math> (<math>\text{mm H}_2\text{O}</math>), <math>N</math> adalah jumlah hari pengukuran dalam bulan <math>mon</math> yang digunakan untuk penghitungan, dan <math>yrs</math> adalah jumlah tahun pengukuran.</p>

DATA	DEFINISI
PCPSTD (bulan)	<p>Standar deviasi untuk presipitasi harian dalam satu bulan (mm H<sub>2</sub>O/hari)</p> $\sigma_{mon} = \sqrt{\left(\frac{\sum_{d=1}^N (R_{day,mon} - \bar{R}_{mon})^2}{N - 1}\right)}$ <p>Dimana <math>\sigma_{mon}</math> adalah standar deviasi untuk presipitasi harian dalam bulan mon (mm H<sub>2</sub>O), <math>R_{day,mon}</math> adalah jumlah presipitasi dalam pengukuran <math>d</math> dalam bulan <math>mon</math> (mm H<sub>2</sub>O), <math>\bar{R}_{mon}</math> adalah rata-rata presipitasi dalam satu bulan (mm H<sub>2</sub>O), dan <math>N</math> adalah total jumlah hari pengukuran presipitasi dalam bulan <math>mon</math> dengan catatan nilai presipitasi harian sebesar 0 tetap dimasukkan dalam penghitungan standar deviasi.</p>
PCPSKW (bulan)	<p>Koefisien skewness untuk presipitasi harian dalam satu bulan</p> $g_{mon} = \frac{N \cdot \sum_{d=1}^N (R_{day,mon} - \bar{R}_{mon})^3}{(N - 1) \cdot (N - 2) \cdot (\sigma_{mon})^3}$ <p>Dimana <math>g_{mon}</math> adalah koefisien skewness dari presipitasi dalam satu bulan, <math>N</math> adalah total hari pengukuran presipitasi dalam satu bulan, <math>R_{day,mon}</math> adalah jumlah presipitasi dalam pengukuran <math>d</math> dalam bulan <math>mon</math> (mm H<sub>2</sub>O), <math>\bar{R}_{mon}</math> adalah rata-rata presipitasi dalam satu bulan (mm H<sub>2</sub>O), dan <math>\sigma_{mon}</math> adalah standar deviasi untuk presipitasi harian dalam bulan <math>mon</math> (mm H<sub>2</sub>O) dengan catatan nilai presipitasi harian sebesar 0 tetap dimasukkan dalam penghitungan koefisien skewness.</p>
PR_W (1,bulan)	<p>Probabilitas hari hujan yang diikuti oleh hari kering dalam satu bulan</p> $P_i(W/D) = \frac{days_{W/D,i}}{days_{dry,i}}$ <p>Dimana <math>P_i(W/D)</math> adalah probabilitas hari hujan yang diikuti hari hujan dalam bulan <math>i</math>, <math>days_{W/D,i}</math> adalah jumlah ketika hari hujan diikuti oleh hari kering di bulan <math>i</math> untuk seluruh periode pengukuran,</p>

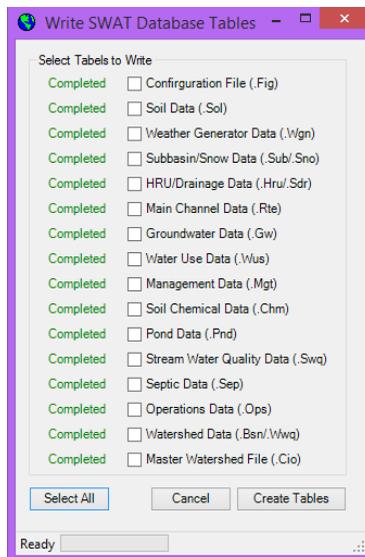
DATA	DEFINISI
	<p>dan <math>days_{dry,i}</math> adalah jumlah hari kering di bulan <math>i</math> selama periode pengukuran. Hari hujan adalah hari dengan curah hujan di atas 0 mm, sedangkan hari kering adalah hari ketika curah hujan sama dengan 0 mm.</p>
PR_W (2,bulan)	<p>Probabilitas hari hujan yang diikuti oleh hari hujan dalam satu bulan</p> $P_i(W/W) = \frac{days_{W/W,i}}{days_{wet,i}}$ <p>Dimana <math>P_i(W/W)</math> adalah probabilitas hari hujan yang diikuti hari hujan dalam bulan <math>i</math>, <math>days_{W/W,i}</math> adalah jumlah ketika hari hujan diikuti oleh hari hujan di bulan <math>i</math> untuk seluruh periode pengukuran, dan <math>days_{wet,i}</math> adalah jumlah hari hujan di bulan <math>i</math> selama periode pengukuran.</p>
PCPD (bulan)	<p>Rata-rata jumlah hari hujan dalam satu bulan</p> $\bar{d}_{wet,i} = \frac{days_{wet,i}}{yrs}$ <p>Dimana <math>\bar{d}_{wet,i}</math> adalah rata-rata jumlah hari hujan dalam bulan <math>i</math>, <math>days_{wet,i}</math> adalah jumlah hari hujan di bulan <math>i</math> selama seluruh periode pengukuran, dan <math>yrs</math> adalah jumlah tahun pengukuran.</p>
RAINHHMX (bulan)	<p>Hujan setengah jam maksimum dalam seluruh periode pengukuran dalam satu bulan (mm H<sub>2</sub>O) RAINHHMX adalah sepertiga dari curah hujan maksimum dalam satu bulan</p>
SOLARAV (bulan)	<p>Rata-rata radiasi matahari setiap bulan (MJ/m<sup>2</sup>/hari)</p> $\mu rad_{mon} = \frac{\sum_{d=1}^N H_{day,mon}}{N}$ <p>Dimana <math>\mu rad_{mon}</math> adalah rata-rata harian radiasi dalam satu bulan, <math>H_{day,mon}</math> adalah rata-rata radiasi matahari di hari <math>d</math> dalam bulan <math>mon</math> (MJ/m<sup>2</sup>/hari), dan <math>N</math> adalah jumlah hari dari pengukuran radiasi matahari dalam bulan <math>mon</math>.</p>

DATA	DEFINISI
DEWPT (bulan)	<p>Rata-rata kelembapan relatif (fraksi) setiap bulan (°C)</p> $\mu_{dew_{mon}} = \frac{\sum_{d=1}^N T_{dew,mon}}{N}$ <p>Dimana <math>\mu_{dew_{mon}}</math> adalah rata-rata harian kelembapan relatif (fraksi) dalam satu bulan, <math>T_{dew,mon}</math> adalah rata-rata kelembapan relatif di hari <math>d</math> dalam bulan <math>mon</math> (°C), dan <math>N</math> adalah jumlah hari dari pengukuran kelembapan relatif dalam bulan <math>mon</math>.</p>
WND AV (bulan)	<p>Rata-rata kecepatan angin setiap bulan (m/s)</p> $\mu_{wnd_{mon}} = \frac{\sum_{d=1}^N \mu_{wnd,mon}}{N}$ <p>Dimana <math>\mu_{wnd_{mon}}</math> adalah rata-rata harian kecepatan angin dalam satu bulan, <math>\mu_{wnd,mon}</math> adalah rata-rata kecepatan angin di hari <math>d</math> dalam bulan <math>mon</math> (m/s), dan <math>N</math> adalah jumlah hari dari pengukuran kecepatan angin dalam bulan <math>mon</math>.</p>

Sumber: Neitsch et. al., 2005

#### d. Membangun Input Data

Setelah berhasil memasukkan data iklim dan menjalankan weather generator, selanjutnya adalah memasukkan data input ke dalam basis data (database). Data input ini secara otomatis terbentuk berdasarkan delineasi DAS dan karakterisasi dari penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng. Pembuatan input data dilakukan dengan menggunakan menu *Write Input Data*, submenu *write SWAT input tables*. File data input untuk analisis hidrologi pada SWAT dapat dilihat dalam **Tabel 3.5**.



**Gambar 3.4** Menu *Write Input Tables*  
*Sumber: Penulis, 2017*

**Tabel 3.5** *File Data Input* untuk Analisis Hidrologi SWAT

NO	NAMA FILE	FUNGSI
1	<i>Configuration file (.fig)</i>	Mengidentifikasi dan mendefinisikan jaringan hidrologi sungai (DAS dan seluruh parameter di dalamnya)
2	<i>Soil data (.sol)</i>	Membuat data jenis tanah
3	<i>Weather generation data (.wgn)</i>	Membuat data generator iklim
4	<i>Subbasin general data (.sub)</i>	Membuat dan mengontrol keragaman data parameter di tingkat sub-DAS
5	<i>HRU general data (.hru)</i>	Membuat dan mengontrol keragaman data parameter di tingkat HRU
6	<i>Main channel data (.rte)</i>	Membuat data saluran utama (pergerakan air, sedimen, unsur hara, dan unsur kimia lainnya)

NO	NAMA FILE	FUNGSI
7	<i>Groundwater data (.gw)</i>	Membuat data air bawah tanah
8	<i>Water use data (.wus)</i>	Membuat data penggunaan air
9	<i>Management data (.mgt)</i>	Membuat data pengelolaan lahan
10	<i>Soil chemical data (.chm)</i>	Membuat data unsur kimia dalam tanah
11	<i>Pond data (.pnd)</i>	Membuat data untuk badan air
12	<i>Stream water quality data (.swq)</i>	Membuat data kualitas aliran air
13	<i>Operations data (.ops)</i>	Membuat data operasi
14	<i>Watershed general data (.bsn)</i>	Membuat dan mengontrol keragaman data parameter di tingkat DAS
15	<i>Master watershed file (.cio)</i>	File untuk mengontrol data <i>input</i> dan <i>output</i>

Sumber: Neitsch et. al., 2005

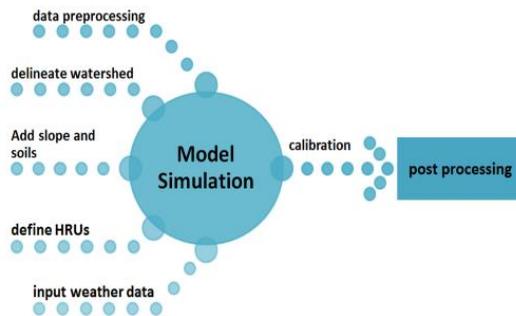
#### e. Simulasi SWAT

Simulasi SWAT dilakukan dengan menjalankan menu *Run SWAT*. Simulasi model SWAT dapat dilakukan setelah proses input data selesai dan basis data (*database*) telah dibangun. *Run model* dimulai dengan mengisi tanggal dimana simulasi dimulai dan tanggal simulasi berakhir, dalam penelitian ini simulasi dilakukan mulai tanggal 1 Januari 2016 dan berakhir pada tanggal 31 Desember 2016, hal ini dilakukan dengan alasan simulasi SWAT dijalankan selama satu tahun penuh pada tahun 2016. Setelah itu, langkah berikutnya adalah menentukan output simulasi SWAT yang diinginkan dalam bentuk data harian, bulanan, atau tahunan, serta data-data apa saja yang ingin diketahui. Dalam penelitian ini, output SWAT dipilih dalam bentuk keluaran harian.

Model SWAT yang telah dijalankan menghasilkan output file yang terpisah untuk *output* dalam tingkat HRU, subbasin, dan outlet sungai. *Output* yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui skenario tata guna lahan apa yang bisa diterapkan untuk mengurangi banjir di DAS Kedurus difokuskan pada debit

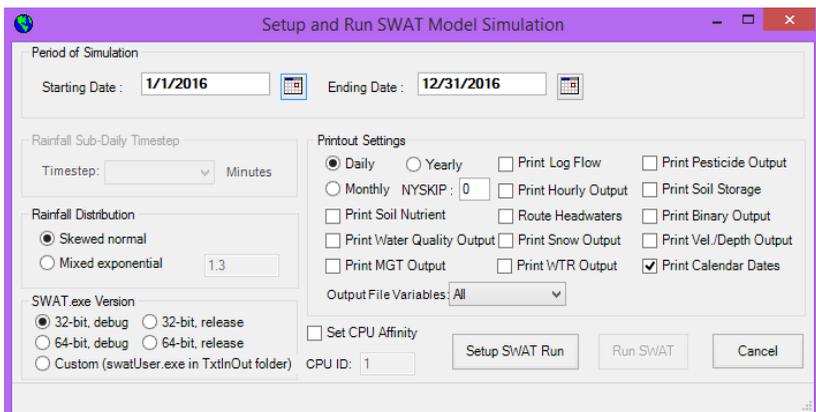
harian rata-rata yang dihasilkan pada *outlet* sungai (*tab flow\_out* dalam *file .rch*).

Dalam penelitian ini tidak dilakukan kalibrasi model dikarenakan tidak tersedianya data observasi debit sungai. Oleh karena itu, untuk mengetahui apakah skenario tata guna lahan yang terpilih dapat mengurangi banjir atau tidak didasarkan pada berkurangnya angka debit simulasi pada masing-masing skenario. Secara umum, tahapan dalam analisis hidrologi SWAT dapat dilihat dalam **Gambar 3.5**.



**Gambar 3.5** Proses Model SWAT

*Sumber: Kuhn, 2014*



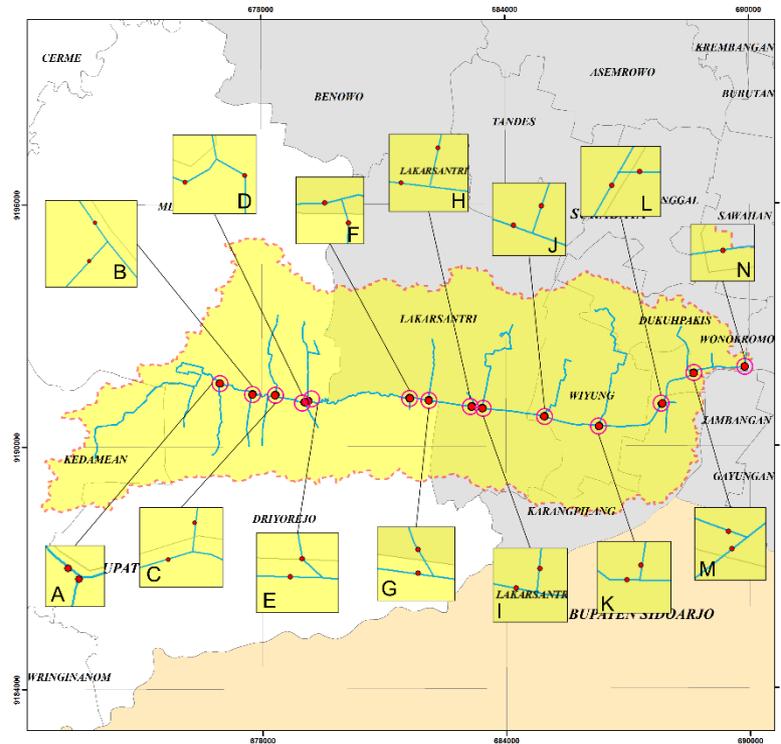
**Gambar 3.6** Menu *Run SWAT*

*Sumber: Penulis, 2017*

### **3.6.1.1 Penghitungan Kapasitas Saluran di DAS Kedurus**

#### **a. Penentuan Titik Survey Kapasitas Saluran**

Sebelum melakukan survey kapasitas saluran, terlebih dahulu menentukan titik-titik outlet yang akan menjadi titik pengukuran. Titik-titik survey yang terbentuk dihasilkan dari *overlay* peta titik outlet hasil simulasi SWAT dengan peta jaringan sungai eksisting. Titik outlet hasil simulasi dari SWAT tidak semuanya sesuai dengan kondisi eksisting di lapangan, oleh karena itu, pengukuran kapasitas sungai hanya dilakukan di titik-titik yang sesuai dengan titik outlet hasil simulasi delineasi SWAT. Hasil penentuan titik survey kapasitas saluran dapat dilihat dalam **Gambar 3.7**.



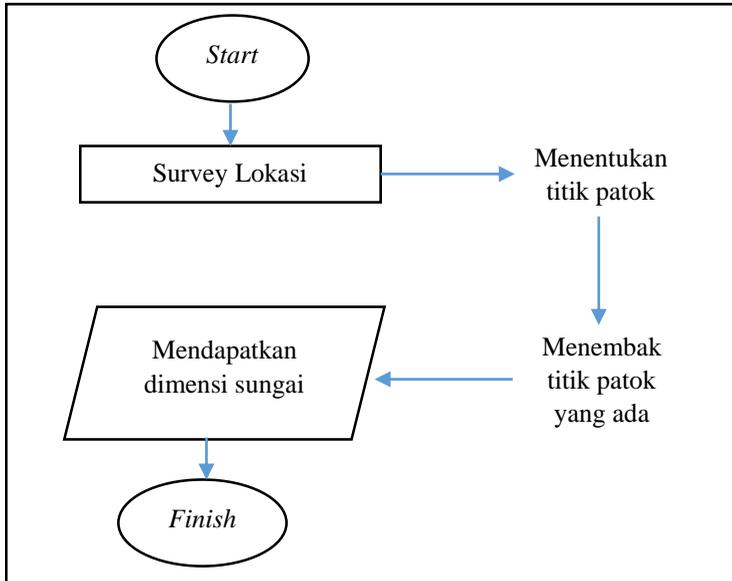
**Gambar 3.7 Titik Survey Kapasitas Saluran**

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

### b. Penentuan Dimensi Saluran

Ada beberapa tahapan yang harus dilakukan dalam melakukan penentuan dimensi saluran. Proses mendapatkan data dimensi saluran dapat dilihat dalam **Gambar 3.8** berikut ini.

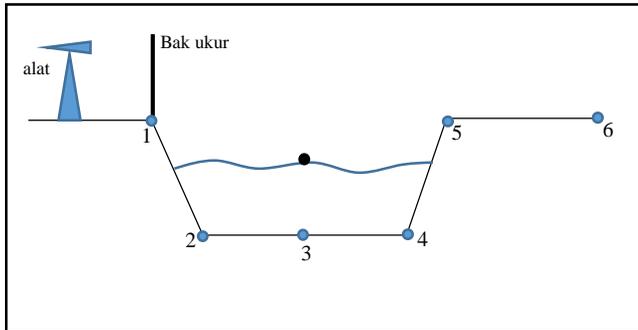


**Gambar 3.8 Bagan Alir Penentuan Dimensi Saluran**

*Sumber: Penulis, 2017*

1. Survey lokasi  
Bertujuan untuk mengetahui kondisi median secara real, untuk mempermudah penentuan patok pada penampang sungai yang akan ditembak.
2. Menentukan titik patok  
Bertujuan untuk memberikan tanda atau titik pada penampang untuk mempermudah dalam mendapatkan dimensi penampang tersebut.

3. Penembakan titik patok yang ada  
 Bertujuan untuk mengetahui elevasi serta jarak pada titik patok yang ditembak untuk mendapatkan dimensi penampangnya. Sketsa penembakan titik patok dengan alat waterpass adalah sebagai berikut.



**Gambar 3.9 Ilustrasi Penembakan Titik Patok**

*Sumber: Penulis, 2017*

### c. Penghitungan Kapasitas Saluran

Penghitungan kapasitas saluran didasarkan pada persamaan kontinuitas:

$$Q_{kap} = V \cdot A$$

dimana  $Q_{kap}$  adalah kapasitas saluran ( $m^3/s$ ),  $V$  adalah kecepatan aliran ( $m/s$ ), dan  $A$  ( $m^2$ ) adalah luas basah saluran.

Kecepatan aliran ( $V$ ) dapat dihitung menggunakan formula berikut ini.

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

dimana  $n$  merupakan koefisien perkerasan dasar saluran,  $R$  merupakan jari-jari basah, dan  $I$  merupakan kemiringan dasar saluran. Nilai  $n$  untuk masing-masing perkerasan dasar saluran adalah sebagai berikut.

$n = 0,018$  untuk plesteran tanah  
 $n = 0,019$  untuk plesteran batu kali  
 $n = 0,2$  untuk plesteran beton

Jari-jari hidrolis/jari-jari basah ( $R$  (m)) dapat dihitung menggunakan formula:

$$R = \frac{A}{P}$$

dimana  $A$  merupakan luas basah saluran ( $m^2$ ), dan  $P$  adalah keliling basah saluran (m).

Luas basah saluran ( $A$ ) dapat dihitung menggunakan formula:

$$A = (b + (m \cdot h)) \cdot h$$

dimana  $b$  adalah lebar dasar saluran (m),  $m$  merupakan kemiringan saluran basah (m),  $h$  merupakan ketinggian air dalam saluran (m).

Keliling basah saluran ( $P$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$P = b + (2h \cdot \sqrt{(1 + m^2)})$$

dimana  $b$  adalah lebar dasar saluran (m),  $m$  merupakan kemiringan saluran basah (m),  $h$  merupakan ketinggian air dalam saluran (m).

Kemiringan dasar saluran ( $I$  (m)) dapat dihitung berdasarkan persamaan:

$$I = \frac{(Elev_{upstream} - Elev_{downstream})}{2}$$

dimana  $Elev_{upstream}$  adalah elevasi dari hulu, dan  $Elev_{downstream}$  adalah elevasi dari hilir.

### 3.6.1.2 Mengidentifikasi Sub-DAS yang Mengalami Banjir

Identifikasi sub-DAS yang mengalami banjir membutuhkan data debit hasil simulasi (debit banjir) dan data kapasitas saluran di masing-masing outlet. Identifikasi sub-DAS yang mengalami banjir dilakukan dengan mengurangi debit hasil simulasi SWAT dengan kapasitas saluran di masing-masing outlet.

Jika debit hasil simulasi lebih kecil daripada kapasitas saluran, maka di lokasi tersebut tidak terjadi banjir (debit yang meluap akibat tidak bisa ditampung sungai), sedangkan sebaliknya, apabila debit hasil simulasi lebih besar dari kapasitas saluran, maka di lokasi tersebut terjadi banjir.

*Debit luapan = debit banjir/ debit simulasi – kapasitas saluran*

Dengan demikian dapat diketahui apakah di lokasi tersebut terjadi banjir atau tidak, sekaligus dapat diketahui informasi mengenai volume luapan dalam satu hari. Perhitungan volume luapan satu hari tidak dihitung dengan asumsi hujan turun selama 24 penuh, melainkan berdasarkan lama hujan tertinggi di Surabaya, yaitu selama 4 jam hujan (Andini & Putturuhu, 2016).

Perhitungan volume luapan adalah sebagai berikut:

*Volume luapan = debit luapan x jumlah detik dalam 4 jam hujan*

### **3.6.2 Mengidentifikasi skenario tata guna lahan yang berpotensi untuk diterapkan di DAS Kedurus untuk mengurangi banjir**

Mengadaptasi penelitian yang dilakukan oleh Pamungkas (2012), tahapan yang dilakukan dalam mengidentifikasi skenario tata guna lahan yang berpotensi untuk diterapkan dalam mengurangi banjir, antara lain sebagai berikut.

1. Menetapkan parameter untuk mengetahui dampak-dampak yang dihasilkan apabila terjadi perubahan variabel. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi banjir, oleh karena itu, parameter yang digunakan adalah debit harian rata-rata di sub-DAS yang mengalami banjir yang dihasilkan dari analisis sasaran 1.
2. Melakukan analisis sensitivitas terhadap perubahan variabel. Analisis sensitivitas adalah analisis yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi variabel yang sensitif atau variabel yang memiliki pengaruh tinggi terhadap suatu model (Pannell, 1997).

Perubahan variabel dalam analisis sensitivitas yang dilakukan mengacu pada perubahan variabel yang mendukung tujuan penelitian, yaitu untuk mengurangi banjir, salah satunya adalah dengan mengubah kawasan terbangun menjadi RTH.

Dalam analisis sensitivitas, perubahan variabel yang memungkinkan dalam mengurangi banjir diubah nilainya menjadi  $\pm 10\%$  dari nilai eksistingnya. Jumlah perubahan variabel yang dilakukan dalam analisis sensitivitas adalah 54. Dari analisis ini dapat diketahui perubahan variabel yang mana yang memiliki pengaruh yang tinggi terhadap debit harian rata-rata di sub-DAS yang mengalami banjir. Dari hasil tersebut kemudian bisa didapatkan variabel mana yang diprioritaskan untuk diubah dalam mengurangi banjir.

3. Setelah mendapatkan prioritas perubahan variabel, kemudian menyusun skenario penggunaan lahan (yang merupakan hasil dari analisis sebelumnya, bisa terdiri dari satu atau lebih perubahan variabel) yang memungkinkan untuk diterapkan di wilayah penelitian.

### **3.6.3 Mengidentifikasi skenario tata guna lahan yang paling tepat dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus**

Skenario yang tersusun dalam sasaran sebelumnya kemudian diuji kembali menggunakan model SWAT untuk mengetahui berapa debit yang berhasil dikurangi dengan penerapan skenario tersebut. Hasil dari simulasi tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi sasaran pertama (debit simulasi SWAT sebelum penerapan skenario) untuk mengetahui selisih debit simulasi dan dibandingkan dengan kapasitas saluran untuk mengetahui berapa volume banjir yang terjadi setelah penerapan skenario. Untuk mengetahui berapa volume yang banjir dalam satu hari, digunakan perhitungan yang sama seperti pada sasaran pertama, yaitu sebagai berikut.

*Volume luapan = debit luapan x jumlah detik dalam 4 jam hujan*

Jika hasil simulasi skenario mampu mengurangi banjir hingga nol, maka sudah dapat ditarik kesimpulan mengenai skenario yang efektif dalam mengurangi banjir. Jika hasil simulasi skenario belum mampu mengurangi banjir hingga nol di seluruh sub-DAS yang terkena banjir, maka dilakukan pembentukan skenario baru yang merupakan modifikasi dari satu atau beberapa perubahan variabel dari skenario sebelumnya. Perubahan variabel yang dilakukan berdasarkan pada prioritas perubahan variabel yang dihasilkan dari analisis sensitivitas yang telah dilakukan sebelumnya.

### **3.7 Tahapan Penelitian**

Kegiatan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang meliputi perumusan masalah, kajian pustaka, pengumpulan data, analisis, dan penarikan kesimpulan.

#### **1. Perumusan masalah**

Kegiatan pada tahap ini adalah mengidentifikasi permasalahan. Permasalahan dimulai dengan fenomena pertumbuhan penduduk yang pesat sehingga mengakibatkan peningkatan permintaan akan lahan untuk permukiman dan kegiatan ekonomi. Perkembangan yang pesat dan fenomena urbanisasi ke perkotaan yang semakin hari kian meningkat menambah keterbatasan lahan. Alih fungsi lahan untuk konservasi menjadi budidaya mengakibatkan pada peningkatan volume air permukaan pada musim penghujan yang berdampak pada terjadinya banjir. Sebagian wilayah DAS Kedurus merupakan daerah rawan banjir dimana banjir selalu terjadi ketika musim penghujan tiba dengan kedalaman hingga melebihi 1 meter. Sementara itu, daerah di sekitar DAS Kedurus merupakan daerah yang penting bagi perekonomian Kota Surabaya dan Kabupaten Gresik. Sehingga perlu adanya skenario pengurangan banjir berdasarkan tata guna lahan di DAS Kedurus untuk

memberikan alternatif mengenai langkah-langkah pengurangan banjir berbasis tata guna lahan.

2. Kajian Pustaka

Kajian pustaka dilakukan untuk mengumpulkan data atau informasi yang berkaitan dengan penelitian berupa teori dan konsep yang bersumber dari buku, jurnal penelitian, artikel, dan lain sebagainya. Hasil kajian tersebut berguna untuk merumuskan landasan teori yang berkaitan dengan penelitian. Teori yang digunakan dalam penelitian ini adalah teori WSC, teori hidrologi DAS, teori banjir, serta teori tentang tata guna lahan daerah aliran sungai.

3. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan melalui survey primer dan survey sekunder. Sebagai input penelitian, data dikumpulkan dan dikompilasi dengan sebaik-baiknya karena kelengkapan dan keakuratan data sangat berpengaruh terhadap proses analisis dan hasil penelitian. Kebutuhan data disesuaikan dengan variabel yang digunakan dalam penelitian.

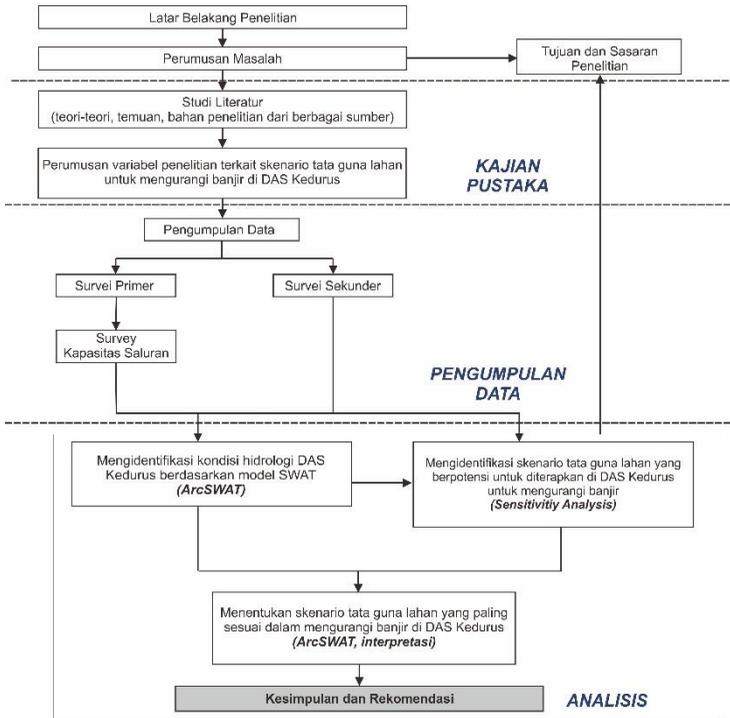
4. Analisis

Kegiatan analisis dilakukan untuk menjabarkan masing-masing sasaran yang telah ditentukan. Setelah memperoleh data yang dibutuhkan, dilakukan tahap analisis yang sesuai dengan tahapan sasaran penelitian yang telah ditetapkan pada metodologi penelitian. Hasil dari analisis data digunakan sebagai dasar penarikan kesimpulan.

5. Penarikan kesimpulan

Penarikan kesimpulan didasarkan pada hasil proses analisis yang telah dilakukan sesuai dengan masing-masing sasaran sehingga diperoleh skenario tata guna lahan yang paling sesuai untuk mengurangi banjir di DAS Kedurus.

### 3.8 Kerangka Pemikiran Studi



**Gambar 3.10 Kerangka Berpikir Penelitian**

Sumber: Penulis, 2017

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

#### 4.1.1 Orientasi Wilayah Penelitian

Wilayah penelitian, dalam hal ini adalah DAS Kedurus, merupakan sebuah *catchment area* dari Sungai Kedurus yang memiliki hulu di Kabupaten Gresik dan memiliki hilir di Kota Surabaya. DAS Kedurus terletak di antara 112°33'40" BT - 112°43'30" BT, dan 7°16'35" LS - 7°20'25" LS. Daerah Aliran Sungai Kedurus yang menjadi wilayah penelitian merupakan hasil deliniasi wilayah berdasarkan kondisi fisik menggunakan *software* ArcSWAT2012 dengan input data peta DEM IFSAR tahun 2013 dengan ukuran *cell* 3 m x 3 m. Wilayah penelitian memiliki luas wilayah sebesar 7.270,10 ha dan masuk ke dalam wilayah administrasi Kecamatan Wiyung, Lakarsantri, Driyorejo, Kedamean, Menganti, dan sebagian kecil Kecamatan Jambangan dan Karangpilang. Batas administrasi wilayah penelitian adalah sebagai berikut:

- Sebelah utara : Kec. Lakarsantri
- Sebelah timur : Kec. Jambangan
- Sebelah selatan : Kec. Karangpilang dan Kab. Sidoarjo
- Sebelah barat : Kec. Kedamean dan Kec. Menganti

Peta lokasi wilayah penelitian dapat dilihat dalam **Gambar 1.1** dalam **Bab I**.

## 4.1.2 Kondisi Fisik

### 4.1.2.1 Kemiringan Lereng

Kelas kemiringan lereng dibagi menjadi 5 kelas, yaitu 0-8% (landai), 8-15% (bergelombang), 15-25% (berbukit), 25-45% (curam) dan >45% (sangat curam). Di wilayah DAS Kedurus, kemiringan lereng mayoritas adalah 0-8% atau masuk dalam kategori landai. Peta kemiringan lereng dapat dilihat dalam **Gambar 4.1**.

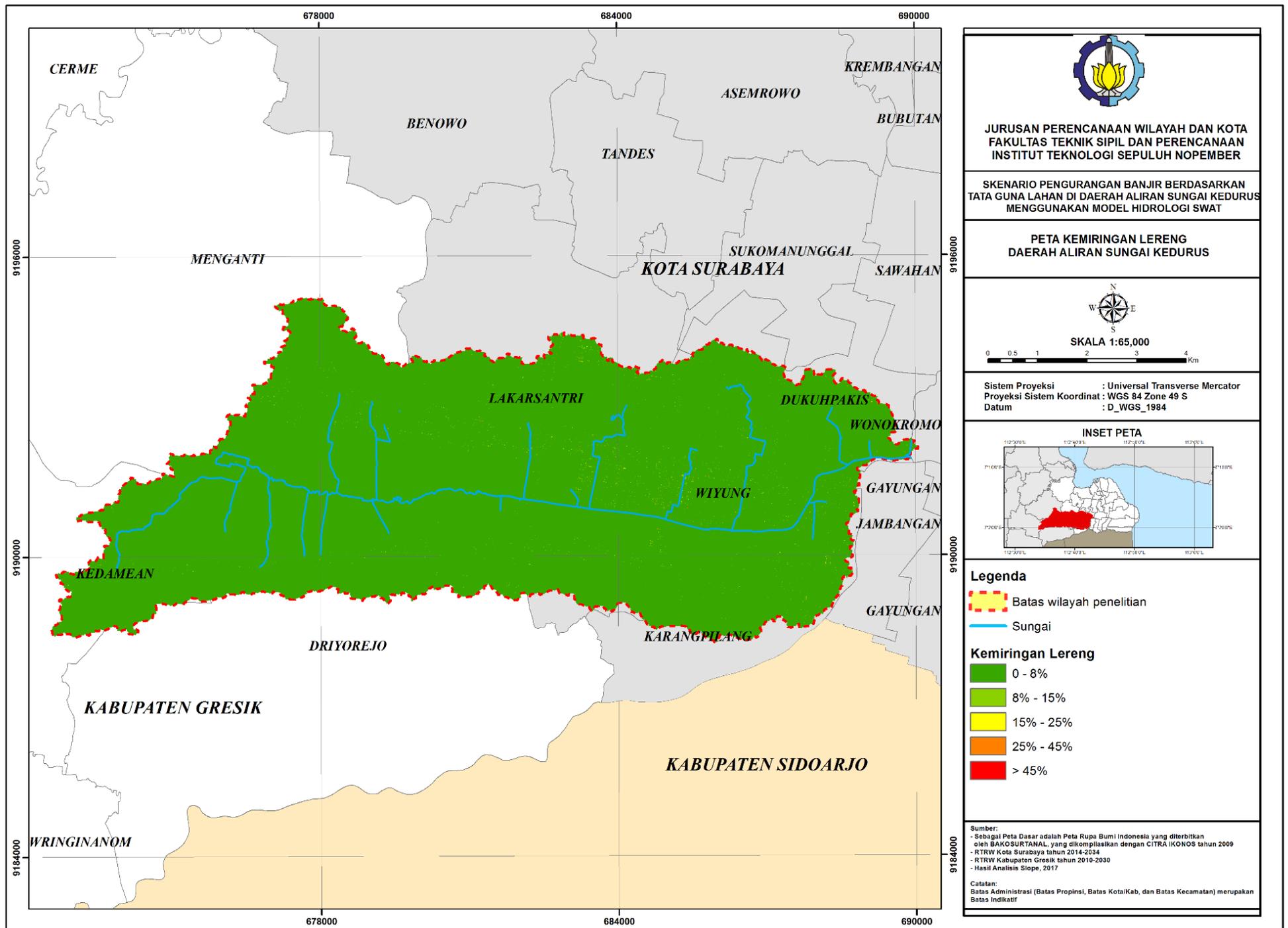
### 4.1.2.2 Jenis Tanah

Jenis tanah Daerah Aliran Sungai Kedurus berdasarkan RTRW Kota Surabaya Tahun 2014-2034 dan RTRW Kabupaten Gresik Tahun 2010-2030 terdiri dari 3 jenis, yaitu alluvial kelabu, alluvial kelabu tua, dan grumosol kelabu tua. Peta jenis tanah dapat dilihat dalam **Gambar 4.2**.

**Tabel 4.1 Kondisi Tanah di DAS Kedurus**

No.	Jenis Tanah	% Luas DAS	Tekstur Permukaan Tanah (%)		
			Pasir	Debu	Lempung
1	Aluvial kelabu	34.03	9.24	31.44	59.32
2	Aluvial kelabu tua	33.96	12.06	30.46	57.48
3	Grumosol kelabu tua	32.02	33	29	38

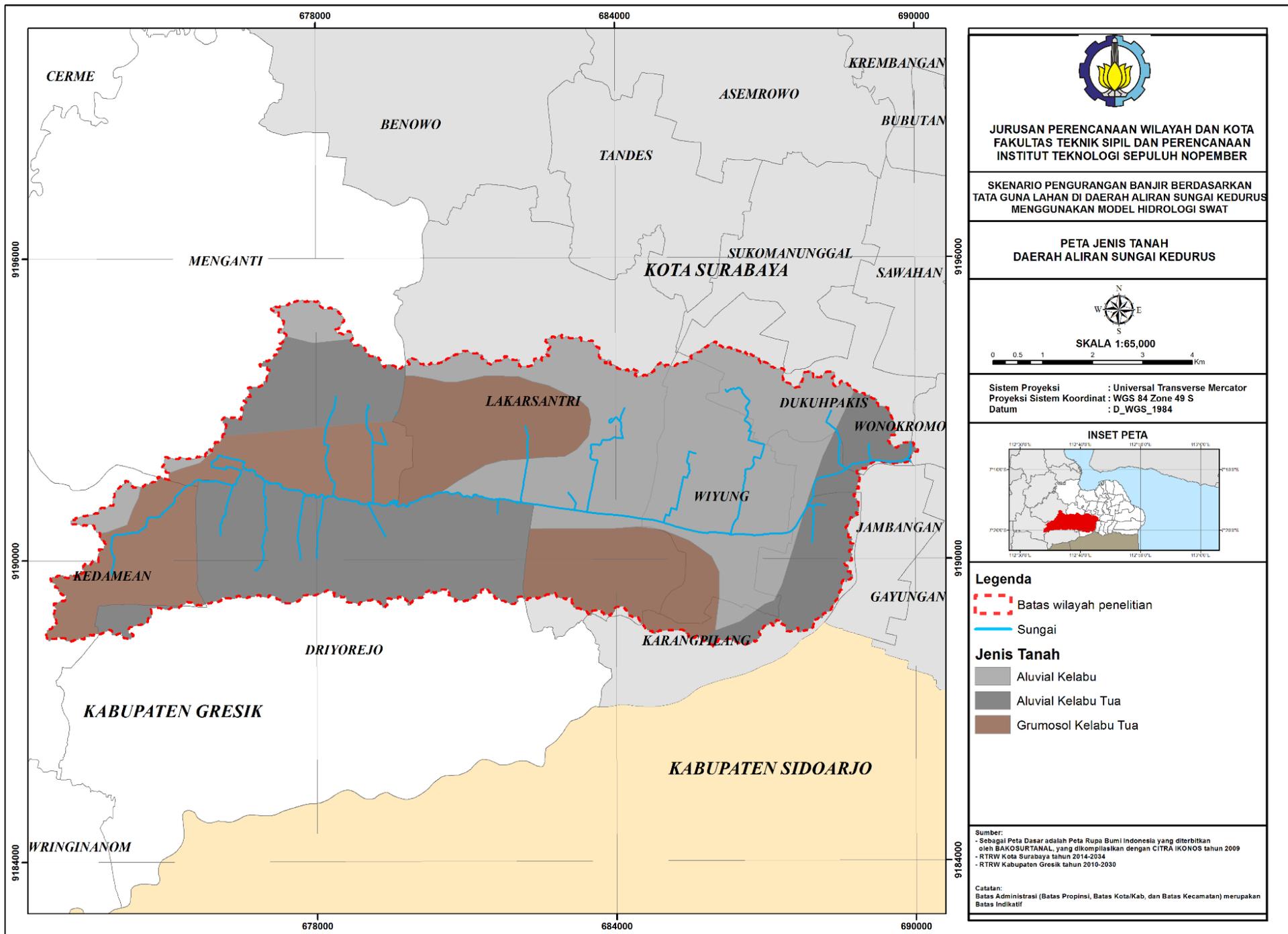
*Sumber: RTRW Kota Surabaya Tahun 2014-2034 dan RTRW Kabupaten Gresik Tahun 2010-2030, Harmonized World Soil Database*



**Gambar 4.1 Peta Kemiringan Lereng DAS Kedurus**

Sumber: Hasil Analisis, 2017

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Gambar 4.2** Peta Jenis Tanah DAS Kedurus

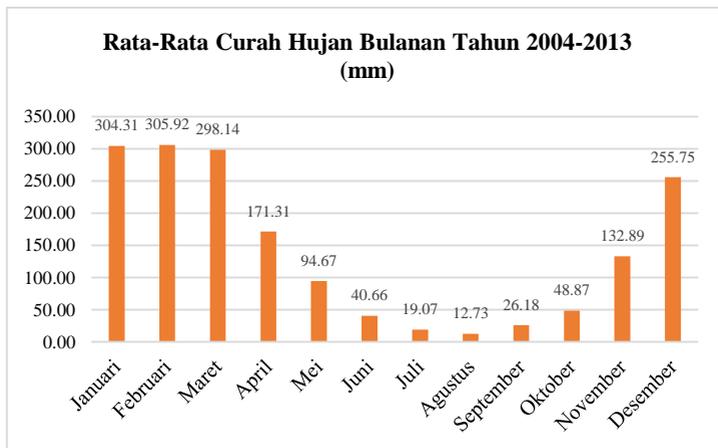
Sumber: RTRW Kota Surabaya 2014-2034 & RTRW Kab. Gresik 2010-2030

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

### 4.1.3 Kondisi Iklim

#### 4.1.3.1 Curah Hujan

Berdasarkan data dari SWAT *global weather database*, dalam waktu 10 tahun yaitu dari tahun 2004 hingga tahun 2013, curah hujan rata-rata bulanan di Stasiun Meteorologi Perak II adalah sebesar 12.73 mm hingga 305.92 mm. Curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus, sedangkan curah hujan paling tinggi terjadi pada bulan Februari. Rata-rata curah hujan bulanan tahun 2004-2013 dapat dilihat dalam **Lampiran A**.

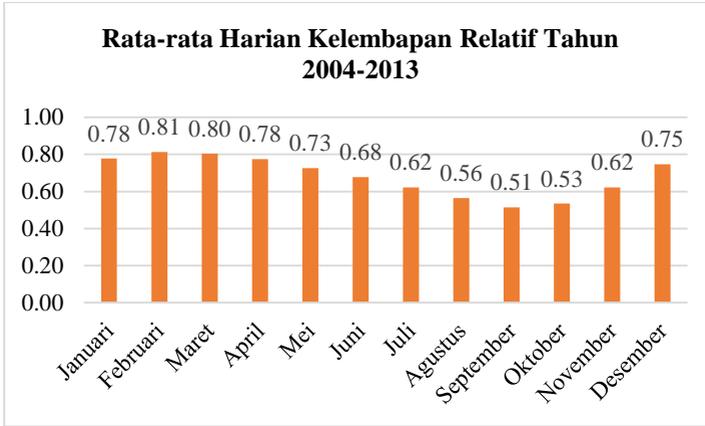


**Gambar 4.3 Grafik Rata-Rata Curah Hujan Bulanan Tahun 2004-2013**

*Sumber: Global Weather Database, 2017*

#### 4.1.3.2 Kelembapan Relatif

Berdasarkan data dari SWAT *Global Weather Database* tahun 2004-2013, rata-rata harian kelembapan relatif di Stasiun Meteorologi Perak II Surabaya berada pada rentang 51%-81%. Rata-rata harian kelembapan relatif terendah terjadi pada bulan September dan rata-rata harian kelembapan relatif paling tinggi terjadi pada bulan Februari. Rata-rata kelembapan relatif harian tahun 2004-2013 dapat dilihat dalam **Lampiran B**.

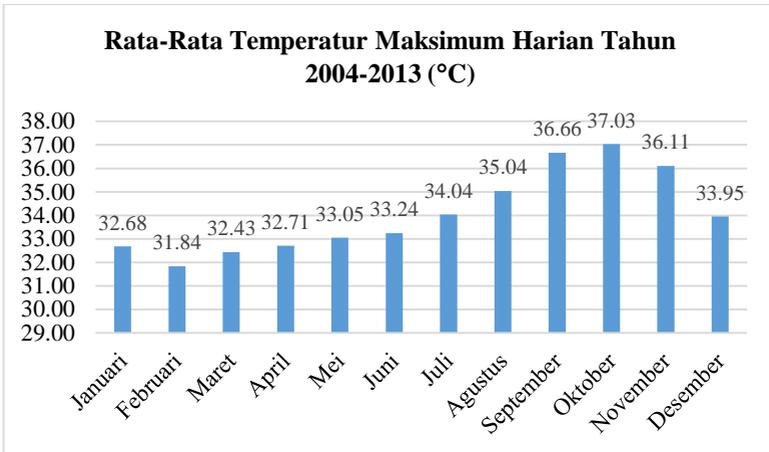


**Gambar 4.4 Grafik Rata-Rata Kelembapan Relatif Harian  
Tahun 2004-2013**

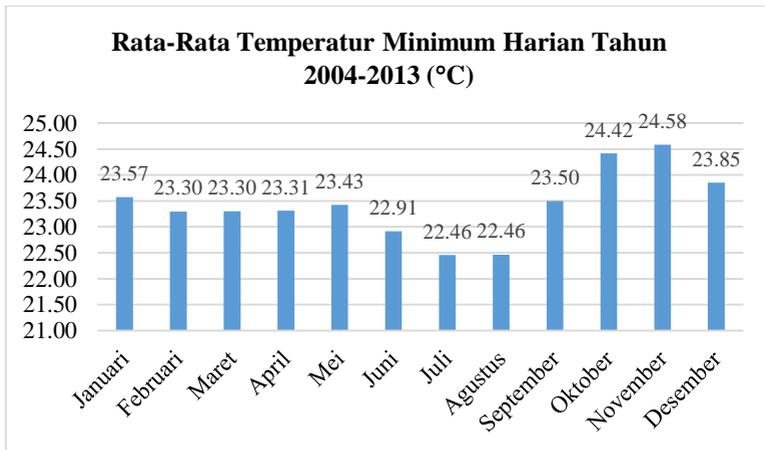
*Sumber: Global Weather Database, 2017*

#### 4.1.3.3 Temperatur

Berdasarkan data dari SWAT Global Weather Database tahun 2004-2013, rata-rata harian temperature maksimum di Stasiun Meteorologi Perak II adalah antara 31,84°C hingga 37.03°C. Sementara rata-rata harian temperature minimum di Stasiun Meteorologi Perak II adalah antara 22.46°C yang terjadi pada bulan Juli dan Agustus hingga 24.58°C yang terjadi pada bulan November. Grafik rata-rata harian temperature maksimum dan temperature minimum terdapat dalam **Gambar 4.5**. Rata-rata temperatur maksimum dan minimum harian tahun 2004-2013 dapat dilihat dalam **Lampiran C** dan **Lampiran D**.



(a)



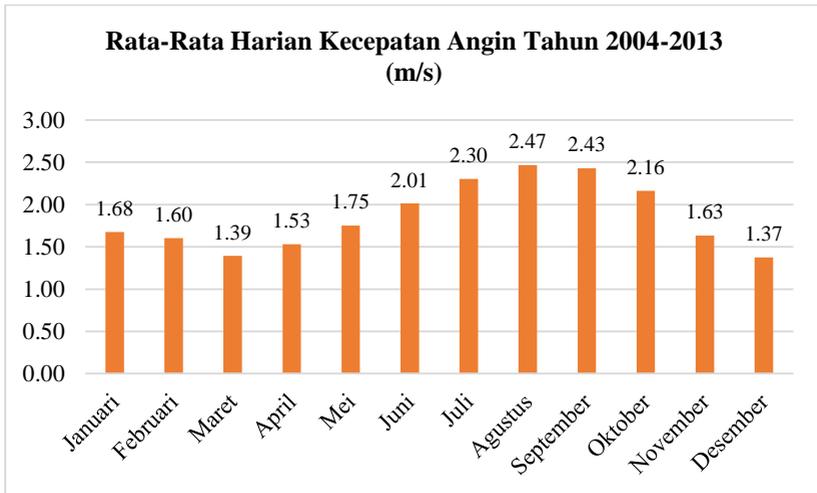
(b)

**Gambar 4.5 Grafik Rata-Rata (a) Temperatur Maksimum dan (b) Temperatur Minimum Harian Tahun 2004-2013**

*Sumber: Global Weather Database, 2017*

#### 4.1.3.4 Kecepatan Angin

Berdasarkan data dari *Global Weather Database* pada tahun 2004-2013, rata-rata harian kecepatan angin di Stasiun Meteorologi Perak II Surabaya adalah antara 1,37-2,47 m/s. Kecepatan angin terendah terjadi pada bulan Desember sedangkan kecepatan angina paling tinggi terjadi pada bulan Agustus. Rata-rata kecepatan angin harian tahun 2004-2013 dapat dilihat dalam **Lampiran E**.

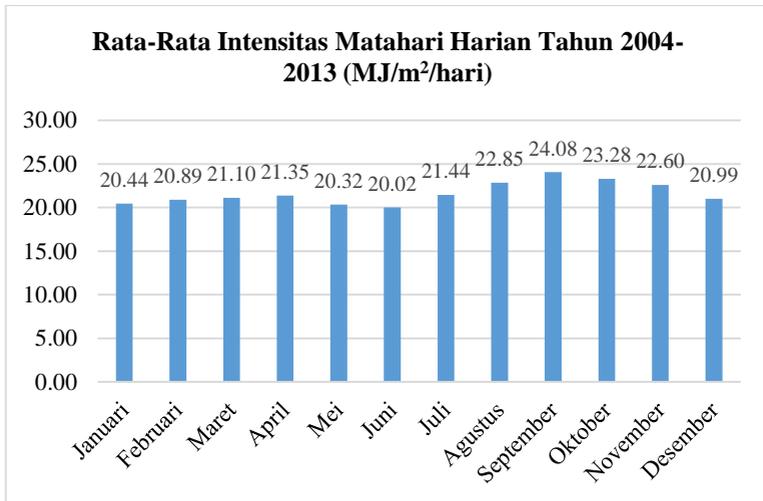


**Gambar 4.6 Grafik Rata-Rata Kecepatan Angin Harian Tahun 2004-2013**

*Sumber: Global Weather Database, 2017*

#### 4.1.3.5 Penyinaran Matahari

Berdasarkan data dari *Global Weather Database* yang diwakili oleh Stasiun Meteorologi Perak II Surabaya pada tahun 2004-2013, rata-rata harian radiasi matahari adalah antara 20,02-24,08 MJ/m<sup>2</sup>/hari. Besarnya radiasi matahari di Kota Surabaya setiap bulannya relatif sama. Rata-rata radiasi matahari harian tahun 2004-2013 dapat dilihat dalam **Lampiran F**.



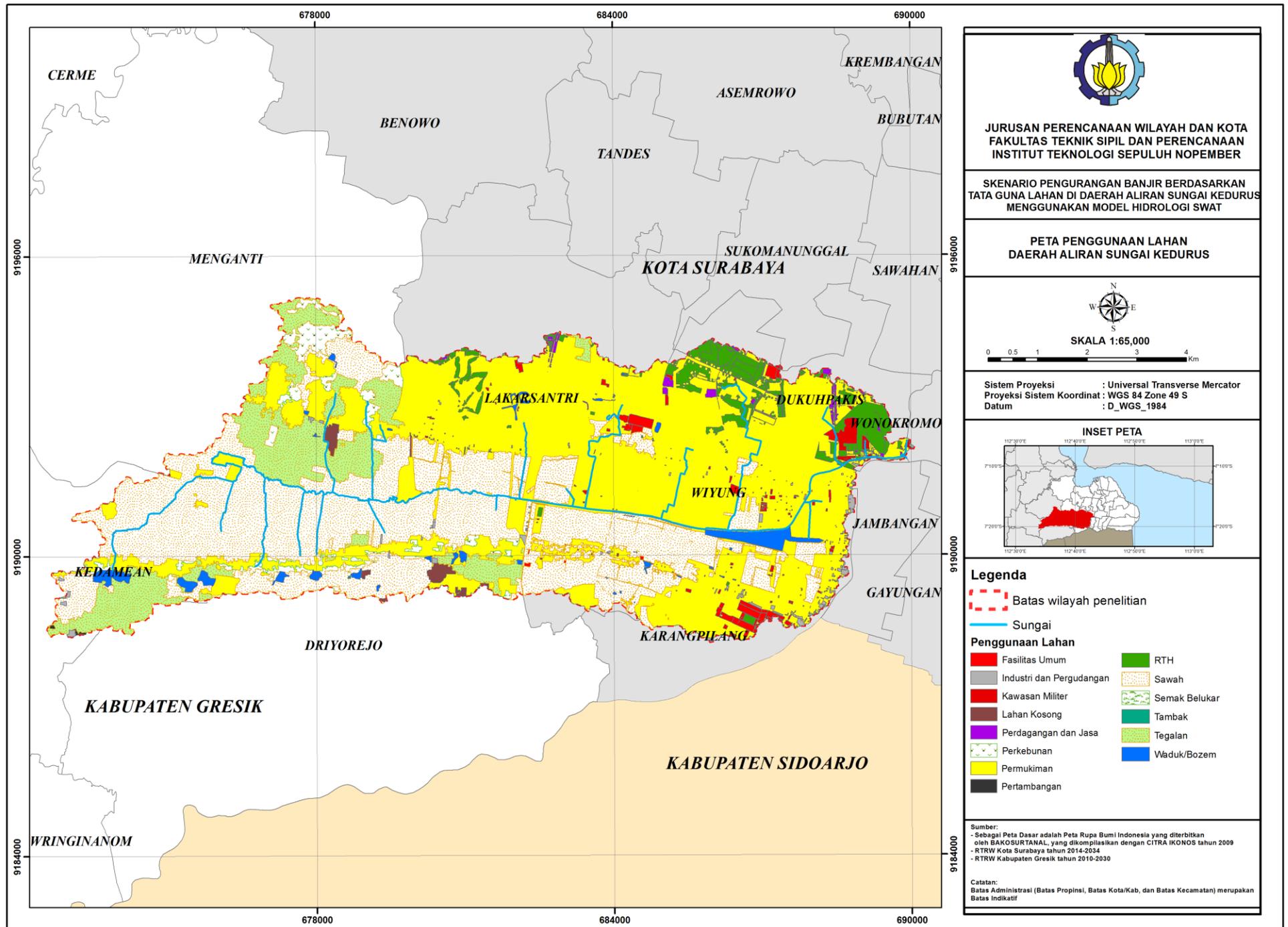
**Gambar 4.7 Grafik Rata-Rata Radiasi Matahari Harian Tahun 2004-2013**

*Sumber: Global Weather Database, 2017*

#### 4.1.4 Penggunaan Lahan

Berdasarkan data penggunaan lahan dari Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya dan Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Gresik pada DAS Kedurus terdapat beberapa penggunaan lahan antara lain bozem, fasilitas umum, industri dan pergudangan, kawasan militer, perdagangan dan jasa, permukiman, RTH, sawah, tegalan, perkebunan, semak belukar, pertambangan, tambak ikan, dan lahan terbuka. Penggunaan lahan di wilayah penelitian didominasi oleh penggunaan lahan berupa permukiman dengan luas 3.214,79 ha. Peta penggunaan lahan dapat dilihat dalam **Gambar 4.8**.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**Gambar 4.8 Peta Penggunaan Lahan di DAS Kedurus**  
Sumber: RTRW Kota Surabaya 2014-2034 & RTRW Kab. Gresik 2010-2030

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

Tabel 4.2 Kondisi Penggunaan Lahan di DAS Kedurus

No.	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Gambar	Keterangan
1	Bozem	105,04		Bozem banyak ditemukan di sisi selatan sungai Kedurus mulai di Kecamatan Driyorejo
2	Fasilitas umum	87,16		Fasilitas umum di wilayah penelitian meliputi fasilitas pendidikan mulai jenjang pendidikan PG, TK, SD hingga perguruan tinggi. Fasilitas umum di wilayah penelitian

No.	Pergunaan Lahan	Luas (ha)	Gambar	Keterangan
				juga meliputi fasilitas peribadatan berupa masjid dan mushola.
3	Industri dan pergudangan	35,78		Tersebar di seluruh wilayah penelitian. Kawasan industry dan pergudangan di wilayah penelitian saat ini berupa industry skala kecil dan pergudangan
4	Kawasan militer	31,54		Yang dimaksud kawasan militer di wilayah penelitian adalah Kantor Koramil 0832/06 di Kecamatan Karangpilang

No.	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Gambar	Keterangan
5	Perdagangan dan jasa	23,36		<p>Lokasi perdagangan dan jasa terletak linier dengan jalan utama. Perdagangan dan jasa di wilayah penelitian terdiri dari perdagangan jasa skala kecil seperti toko, hingga perdagangan dan jasa skala menengah hingga besar seperti pertokoan, kantor developer.</p>

No.	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Gambar	Keterangan
6	Permukiman	3.214,79		<p>Permukiman tersebar di seluruh wilayah DAS Kedurus. Rata-rata dan mayoritas KDB dari permukiman di wilayah penelitian adalah sebesar 80%, atau dalam hal ini termasuk kategori permukiman kepadatan tinggi. Permukiman di DAS Kedurus juga merupakan permukiman dengan rumah tipe tunggal.</p>

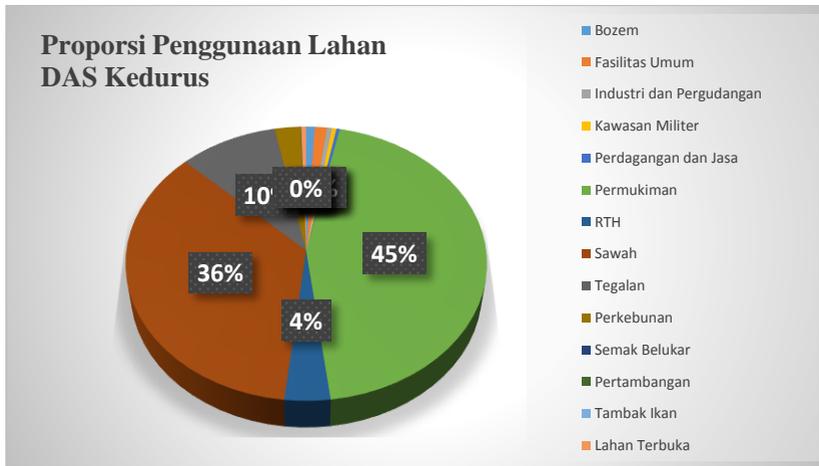
No.	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Gambar	Keterangan
7	RTH	267,43		RTH di DAS Kedurus saat ini berupa RTH milik Koramil dan berupa lapangan golf
8	Sawah	2.564,55		Luas sawah di DAS Kedurus meliputi 36% dari luas DAS. Peruntukan lahan berupa sawah banyak dijumpai di sisi selatan sungai Kedurus dari wilayah Kecamatan Wiyung, Surabaya, hingga Kecamatan Kedamean, Kab. Gresik

No.	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Gambar	Keterangan
9	Tegalan	718,41		Tegalan di wilayah penelitian banyak ditemukan di wilayah Kecamatan Menganti, Kab. Gresik
10	Perkebunan	183,21		Perkebunan di wilayah studi banyak ditemukan di Kecamatan Menganti Kabupaten Gresik

No.	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Gambar	Keterangan
11	Semak belukar	1,80		Semak belukar terdapat di sebagian kecil wilayah penelitian
12	Pertambangan	1,96		Daerah pertambangan terletak di sebagian Kecamatan Driyorejo dan Kecamatan Kedamean, Kabupaten Gresik. Potensi pertambangannya adalah dengan adanya beberapa jenis bahan galian golongan C

No.	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Gambar	Keterangan
13	Tambak ikan	0,28		Tambak ikan di wilayah penelitian memiliki luas yang kecil dan dapat ditemukan di wilayah Kecamatan Driyorejo
14	Lahan terbuka/kosong	35,11		Lahan terbuka/lahan kosong di wilayah penelitian memiliki karakteristik masih memiliki rerumputan di atasnya

*Sumber: RTRW Kota Surabaya 2014-2034 & RTRW Kab. Gresik 2010-2030 dan Survey Primer, 2017*



**Gambar 4.9** Persentase Penggunaan Lahan di DAS Kedurus

*Sumber: RTRW Kota Surabaya 2014-2034 & RTRW Kab. Gresik 2010-2030*

## 4.2 Analisis Kondisi Hidrologi DAS Kedurus Menggunakan Model Hidrologi SWAT

Pada penelitian ini dilakukan analisis SWAT menggunakan ArcSWAT 2012. ArcSWAT merupakan ekstensi dari ArcMAP. Pada simulasi SWAT ini ada empat tahapan yang harus dilakukan antara lain proses deliniasi DAS dan sub-DAS, pembentukan *hydrological response unit* (HRU), pembentukan data iklim, dan proses simulasi SWAT.

### 4.2.1 Deliniasi DAS

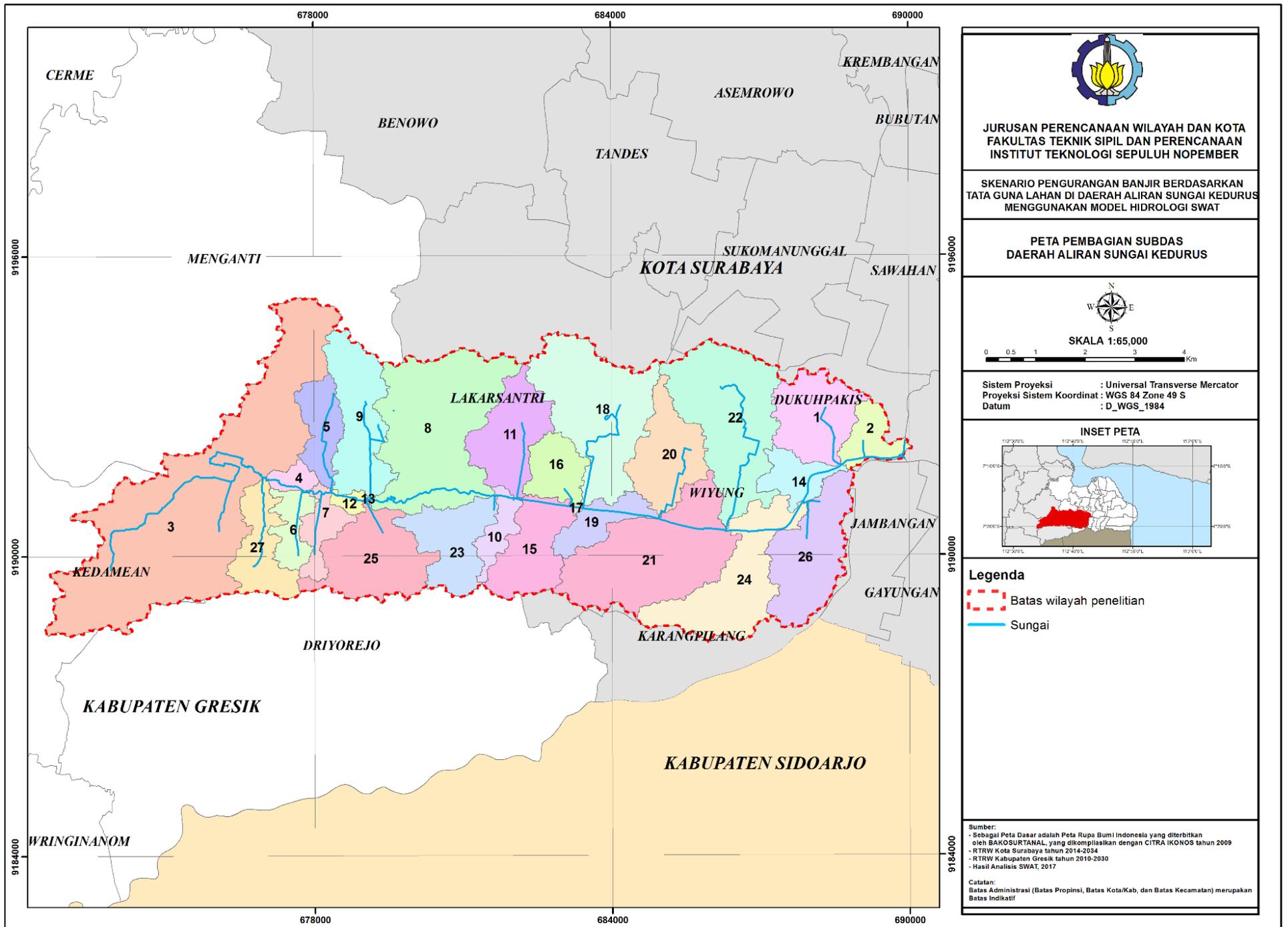
Deliniasi DAS Kedurus dilakukan menggunakan input data peta DEM IFSAR dari Dinas Perumahan Rakyat, Kawasan Permukiman, Cipta Karya dan Tata Ruang Provinsi Jawa Timur dengan resolusi 3 m serta peta jaringan sungai eksisting. Pembagian subbasin merupakan prosedur dalam SWAT dengan membagi wilayah DAS berdasarkan topografi dan jaringan sungai. Hasil dari proses deliniasi telah membentuk 27 sub-DAS dengan luas antara 0,57 ha hingga 1.375,83 ha. Total luas DAS yang didapatkan adalah 7.270,10 ha. Luas masing-masing subbasin

dapat dilihat dalam **Tabel 4.3**. Sementara itu, peta hasil pembagian sub-DAS dapat dilihat dalam **Gambar 4.10**.

**Tabel 4.3 Luas Masing-Masing Sub-DAS Kedurus**

<b>Sub-DAS</b>	<b>Luas (Ha)</b>	<b>Sub-DAS</b>	<b>Luas (Ha)</b>
1	251,62	15	227,26
2	105,31	16	132,73
3	1.375,83	17	3,68
4	43,09	18	511,81
5	140,94	19	117,73
6	98,08	20	248,44
7	99,95	21	561,37
8	645,11	22	514,97
9	300,16	23	225,98
10	78,98	24	376,37
11	251,97	25	311,19
12	25,57	26	326,08
13	0,57	27	184,79
14	110,52		

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*



**Gambar 4.10 Peta Pembagian Sub-DAS Wilayah Penelitian**

Sumber: Hasil Analisis, 2017

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

#### 4.2.2 Pembentukan *Hydrological Response Unit* (HRU)

Unit Respon Hidrologi (*Hydrological Response Unit*) adalah unit analisis hidrologi yang terbentuk berdasarkan hasil *overlay* dari peta penggunaan lahan, peta jenis tanah, dan peta kemiringan lereng. Peta penggunaan lahan direklasifikasi disesuaikan dengan klasifikasi penggunaan lahan dalam SWAT. Reklasifikasi penggunaan lahan berdasarkan SWAT dapat dilihat dalam **Tabel 4.4**. Hasil pembentukan HRU memberikan informasi mengenai penggunaan lahan, jenis tanah, kemiringan lereng, luas area HRU. Dalam penelitian ini diketahui bahwa jumlah HRU yang terbentuk adalah 216 pada 27 subbasin di DAS Kedurus. Pembagian HRU dilakukan dengan menggunakan ambang batas (*threshold*) sebesar 0% pada penggunaan lahan, jenis tanah, maupun kemiringan lereng, yang artinya seluruh luas dari wilayah subbasin di DAS Kedurus yang telah terbentuk diperhitungkan dalam pembentukan HRU.

**Tabel 4.4 Reklasifikasi Penggunaan Lahan di DAS Kedurus Berdasarkan Model SWAT**

No.	Penggunaan Lahan Eksisting	Penggunaan Lahan SWAT	Keterangan
1.	Bozem	<i>Wetlands Non-Forested (WETN)</i>	WETN adalah klasifikasi SWAT untuk badan air
2.	Fasilitas Umum	<i>Urban Institutional (UINS)</i>	Fasilitas umum meliputi fasilitas pendidikan, fasilitas kesehatan, instansi pemerintahan, fasilitas peribadatan
3.	Industri dan pergudangan	<i>Urban industrial (UIDU)</i>	Kawasan industri dan pergudangan dalam kota
4.	Kawasan militer	<i>Urban Institutional (UINS)</i>	Kawasan militer termasuk dalam fasilitas umum

No.	Penggunaan Lahan Eksisting	Penggunaan Lahan SWAT	Keterangan
5.	Perdagangan dan jasa	<i>Urban commercial (UCOM)</i>	Kawasan perdagangan dan jasa dalam kota
6.	Permukiman	<i>Urban residential-high density (URHD)</i>	Menurut LULC Classification, URHD merupakan kawasan permukiman kepadatan tinggi dengan KDB > 65%
7.	RTH	<i>Forest-mixed (FRST)</i>	Lahan terbuka dengan berbagai tanaman campuran pepohonan dan sejenis semak
8.	Sawah	<i>Oryza sativa (RICE)</i>	Lahan pertanian dengan padi sebagai komoditas yang ditanam
9.	Tegalan	<i>Agricultural land-row crop (AGRR)</i>	Lahan pertanian dengan tanaman yang ditanam secara berbaris
10.	Perkebunan	<i>Agricultural land-generic (AGRL)</i>	Lahan pertanian dengan tanaman perkebunan
11.	Semak belukar	<i>Range brush (RNGB)</i>	<i>Range brush</i> adalah klasifikasi untuk tanaman sejenis semak belukar
12.	Pertambangan	<i>Urban industrial (UIDU)</i>	Pertambangan dikategorikan sebagai industry (LULC)
13.	Tambak ikan	<i>Wetlands Non-Forested (WETN)</i>	Tambak ikan termasuk dalam kategori badan air, karena permukaan dari tambak ikan adalah air
14.	Lahan terbuka	<i>Pasture (PAST)</i>	<i>Pasture</i> adalah lahan terbuka yang ditumbuhi beberapa rerumputan

Sumber: Hasil Analisis, 2017

Hasil pembentukan HRU yang berupa pembagian penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan lereng dalam tiap sub-DAS adalah sebagai berikut.

#### a. Sub-DAS 1

Berdasarkan pembentukan HRU, sub-DAS 1 memiliki total 9 HRU. HRU yang dominan di sub-DAS 1 adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa permukiman dengan jenis tanah alluvial kelabu dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.5 HRU Sub-DAS 1**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Fasilitas Umum	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	18,40
Perdagangan dan Jasa	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	0,79
RTH	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	20,11
Permukiman	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	25,47
Industri dan Pergudangan	Aluvial Kelabu	0-8%	0,26
Perdagangan dan Jasa	Aluvial Kelabu	0-8%	6,50
RTH	Aluvial Kelabu	0-8%	16,17
Fasilitas Umum	Aluvial Kelabu	0-8%	1,43
Permukiman	Aluvial Kelabu	0-8%	162,4
			9

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

#### b. Sub-DAS 2

Sub-DAS 2 memiliki 5 HRU, dimana HRU yang dominan adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa RTH, jenis tanah alluvial kelabu tua, dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.6 HRU Sub-DAS 2**

HRU			Luas (Ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Industri dan Pergudangan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	1,04
Perdagangan dan Jasa	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	1,45
Fasilitas Umum	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	16,65
RTH	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	61,00
Permukiman	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	25,17

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

### c. Sub-DAS 3

Sub-DAS 3 memiliki 15 HRU. HRU yang dominan adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan sawah, jenis tanah grumosol kelabu tua, dan kemiringan lereng 0-8% dengan luas sebesar 388,69 ha. HRU yang dominan nomor 2 selanjutnya adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa tegalan, jenis tanah grumosol kelabu tua, dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.7 HRU Sub-DAS 3**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Bozem/tambak	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	6,35
Sawah	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	194,9 3
Tegalan	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	208,2 0
Tegalan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	159,1 3
Permukiman	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	104,9 0

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Permukiman	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	75,46
Perkebunan	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	15,39
Perkebunan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	35,16
Sawah	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	388,6 9
Bozem/tambak	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	22,87
Permukiman	Aluvial Kelabu	0-8%	8,28
Tegalan	Aluvial Kelabu	0-8%	49,93
Industri dan Pergudangan	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	6,25
Sawah	Aluvial Kelabu	0-8%	67,23
Perkebunan	Aluvial Kelabu	0-8%	33,07

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

#### d. Sub-DAS 4

Sub-DAS 4 memiliki 4 HRU, dimana HRU yang dominan adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa tegalan, jenis tanah grumosol kelabu tua, dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.8 HRU Sub-DAS 4**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Tegalan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	0,22
Sawah	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	7,80
Sawah	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	8,08
Tegalan	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	27,00

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

### e. Sub-DAS 5

Sub-DAS 5 memiliki 12 HRU, dimana HRU yang dominan adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa tegalan, jenis tanah grumosol kelabu tua, dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.9 HRU Sub-DAS 5**

Penggunaan Lahan	HRU		Luas (ha)
	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Industri dan Pergudangan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	1,08
Industri dan Pergudangan	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	0,09
Permukiman	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	3,57
Bozem/tambak	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	0,16
Sawah	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	12,87
Tegalan	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	42,41
Lahan Kosong	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	12,88
Sawah	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	6,42
Permukiman	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	34,47
Bozem/tambak	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	0,66
Tegalan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	20,36
Perkebunan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	5,99

Sumber: Hasil Analisis, 2017

### f. Sub-DAS 6

Berdasarkan pembentukan HRU, sub-DAS 6 memiliki total 3 HRU. HRU yang dominan di sub-DAS 6 adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa sawah dengan jenis tanah alluvial kelabu tua dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.10 HRU Sub-DAS 6**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Sawah	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	89,33
Permukiman	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	4,46
Perkebunan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	4,28

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

### g. Sub-DAS 7

Berdasarkan pembentukan HRU, sub-DAS 7 memiliki total 7 HRU. HRU yang dominan di sub-DAS 7 adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa sawah dengan jenis tanah aluvial kelabu tua dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.11 HRU Sub-DAS 7**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Sawah	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	5,33
Sawah	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	78,73
Tegalan	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	0,03
Bozem/tambak	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	3,24
Permukiman	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	7,91
Perkebunan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	4,63
Tegalan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	0,08

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

### h. Sub-DAS 8

Sub-DAS 8 memiliki 17 HRU, dimana HRU yang dominan adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa permukiman, jenis tanah grumosol kelabu tua, dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.12 HRU Sub-DAS 8**

Penggunaan Lahan	HRU		Luas (ha)
	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Fasilitas Umum	Aluvial Kelabu	0-8%	2,20
Sawah	Aluvial Kelabu	0-8%	34,02
Permukiman	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	3,76
Sawah	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	60,45
Permukiman	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	277,16
RTH	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	14,35
Sawah	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	123,43
Bozem/tambak	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	0,11
Tegalan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	20,77
Fasilitas Umum	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	1,60
Perdagangan dan Jasa	Aluvial Kelabu	0-8%	0,49
Permukiman	Aluvial Kelabu	0-8%	72,50
RTH	Aluvial Kelabu	0-8%	14,43
Industri dan Pergudangan	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	0,21
Perkebunan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	12,98
Tegalan	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	5,47
Lahan Kosong	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	1,20

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

#### **i. Sub-DAS 9**

Sub-DAS 9 memiliki 12 HRU, dimana HRU yang dominan adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa sawah, jenis tanah aluvial kelabu tua, dan kemiringan lereng 0-8%, serta HRU dominan yang kedua adalah HRU dengan kombinasi

penggunaan lahan tegalan, jenis tanah grumosol kelabu tua, dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.13 HRU Sub-DAS 9**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Bozem/tambak	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	1,72
Sawah	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	70,01
Sawah	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	54,61
Perkebunan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	15,22
Bozem/tambak	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	0,27
Perkebunan	Aluvial Kelabu	0-8%	5,47
Sawah	Aluvial Kelabu	0-8%	0,38
Tegalan	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	67,64
Permukiman	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	31,57
Permukiman	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	21,52
Perkebunan	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	3,26
Tegalan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	28,50

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

#### **j. Sub-DAS 10**

Sub-DAS 10 memiliki 7 HRU, dimana HRU yang terbesar adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa permukiman, jenis tanah aluvial kelabu tua, dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.14 HRU Sub-DAS 10**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Perkebunan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	1,93
Sawah	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	27,08
Permukiman	Aluvial Kelabu	0-8%	0,67
Permukiman	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	33,15

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Sawah	Aluvial Kelabu	0-8%	5,99
Tegalan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	10,16
Lahan Kosong	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	0,01

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

#### k. Sub-DAS 11

Sub-DAS 11 memiliki 9 HRU, dimana HRU yang dominan adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa permukiman, jenis tanah grumosol kelabu tua, dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.15 HRU Sub-DAS 11**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Fasilitas Umum	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	0,45
Industri dan Pergudangan	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	0,18
Bozem/tambak	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	5,03
RTH	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	0,53
Sawah	Aluvial Kelabu	0-8%	51,82
Permukiman	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	168,29
Sawah	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	12,56
Fasilitas Umum	Aluvial Kelabu	0-8%	0,12
Permukiman	Aluvial Kelabu	0-8%	12,99

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

### l. Sub-DAS 12

Sub-DAS 12 hanya memiliki 2 HRU, dimana kedua HRU memiliki jenis penggunaan lahan yang sama, yaitu sawah, sedangkan perbedaan hanya terdapat pada jenis tanah masing-masing HRU.

**Tabel 4.16 HRU Sub-DAS 12**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Sawah	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	18,77
Sawah	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	6,80

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

### m. Sub-DAS 13

Sama halnya dengan Sub-DAS , sub-DAS 13 hanya memiliki 2 HRU, dimana kedua HRU memiliki jenis penggunaan lahan yang sama, yaitu sawah, sedangkan perbedaan hanya terdapat pada jenis tanah masing-masing HRU.

**Tabel 4.17 HRU Sub-DAS 13**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Sawah	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	0,28
Sawah	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	0,28

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

### n. Sub-DAS 14

Sub-DAS 14 memiliki 7 HRU, dimana HRU yang dominan adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa permukiman, jenis tanah alluvial kelabu, dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.18 HRU Sub-DAS 14**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Industri dan Pergudangan	Aluvial Kelabu	0-8%	0,19
Permukiman	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	30,14
Permukiman	Aluvial Kelabu	0-8%	78,77
Perdagangan dan Jasa	Aluvial Kelabu	0-8%	0,01
RTH	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	0,44
Fasilitas Umum	Aluvial Kelabu	0-8%	0,66
Industri dan Pergudangan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	0,32

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

#### **o. Sub-DAS 15**

Sub-DAS 15 memiliki 15 HRU, dimana HRU yang dominan adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa permukiman, jenis tanah alluvial kelabu, dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.19 HRU Sub-DAS 15**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Sawah	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	12,47
Perkebunan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	3,43
Fasilitas Umum	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	1,39
Semak Belukar	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	1,80
Sawah	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	81,23
Permukiman	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	16,51
Fasilitas Umum	Aluvial Kelabu	0-8%	0,15

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Bozem/tambak	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	0,84
Lahan Kosong	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	0,49
Tegalan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	26,63
Permukiman	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	31,40
Sawah	Aluvial Kelabu	0-8%	33,91
Permukiman	Aluvial Kelabu	0-8%	13,60
RTH	Aluvial Kelabu	0-8%	1,54
Industri dan Pergudangan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	1,89

Sumber: Hasil Analisis, 2017

#### p. Sub-DAS 16

Sub-DAS 16 memiliki 5 HRU, dimana HRU yang dominan adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa sawah, jenis tanah alluvial kelabu, dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.20 HRU Sub-DAS 16**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Fasilitas Umum	Aluvial Kelabu	0-8%	0,22
Permukiman	Aluvial Kelabu	0-8%	44,34
Industri dan Pergudangan	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	0,22
Permukiman	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	26,25
Sawah	Aluvial Kelabu	0-8%	61,70

Sumber: Hasil Analisis, 2017

#### q. Sub-DAS 17

Sub-DAS 17 hanya memiliki 2 HRU. HRU yang terbentuk memiliki luas yang hampir sama, sehingga tidak ada satu HRU yang dominan terhadap HRU yang lain.

**Tabel 4.21 HRU Sub-DAS 17**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Sawah	Aluvial Kelabu	0-8%	1,09
Permukiman	Aluvial Kelabu	0-8%	2,59

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

#### r. Sub-DAS 18

Sub-DAS 18 memiliki 9 HRU, dimana HRU yang dominan adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa permukiman, jenis tanah alluvial kelabu, dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.22 HRU Sub-DAS 18**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
RTH	Aluvial Kelabu	0-8%	5,56
Tegalan	Aluvial Kelabu	0-8%	11,92
Sawah	Aluvial Kelabu	0-8%	21,48
Permukiman	Aluvial Kelabu	0-8%	382,38
Permukiman	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	67,86
Bozem/tambak	Aluvial Kelabu	0-8%	1,42
Perdagangan dan Jasa	Aluvial Kelabu	0-8%	4,66
Industri dan Pergudangan	Aluvial Kelabu	0-8%	0,15
Fasilitas Umum	Aluvial Kelabu	0-8%	16,38

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

#### s. Sub-DAS 19

Sub-DAS 19 memiliki 7 HRU, dimana HRU yang dominan adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa permukiman, jenis tanah alluvial kelabu, dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.23 HRU Sub-DAS 19**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Fasilitas Umum	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	0,07
Bozem/tambak	Aluvial Kelabu	0-8%	0,22
Permukiman	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	10,73
Permukiman	Aluvial Kelabu	0-8%	43,21
Sawah	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	39,05
Fasilitas Umum	Aluvial Kelabu	0-8%	0,06
Sawah	Aluvial Kelabu	0-8%	24,38

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

#### t. Sub-DAS 20

Berdasarkan pembentukan HRU, sub-DAS 20 memiliki total 6 HRU. HRU yang dominan di sub-DAS 20 adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa permukiman dengan jenis tanah aluvial kelabu dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.24 HRU Sub-DAS 20**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
RTH	Aluvial Kelabu	0-8%	0,05
Fasilitas Umum	Aluvial Kelabu	0-8%	3,90
Bozem/tambak	Aluvial Kelabu	0-8%	1,79
Permukiman	Aluvial Kelabu	0-8%	228,76
Perdagangan dan Jasa	Aluvial Kelabu	0-8%	3,29
Sawah	Aluvial Kelabu	0-8%	10,23

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

#### u. Sub-DAS 21

Berdasarkan pembentukan HRU, sub-DAS 21 memiliki total 9 HRU. HRU yang dominan di sub-DAS 21 adalah HRU

dengan kombinasi penggunaan lahan berupa sawah dengan jenis tanah grumosol kelabu tua dan kemiringan lereng 0-8%, kemudian diikuti oleh HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa permukiman dengan jenis tanah alluvial kelabu dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.25 HRU Sub-DAS 21**

Penggunaan Lahan	HRU		Luas (ha)
	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Permukiman	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	99,41
Sawah	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	292,99
Bozem/tambak	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	2,92
Bozem/tambak	Aluvial Kelabu	0-8%	10,45
Sawah	Aluvial Kelabu	0-8%	44,58
Permukiman	Aluvial Kelabu	0-8%	108,59
Fasilitas Umum	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	1,79
Industri dan Pergudangan	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	0,58
Fasilitas Umum	Aluvial Kelabu	0-8%	0,07

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

#### v. Sub-DAS 22

Berdasarkan pembentukan HRU, sub-DAS 22 memiliki total 6 HRU. HRU yang dominan di sub-DAS 22 adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa permukiman dengan jenis tanah aluvial kelabu dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.26 HRU Sub-DAS 22**

Penggunaan Lahan	HRU		Luas (ha)
	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Industri dan Pergudangan	Aluvial Kelabu	0-8%	0,26

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Permukiman	Aluvial Kelabu	0-8%	344,90
Perdagangan dan Jasa	Aluvial Kelabu	0-8%	6,16
Fasilitas Umum	Aluvial Kelabu	0-8%	12,43
Sawah	Aluvial Kelabu	0-8%	21,76
RTH	Aluvial Kelabu	0-8%	129,45

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

#### w. Sub-DAS 23

Sub-DAS 23 memiliki 7 HRU, dimana HRU yang dominan adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa sawah, jenis tanah alluvial kelabu tua, dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.27 HRU Sub-DAS 23**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Lahan Kosong	Aluvial Kelabu Tua	0-8	17,05
Sawah	Aluvial Kelabu Tua	0-8	116,94
Perkebunan	Aluvial Kelabu Tua	0-8	7,67
Permukiman	Aluvial Kelabu Tua	0-8	51,88
Industri dan Pergudangan	Aluvial Kelabu Tua	0-8	1,20
Bozem/tambak	Aluvial Kelabu Tua	0-8	4,20
Tegalan	Aluvial Kelabu Tua	0-8	27,05

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

#### x. Sub-DAS 24

Sub-DAS 24 memiliki 16 HRU, dimana HRU yang dominan adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa permukiman, jenis tanah alluvial kelabu, dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.28 HRU Sub-DAS 24**

<b>HRU</b>			
<b>Penggunaan Lahan</b>	<b>Jenis Tanah</b>	<b>Kemiringan Lereng</b>	<b>Luas (ha)</b>
Fasilitas Umum	Aluvial Kelabu	0-8%	12,21
Perdagangan dan Jasa	Aluvial Kelabu	0-8%	0,02
Permukiman	Aluvial Kelabu	0-8%	125,37
Permukiman	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	86,68
Industri dan Pergudangan	Aluvial Kelabu	0-8%	3,09
Fasilitas Umum	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	20,17
Industri dan Pergudangan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	1,47
Sawah	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	0,21
Sawah	Aluvial Kelabu	0-8%	59,34
Fasilitas Umum	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	0,02
Sawah	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	5,86
Bozem/tambak	Aluvial Kelabu	0-8%	18,98
RTH	Aluvial Kelabu	0-8%	0,37
Permukiman	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	39,11
Industri dan Pergudangan	Grumosol Kelabu Tua	0-8%	0,11
RTH	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	3,37

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

#### **y. Sub-DAS 25**

Berdasarkan pembentukan HRU, sub-DAS 25 memiliki total 7 HRU. HRU yang dominan di sub-DAS 25 adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa sawah dengan jenis tanah aluvial kelabu tua dan kemiringan lereng 0-8%.

**Tabel 4.29 HRU Sub-DAS 25**

<b>HRU</b>			
<b>Penggunaan Lahan</b>	<b>Jenis Tanah</b>	<b>Kemiringan Lereng</b>	<b>Luas (ha)</b>
Permukiman	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	49,41

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Sawah	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	219,57
Perkebunan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	20,53
Tegalan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	11,57
Industri dan Pergudangan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	2,00
Lahan Kosong	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	3,48
Bozem/tambak	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	4,62

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

#### z. Sub-DAS 26

Berdasarkan pembentukan HRU, sub-DAS 26 memiliki total 10 HRU. HRU yang dominan di sub-DAS 26 adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa permukiman dengan jenis tanah aluvial kelabu tua dan kemiringan lereng 0-8%, HRU tersebut memiliki luas sebesar 230,10 ha.

**Tabel 4.30 HRU Sub-DAS 26**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Fasilitas Umum	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	7,74
Industri dan Pergudangan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	16,79
RTH	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	0,06
Permukiman	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	230,10
Permukiman	Aluvial Kelabu	0-8%	10,17
Bozem/tambak	Aluvial Kelabu	0-8%	10,78
Bozem/tambak	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	5,13
Sawah	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	36,05
Sawah	Aluvial Kelabu	0-8%	8,63

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Fasilitas Umum	Aluvial Kelabu	0-8%	0,63

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

#### aa. Sub-DAS 27

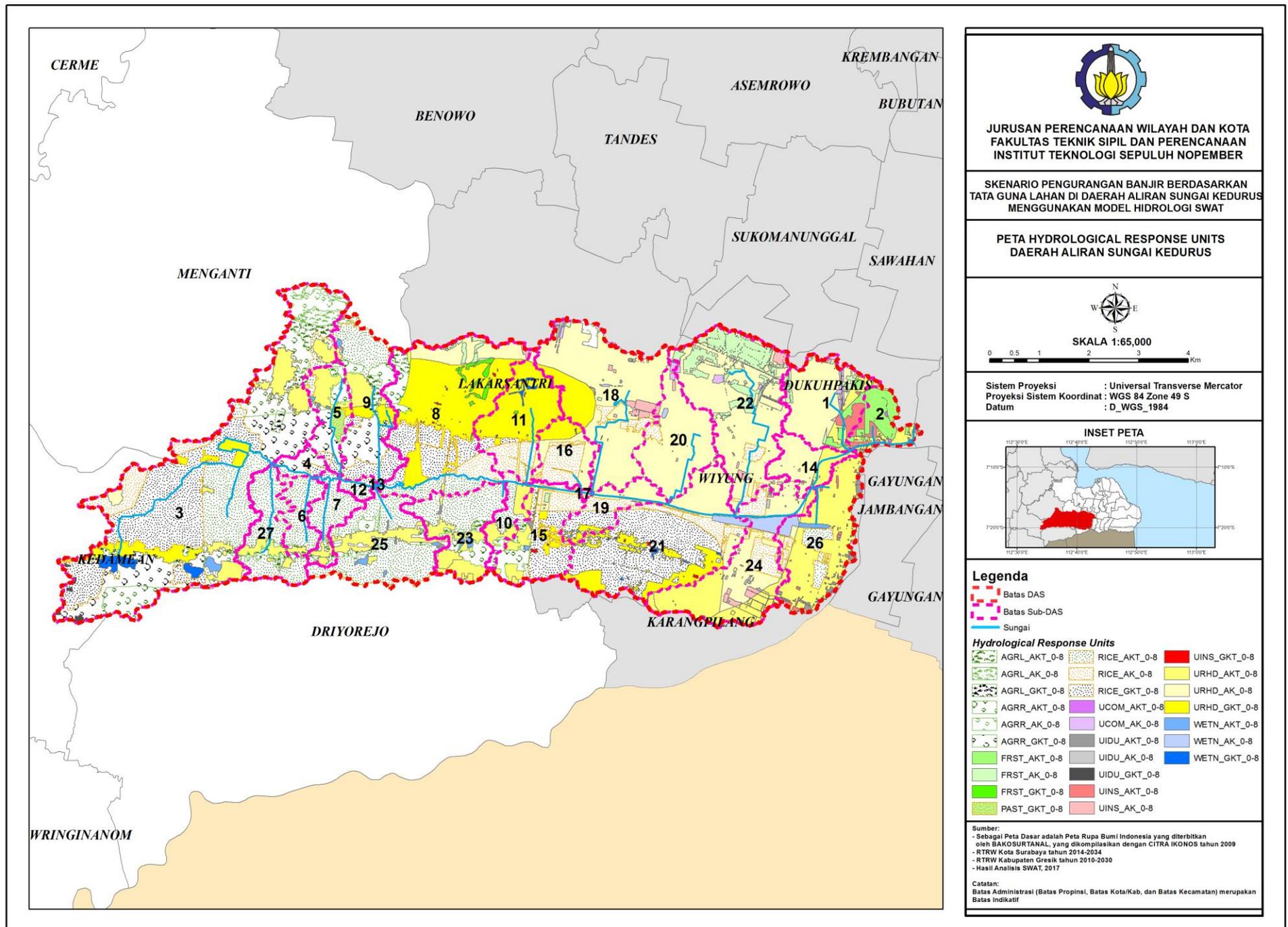
Berdasarkan pembentukan HRU, sub-DAS 27 memiliki total 5 HRU. HRU yang dominan di sub-DAS 27 adalah HRU dengan kombinasi penggunaan lahan berupa permukiman dengan jenis tanah aluvial kelabu tua dan kemiringan lereng 0-8%, HRU tersebut memiliki luas sebesar 147,20 ha.

**Tabel 4.31 HRU Sub-DAS 27**

HRU			Luas (ha)
Penggunaan Lahan	Jenis Tanah	Kemiringan Lereng	
Perkebunan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	14,20
Bozem/tambak	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	3,60
Permukiman	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	18,82
Sawah	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	147,20
Tegalan	Aluvial Kelabu Tua	0-8%	0,97

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

Peta hasil pembagian HRU dapat dilihat dalam **Gambar 4.11**.



**Gambar 4.11 Peta HRU DAS Kedurus**

Sumber: Hasil Analisis, 2017

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

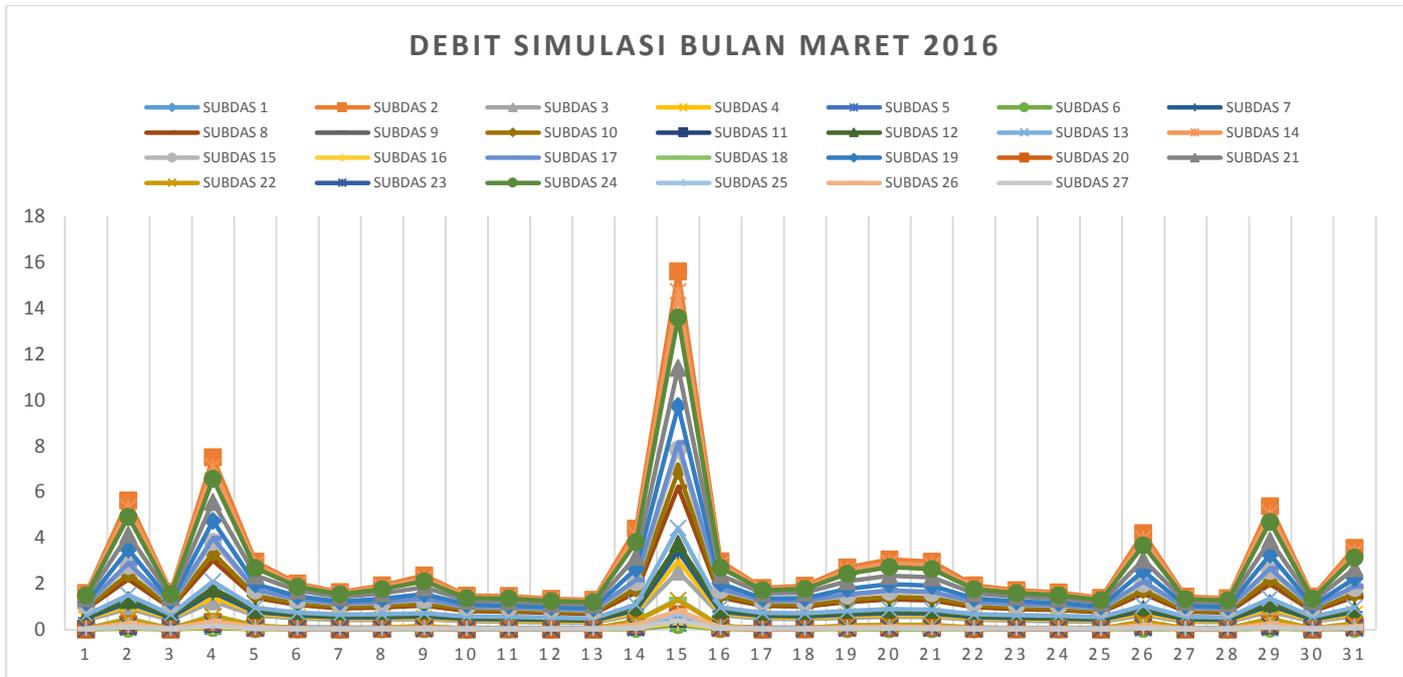
### 4.2.3 Pembentukan Data Iklim

Pembentukan data iklim dilakukan dengan mengolah data iklim tahun 2004-2013 dengan formula seperti yang telah disebutkan dalam **Bab III** untuk dijadikan data siap pakai untuk input *weather generator*. Hasil pengolahan data iklim tahun 2004-2013 menjadi data yang sesuai dengan parameter iklim *weather generator* dapat dilihat dalam **Lampiran G**.

### 4.2.4 Proses Simulasi SWAT

Simulasi model hidrologi SWAT dilakukan setelah menggabungkan data jaringan hidrologi DAS, data HRU, dan data iklim. Hasil dari simulasi model SWAT menghasilkan data debit harian dan data hidrologi DAS Kedurus selama masa simulasi yaitu dalam kurun waktu 1 tahun mulai dari 1 Januari 2016 hingga 31 Desember 2016. Hasil simulasi SWAT menunjukkan bahwa sebagian besar aliran air yang menjadi evapotranspirasi adalah sebesar 875,1 mm, perkolasi sebesar 24,15 mm, aliran bawah tanah sebesar 1,21 mm, aliran lateral sebesar 320,77 mm, dan limpasan permukaan sebesar 273,61 mm (**Gambar 4.12**, dan **Lampiran H**). Dalam penelitian ini, hasil simulasi yang digunakan untuk mengetahui skenario penggunaan lahan yang efektif dalam mengurangi banjir adalah hasil simulasi berupa debit harian rata-rata. Berdasarkan hasil simulasi, debit harian puncak (*peak flow*) di DAS Kedurus adalah sebesar 15,59 m<sup>3</sup>/s yang terjadi pada bulan Maret 2016 dan berada di subbasin 2. Rata-rata debit hariannya adalah sebesar 0.41 m<sup>3</sup>/s. Bulan Maret merupakan bulan dengan debit harian rata-rata mencapai puncaknya. Grafik debit harian rata-rata pada bulan Maret tahun 2016 dapat dilihat dalam **Gambar 4.11**. Sedangkan grafik debit harian rata-rata pada seluruh waktu simulasi (1 tahun) dapat dilihat dalam **Lampiran I**.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

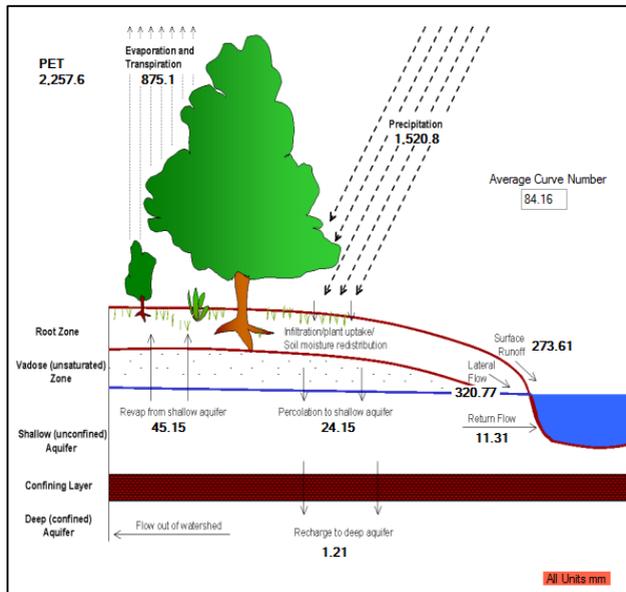


**Gambar 4.12 Grafik Debit Rata-Rata Harian Simulasi Bulan Maret 2016**

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa debit puncak terjadi pada tanggal 15 Maret 2016, dan sub-DAS yang memiliki debit puncak tertinggi adalah sub-DAS 2, diikuti oleh sub-DAS 14 kemudian sub-DAS 24 dengan nilai *flow out* masing-masing sebesar 15,59 m<sup>3</sup>/s, 14,72 m<sup>3</sup>/s dan 13,58 m<sup>3</sup>/s.



**Gambar 4.13 Siklus Hidrologi DAS Kedurus**

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

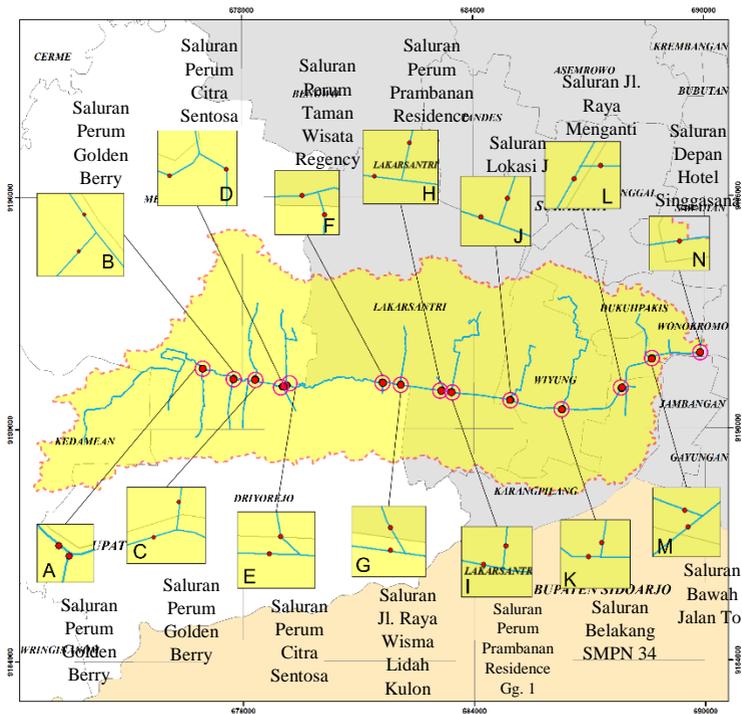
#### 4.2.4 Penghitungan Kapasitas Saluran di DAS Kedurus

Pada Bab III dijelaskan bagaimana tahap-tahap dalam menghitung kapasitas saluran. Kapasitas saluran dapat dihitung ketika terlebih dahulu mengetahui dimensi sungainya. Penghitungan kapasitas saluran di DAS Kedurus dilakukan di seluruh outlet yang telah ditentukan sebelumnya seperti pada **Gambar 4.14**. Dimensi potongan melintang sungai pada outlet-outlet yang sudah ditentukan dapat dilihat dalam **Lampiran J**.

Kapasitas saluran dihitung menggunakan formula sebagai berikut.

$$Q_{kap} = V \cdot A$$

dimana  $Q_{kap}$  merupakan kapasitas saluran,  $V$  merupakan kecepatan aliran, dan  $A$  adalah luas penampang basah. Hasil dari perhitungan kapasitas saluran dapat dilihat dalam **Tabel 4.32** berikut ini.



**Gambar 4.14** Lokasi Titik Survey Debit Saluran

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

Tabel 4.32 Penghitungan Debit Saluran

NAMA SALURAN	b	h	m	I	n	P	A	R	V	Q <sub>kap</sub>
	m	m				m	m <sup>2</sup>		m/det	m <sup>3</sup> /det
<b>A. Saluran Perum Golden Berry</b>										
sekunder	2,40	0,37	1,74	0,13	0,19	3,88	1,13	0,29	0,30	0,34
tersier	1,05	0,28	2,02	0,13	0,19	2,31	0,45	0,20	0,23	0,10
<b>B. Saluran Timur Perum Golden Berry</b>										
sekunder	5,90	1,18	2,07	0,35	0,19	11,32	9,84	0,87	1,68	16,51
tersier	1,60	0,14	2,00	0,35	0,19	2,23	0,26	0,12	0,44	0,12
<b>C. Saluran Timur Perum Golden Berry</b>										
sekunder	5,90	1,18	1,95	0,25	0,19	11,07	9,67	0,87	1,20	11,63
tersier	1,60	0,14	0,33	0,25	0,19	1,89	0,23	0,12	0,32	0,07
<b>D. Saluran Barat Perum Citra Sentosa</b>										
sekunder	15,70	1,20	5,63	0,01	0,19	29,42	26,95	0,92	0,05	1,34
tersier	9,60	0,50	4,23	1,34	0,19	13,95	5,86	0,42	3,94	23,10
<b>E. Saluran Barat Perum Citra Sentosa</b>										
sekunder	36,40	0,45	5,52	0,01	0,19	41,45	17,50	0,42	0,03	0,52
tersier	9,60	0,50	4,23	1,10	0,19	13,95	5,86	0,42	3,24	18,96

NAMA SALURAN	b	h	m	I	n	P	A	R	V	Q <sub>kap</sub>
	m	m				m	m <sup>2</sup>		m/det	m <sup>3</sup> /det
<b>F. Saluran Perum Taman Wisata Regency</b>										
sekunder	6,50	0,70	5,54	0,01	0,19	14,39	7,27	0,51	0,03	0,25
tersier	1,60	0,52	4,23	1,00	0,19	6,12	1,98	0,32	2,47	4,88
<b>G. Saluran JLN. Raya Wisma Lidah Kulon</b>										
sekunder	9,20	0,76	1,73	0,76	0,19	12,25	8,04	0,66	3,03	24,37
tersier	1,60	0,52	0,60	1,51	0,19	2,81	0,99	0,35	3,95	3,92
<b>H. Saluran Perum Prambanan Residence</b>										
sekunder	15,70	1,20	5,63	0,01	0,19	29,42	26,95	0,92	0,05	1,40
tersier	9,60	0,50	4,23	1,09	0,19	13,95	5,86	0,42	3,21	18,78
<b>I. Saluran Prambanan Residence GG 1</b>										
sekunder	15,70	0,69	5,54	0,35	0,19	23,47	13,47	0,57	1,25	16,86
tersier	9,60	0,50	4,23	1,34	0,19	13,95	5,86	0,42	3,94	23,10
<b>J. Saluran Lokasi J</b>										
sekunder	25,10	0,50	5,52	0,35	0,19	30,71	13,93	0,45	1,08	15,11
tersier	4,60	0,40	4,22	0,25	0,20	8,07	2,52	0,31	0,57	1,44
<b>K. Saluran Belakang SMPN 34</b>										

NAMA SALURAN	b	h	m	I	n	P	A	R	V	Q <sub>kap</sub>
	m	m				m	m <sup>2</sup>		m/det	m <sup>3</sup> /det
sekunder	37,00	0,42	5,52	0,35	0,19	41,71	16,51	0,40	0,99	16,35
tersier	2,60	0,37	4,22	0,35	0,19	5,81	1,54	0,27	0,76	1,16
<b>L. Saluran Jl. Raya Menganti</b>										
Sekunder	29,70	0,45	6,72	0,02	0,19	35,81	14,72	0,41	0,06	0,85
Tersier	25,90	0,50	5,52	0,70	0,19	31,51	14,33	0,45	2,17	31,14
<b>M. Saluran Bawah Jalan Tol</b>										
sekunder	15,00	0,80	5,56	0,70	0,20	24,04	15,56	0,65	2,62	40,68
tersier	3,30	0,10	4,20	0,55	0,20	4,16	0,37	0,09	0,55	0,20
<b>N. Saluran Depan Hotel Singgasana</b>										
Sekunder	24,60	0,18		1,70	0,19	24,96	4,43	0,18	2,81	12,44

Sumber: Hasil Analisis, 2017

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

#### 4.2.5 Identifikasi Sub-DAS yang Mengalami Banjir

Identifikasi sub-DAS yang mengalami banjir dilakukan dengan mengurangi debit hasil simulasi SWAT dengan kapasitas saluran di masing-masing outlet. Jika debit hasil simulasi lebih kecil daripada kapasitas saluran, maka di lokasi tersebut tidak terjadi banjir (debit yang meluap akibat tidak bisa ditampung sungai), sedangkan sebaliknya, apabila debit hasil simulasi lebih besar dari kapasitas saluran, maka di lokasi tersebut terjadi banjir. Hasil dari simulasi SWAT merupakan debit simulasi untuk masing-masing sub-DAS di masing-masing titik outletnya, oleh karena itu, pengukuran kapasitas saluran juga dilakukan di titik-titik yang sesuai dengan titik outlet hasil simulasi. Titik survey pengukuran kapasitas saluran berada pada seluruh sub-DAS di DAS Kedurus. Titik-titik survey pengukuran kapasitas saluran dapat dilihat dalam **Gambar 4.14**. Sementara itu, hasil identifikasi sub-DAS yang terkena banjir dapat dilihat dalam **Tabel 4.33** berikut ini.

**Tabel 4.33 Identifikasi Sub-DAS yang Mengalami Banjir**

Sub-DAS	Debit Banjir/Debit Simulasi (m <sup>3</sup> /s)	Kapasitas Saluran (m <sup>3</sup> /s)	Debit Luapan (m <sup>3</sup> /s)	Volume Luapan per Hari m <sup>3</sup>
1	0,66	0,20	0,45	6.515,71
2	15,59	12,44	3,15	45.406,28
3	2,54	0,34	2,20	31.707,19
4	3,01	16,51	0,00	0,00
5	0,27	0,07	0,19	2.804,69
6	0,21	0,12	0,09	1.346,46
7	3,43	11,63	0,00	0,00
8	6,21	0,25	5,96	85.779,18
9	0,56	18,96	0,00	0,00
10	6,91	24,37	0,00	0,00

<b>Sub-DAS</b>	<b>Debit Banjir/Debit Simulasi (m3/s)</b>	<b>Kapasitas Saluran (m3/s)</b>	<b>Debit Luapan (m3/s)</b>	<b>Volume Luapan per Hari m3</b>
11	0,58	3,92	0,00	0,00
12	3,74	1,34	2,40	34.630,30
13	4,43	0,52	3,92	56.393,81
14	14,72	40,68	0,00	0,00
15	7,84	1,40	6,43	92.621,18
16	0,33	18,78	0,00	0,00
17	8,15	16,86	0,00	0,00
18	1,43	23,10	0,00	0,00
19	9,73	15,11	0,00	0,00
20	0,72	1,44	0,00	0,00
21	14,72	16,35	0,00	0,00
22	1,31	1,16	0,14	2.061,24
23	0,51	4,88	0,00	0,00
24	13,58	0,85	12,73	183.246,57
25	0,69	23,10	0,00	0,00
26	0,83	31,14	0,00	0,00
27	0,40	0,10	0,30	4.284,92
<b>TOTAL</b>				<b>546.797,53</b>

***Keterangan***

 Sub-DAS yang mengalami banjir

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

Total dari volume luapan dalam satu hari di DAS Kedurus adalah **546.797,53 m<sup>3</sup>**

### 4.3 Identifikasi Skenario Tata Guna Lahan untuk Mengurangi Banjir di DAS Kedurus

Tahapan pertama yang dilakukan dalam mengidentifikasi skenario tata guna lahan untuk mengurangi banjir adalah dengan menetapkan parameter untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan setelah dilakukan perubahan-perubahan variabel. Parameter yang digunakan dalam hal ini adalah penurunan debit rata-rata harian ( $m^3/s$ ) di sub-DAS yang mengalami banjir hasil dari analisis pada sasaran 1. Karena tujuan dari penelitian adalah untuk mengurangi banjir, maka pemilihan parameter juga hanya didasarkan pada sub-DAS yang mengalami banjir.

Tahap yang kedua adalah melakukan *sensitivity analysis* untuk mengidentifikasi perubahan variabel yang memiliki pengaruh signifikan dalam mengurangi debit di sub-DAS yang terkena banjir. Dalam melakukan analisis sensitivitas, nilai dari variabel berubah sebesar  $\pm 10\%$  dari nilai awal. Perlu dicatat bahwa suatu perubahan variabel penggunaan lahan akan mengakibatkan perubahan variabel penggunaan lahan yang lain. Perubahan variabel yang dilakukan lebih cenderung ke arah penambahan luas kawasan tak terbangun masing-masing penggunaan lahan sebesar 10%, serta pengurangan 10% dari masing-masing penggunaan lahan terbangun maupun tidak terbangun untuk menjadi RTH atau badan air. Total perubahan variabel yang dilakukan adalah 54.

Hasil dari analisis sensitivitas yang berpengaruh cukup signifikan terhadap pengurangan debit dapat dilihat dalam **Tabel 4.34**, sedangkan untuk hasil seluruhnya dapat dilihat dalam **Lampiran K**.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**Tabel 4.34 Uji Variabel yang Memiliki Pengaruh Signifikan dalam Mengurangi Debit di Sub-DAS yang Mengalami Banjir**

PERUBAHAN VARIABEL	PENURUNAN DEBIT												RATA-RATA PENURUNAN DEBIT (%)	RANK
	SUB 1	SUB 2	SUB 3	SUB 5	SUB 6	SUB 8	SUB 12	SUB 13	SUB 15	SUB 22	SUB 24	SUB 27		
<b><i>PENAMBAHAN KDH DI DALAM KAWASAN TERBANGUN</i></b>														
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan industri	0.00	0.06	0.04	0.04	0.00	0.03	0.03	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	18
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman	2.76	2.05	0.75	1.34	0.19	1.19	0.67	0.68	1.38	3.44	1.91	0.45	1.40	1
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan perdagangan dan jasa	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.02	18
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan fasilitas umum	0.26	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.04	16
<b><i>PERUBAHAN ZONA</i></b>														
<b><i>LANDUSE +10%</i></b>														
<b><i>Perubahan Luas Badan Air</i></b>														
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas sawah	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	20
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas permukiman	0.05	0.06	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.02	0.03	0.08	0.00	0.00	0.03	17

PERUBAHAN VARIABEL	PENURUNAN DEBIT												RATA-RATA PENURUNAN DEBIT (%)	RANK
	SUB 1	SUB 2	SUB 3	SUB 5	SUB 6	SUB 8	SUB 12	SUB 13	SUB 15	SUB 22	SUB 24	SUB 27		
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas tegalan	0.00	0.06	0.12	0.15	0.00	0.06	0.08	0.09	0.06	0.00	0.00	0.00	0.05	15
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas perkebunan	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.05	0.05	0.05	0.04	0.00	0.00	0.05	0.03	17
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas lahan kosong	0.00	0.00	0.00	- 0.19	0.00	- 0.02	- 0.03	- 0.02	- 0.01	0.00	0.00	0.00	-0.02	22
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas fasilitas umum	0.14	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.02	18
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari RTH	-0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	- 0.01	- 0.23	- 0.07	0.00	-0.03	23
<b><i>Perubahan Luas Tegalan</i></b>														
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.12	0.13	0.04	0.04	0.00	0.06	0.03	0.02	0.08	0.15	0.07	0.02	0.06	14
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari perkebunan	0.00	- 0.06	- 0.16	- 0.15	- 0.14	- 0.14	- 0.16	- 0.16	- 0.13	0.00	- 0.07	- 0.20	-0.11	25
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari sawah	0.00	- 0.13	- 0.20	- 0.07	- 0.48	- 0.24	- 0.27	- 0.27	- 0.23	0.00	- 0.22	- 0.40	-0.21	26
<b><i>Perubahan Luas Perkebunan</i></b>														

PERUBAHAN VARIABEL	PENURUNAN DEBIT												RATA-RATA PENURUNAN DEBIT (%)	RANK
	SUB 1	SUB 2	SUB 3	SUB 5	SUB 6	SUB 8	SUB 12	SUB 13	SUB 15	SUB 22	SUB 24	SUB 27		
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.05	0.06	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.08	0.00	0.00	0.02	18
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.02	0.03	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	19
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari sawah	0.00	0.00	- 0.04	0.00	- 0.10	- 0.03	- 0.05	- 0.05	- 0.04	0.00	- 0.07	- 0.05	-0.04	24
<b><i>Perubahan Luas Sawah</i></b>														
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari permukiman	1.33	0.96	0.32	0.60	0.05	0.53	0.29	0.29	0.61	1.76	0.88	0.20	0.65	5
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.00	0.51	1.81	2.38	0.00	1.13	1.47	1.29	1.00	0.00	0.59	0.02	0.85	4
<b><i>Perubahan Luas Lahan Kosong</i></b>														
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	0.00	0.06	0.04	0.04	0.00	0.02	0.03	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	18
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.08	0.00	0.00	0.01	19
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.00	0.00	0.04	0.07	0.00	0.03	0.03	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	18

PERUBAHAN VARIABEL	PENURUNAN DEBIT												RATA-RATA PENURUNAN DEBIT (%)	RANK
	SUB 1	SUB 2	SUB 3	SUB 5	SUB 6	SUB 8	SUB 12	SUB 13	SUB 15	SUB 22	SUB 24	SUB 27		
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perkebunan	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	19
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari sawah	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.01	19
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.01	19
<b><i>Perubahan Luas RTH</i></b>														
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari badan air	0.00	0.06	0.08	0.04	0.00	0.05	0.05	0.07	0.05	0.00	0.00	0.07	0.04	16
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.21	0.19	0.08	0.11	0.00	0.10	0.05	0.05	0.10	0.31	0.15	0.02	0.11	11
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.00	0.13	0.47	0.67	0.00	0.29	0.37	0.34	0.26	0.00	0.15	0.00	0.22	8
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari perkebunan	0.00	0.13	0.32	0.22	0.19	0.26	0.27	0.29	0.22	0.00	0.07	0.35	0.19	9
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari sawah	0.00	0.06	0.12	0.04	0.19	0.13	0.13	0.14	0.11	0.00	0.07	0.17	0.10	12



PERUBAHAN VARIABEL	PENURUNAN DEBIT												RATA-RATA PENURUNAN DEBIT (%)	RANK
	SUB 1	SUB 2	SUB 3	SUB 5	SUB 6	SUB 8	SUB 12	SUB 13	SUB 15	SUB 22	SUB 24	SUB 27		
diambil dari perdagangan dan jasa														
<b>LANDUSE -10%</b>														
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi RTH	0.00	0.38	1.26	1.79	0.00	0.81	1.04	0.90	0.70	0.00	0.37	0.02	0.61	6
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi RTH	0.00	0.06	0.20	0.15	0.10	0.18	0.19	0.20	0.15	0.00	0.07	0.22	0.13	10
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi RTH	0.00	0.77	1.22	0.33	1.81	1.16	1.26	1.26	1.11	0.15	0.81	1.54	0.95	2
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi RTH	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	19
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi RTH	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi badan air	0.00	0.19	0.75	1.12	0.00	0.48	0.61	0.54	0.41	0.00	0.22	0.02	0.36	7
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi badan air	0.00	0.06	0.08	0.07	0.05	0.08	0.08	0.09	0.06	0.00	0.00	0.10	0.06	14
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi badan air	0.00	0.19	0.43	0.11	0.24	0.32	0.35	0.34	0.29	0.00	0.22	0.20	0.22	8
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi badan air	0.00	0.00	0.00	- 0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	21

PERUBAHAN VARIABEL	PENURUNAN DEBIT												RATA-RATA PENURUNAN DEBIT (%)	RANK
	SUB 1	SUB 2	SUB 3	SUB 5	SUB 6	SUB 8	SUB 12	SUB 13	SUB 15	SUB 22	SUB 24	SUB 27		
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi badan air	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20
Perubahan luas industri sebesar 10%, menjadi badan air	0.00	0.06	0.04	0.04	0.00	0.02	0.03	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02	18
Perubahan luas permukiman sebesar 10%, menjadi badan air	1.69	1.35	0.51	0.86	0.10	0.84	0.45	0.45	0.97	2.29	1.25	0.27	0.92	3
Perubahan luas fasilitas umum sebesar 10%, menjadi badan air	0.15	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.02	18
Perubahan luas perdagangan dan jasa sebesar 10%, menjadi badan air	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.01	19

Sumber: Hasil Analisis, 2017

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

Dari **Tabel 4.34** tersebut dapat diketahui peringkat 10 besar perubahan yang paling berpengaruh secara dominan terhadap debit air adalah sebagai berikut.

- 1) Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman
- 2) Perubahan 10% dari luas sawah menjadi RTH
- 3) Perubahan luas permukiman sebesar 10% menjadi badan air
- 4) Penambahan luas sawah 10% yang didapatkan dari luas tegalan
- 5) Penambahan luas sawah 10% yang didapatkan dari luas permukiman
- 6) Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi RTH
- 7) Perubahan luas tegalan sebesar 10% menjadi badan air
- 8) Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi RTH
- 9) Penambahan luas RTH sebesar 10%, yang diambil dari luas tegalan
- 10) Penambahan luas RTH sebesar 10%, yang diambil dari luas perkebunan
- 11) Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi RTH

Setelah diketahui hasil dari masing-masing uji efektifitas, kemudian dilakukan penyaringan terhadap perubahan variabel yang memungkinkan untuk dijadikan skenario penggunaan lahan. Pertimbangan dalam melakukan penyaringan perubahan variabel untuk menentukan skenario adalah sebagai berikut.

- 1) Kemungkinan untuk diterapkan di wilayah penelitian
- 2) Perubahan luas penggunaan lahan

Pembahasan dari penyaringan terhadap perubahan variabel yang mungkin terjadi untuk mengurangi banjir sebagai berikut.

- 1) Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman  
KDH minimum yang ditetapkan di kawasan permukiman menurut Peraturan Walikota Surabaya Nomor 75 Tahun 2014 adalah sebesar 10%, jadi perubahan variabel ini **sangat mungkin** untuk diterapkan. Selain itu penggunaan

lahan di DAS Kedurus juga didominasi oleh penggunaan lahan berupa permukiman, sehingga penambahan KDH menjadi sangat penting dalam upaya mengurangi banjir.

- 2) Perubahan 10% dari luas sawah menjadi RTH  
Perubahan variabel ini **sangat mungkin untuk diterapkan**, salah satunya untuk mendukung arahan pemanfaatan ruang terbuka hijau dan non hijau di kawasan bencana banjir berdasarkan RTRW Kota Surabaya.
- 3) Perubahan luas permukiman sebesar 10% menjadi badan air  
Perubahan variabel ini **direkomendasikan** untuk menjadi salah satu perubahan variabel dalam skenario. Perubahan luas permukiman sebesar 10% menjadi badan air dalam hal ini lebih mengarah pada penambahan resapan air di kawasan permukiman, sehingga masih mungkin untuk diterapkan daripada melakukan alih fungsi kawasan permukiman menjadi badan air.
- 4) Penambahan luas sawah sebesar 10% yang didapatkan dari luas tegalan  
Perubahan variabel ini **tidak direkomendasikan** karena perubahan tegalan lebih diprioritaskan untuk menjadi RTH dan/atau ruang terbuka biru yang secara langsung mendukung upaya pengurangan banjir dan sesuai dengan RTRW Kota Surabaya tentang arahan pemanfaatan RTH dan ruang terbuka hijau di kawasan bencana banjir.
- 5) Penambahan luas sawah sebesar 10% yang didapatkan dari luas kawasan permukiman  
Perubahan variabel ini tidak direkomendasikan karena perubahan permukiman lebih diprioritaskan untuk menjadi RTH melalui penambahan KDH di kawasan permukiman.
- 6) Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi RTH  
Perubahan luas tegalan sebesar 10% menjadi RTH **sangat mungkin diterapkan**, mengingat arahan dalam RTRW Kota Surabaya salah satunya adalah pemanfaatan RTH untuk kawasan bencana banjir. Serta menurut Permen PU

- No. 41 tentang Pedoman Kriteria Teknis Kawasan Budidaya juga memperbolehkan alih fungsi kawasan peruntukan pertanian untuk menjadi penggunaan lahan baru untuk kesejahteraan masyarakat.
- 7) Perubahan luas tegalan sebesar 10% menjadi badan air  
Perubahan variabel ini **sangat mungkin untuk diterapkan**, salah satunya untuk mendukung arahan pemanfaatan ruang terbuka non hijau di kawasan bencana banjir berdasarkan RTRW Kota Surabaya. Serta menurut Permen PU No. 41 tentang Pedoman Kriteria Teknis Kawasan Budidaya juga memperbolehkan alih fungsi kawasan peruntukan pertanian untuk menjadi penggunaan lahan baru untuk kesejahteraan masyarakat.
  - 8) Perubahan luas sawah sebesar 10% menjadi RTH  
Perubahan variabel ini **sangat mungkin untuk diterapkan**, salah satunya untuk mendukung arahan pemanfaatan ruang terbuka non hijau di kawasan bencana banjir berdasarkan RTRW Kota Surabaya. Serta menurut Permen PU No. 41 tentang Pedoman Kriteria Teknis Kawasan Budidaya juga memperbolehkan alih fungsi kawasan peruntukan pertanian untuk menjadi penggunaan lahan baru untuk kesejahteraan masyarakat.
  - 9) Penambahan luas RTH sebesar 10% yang diambil dari luas tegalan  
Perubahan variabel ini **tidak direkomendasikan** dalam pembentukan skenario karena luas tegalan yang di ubah menjadi RTH lebih sedikit dari pada luas tegalan yang diubah menjadi RTH dalam perubahan variabel nomor 9 di atas. Perubahan luas tegalan yang menjadi RTH hanya sebesar 26,74 ha, sedangkan perubahan luas perkebunan yang menjadi RTH pada perubahan variabel nomor 9 di atas adalah sebesar 71,8 ha.
  - 10) Penambahan luas RTH sebesar 10% yang diambil dari luas perkebunan

Perubahan variabel ini **sangat mungkin untuk diterapkan**, salah satunya untuk mendukung arahan pemanfaatan ruang terbuka non hijau di kawasan bencana banjir berdasarkan RTRW Kota Surabaya. Serta menurut Permen PU No. 41 tentang Pedoman Kriteria Teknis Kawasan Budidaya juga memperbolehkan alih fungsi kawasan peruntukan perkebunan untuk menjadi penggunaan lahan baru untuk kesejahteraan masyarakat.

- 11) Perubahan luas perkebunan sebesar 10% menjadi RTH  
Perubahan variabel ini **tidak direkomendasikan** dalam pembentukan skenario karena luas perkebunan yang di ubah menjadi RTH lebih sedikit dari pada luas perkebunan yang diubah menjadi RTH dalam perubahan variabel nomor 9 di atas. Perubahan luas perkebunan yang menjadi RTH hanya sebesar 18,32 ha, sedangkan perubahan luas perkebunan yang menjadi RTH pada perubahan variabel nomor 9 di atas adalah sebesar 26,74 ha.

Dari hasil justifikasi tersebut, maka variabel-variabel terpilih kemudian disusun menjadi sebuah skenario. Skenario ini kemudian menjadi SKENARIO 1.

#### 1. Perubahan Zona

Merupakan perubahan suatu jenis penggunaan lahan menjadi penggunaan lahan yang lainnya.

- Perubahan 10% luas sawah menjadi RTH
- Perubahan 10% luas tegalan menjadi RTH
- Perubahan 10% luas tegalan menjadi badan air
- Perubahan 10% luas sawah menjadi badan air
- Penambahan RTH sebesar 10% yang diambil dari perkebunan atau perubahan 14,6% luas perkebunan menjadi RTH

#### 2. Perubahan KDB/KDH

Perubahan Koefisien Dasar Bangunan atau Koefisien Dasar Hijau di kawasan terbangun.

- Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman. Penambahan KDH dilakukan dengan menambah RTH di kawasan permukiman.
- Penambahan resapan air sebesar 10% di kawasan permukiman

#### **4.4 Menentukan Skenario Tata Guna Lahan yang Paling Sesuai dalam Mengurangi Banjir**

Dalam menentukan skenario tata guna lahan yang sesuai dalam mengurangi banjir, yang harus dilakukan adalah menguji skenario yang sudah terbentuk berdasarkan analisis sensitivitas untuk mengetahui sejauh mana skenario yang terbentuk mampu mengurangi banjir yang dilihat dari penurunan debit harian rata-rata di sub-DAS yang mengalami banjir. Hasil pengujian skenario dapat dilihat dalam **Tabel 4.35** berikut ini.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

Tabel 4.35 Hasil Simulasi Penerapan Skenario 1

Sub-DAS	Q <sub>0</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>b</sub> (m <sup>3</sup> /s)	V <sub>0</sub> (m <sup>3</sup> /hari)	V <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /hari)	ΔV (%)
1	0,66	0,63	0,20	0,42	6.515,71	6.093,79	6,48
2	15,59	14,91	12,44	2,47	45.406,28	35.614,28	21,57
3	2,54	2,46	0,34	2,13	31.707,19	30.641,59	3,36
5	0,27	0,26	0,07	0,19	2.804,69	2.701,01	3,70
6	0,21	0,20	0,12	0,09	1.346,46	1.275,90	5,24
8	6,21	5,99	0,25	5,74	85.779,18	82.625,58	3,68
12	3,74	3,64	1,34	2,30	34.630,30	33.147,10	4,28
13	4,43	4,24	0,52	3,72	56.393,81	53.542,61	5,06
15	7,84	7,44	1,40	6,03	92.621,18	86.861,18	6,22
22	1,31	1,24	1,16	0,08	2.061,24	1.082,04	47,51
24	13,58	13,00	0,85	12,15	183.246,57	174.894,57	4,56
27	0,40	0,39	0,10	0,29	4.284,92	4.119,32	3,86
<b>TOTAL</b>					546.797,53	512.598,97	-

**Keterangan**

Q <sub>0</sub>	Debit sebelum penerapan skenario	Q <sub>s</sub>	Debit Saluran	V <sub>0</sub>	Volume banjir sebelum penerapan skenario	ΔV	Penurunan volume banjir
Q <sub>1</sub>	Debit setelah penerapan skenario	Q <sub>b</sub>	Debit Banjir	V <sub>1</sub>	Volume banjir setelah penerapan skenario		

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

Dari **Tabel 4.35** tersebut, dapat diketahui bahwa skenario yang terbentuk belum mampu mengurangi banjir hingga 0 di sub-DAS manapun. Penurunan volume banjir yang terbesar terjadi pada sub-DAS 22 dengan penurunan volume sebesar 47,51%. Sementara itu, total volume banjir yang mampu diturunkan oleh penerapan skenario 1 adalah sebesar **34.198,56 m<sup>3</sup>** atau hanya sebesar **6,25%**. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi terhadap skenario yang terbentuk, agar permasalahan banjir di sub-DAS 1, 2, 3, 5, 6, 8, 12, 13, 15, 22, 24, dan 27 bisa teratasi. Modifikasi skenario dilakukan dengan mengubah variabel yang memiliki pengaruh signifikan terhadap debit banjir berdasarkan hasil analisis sensitivitas. Perubahan variabel yang dilakukan berbeda-beda untuk setiap sub-DAS, hal ini disesuaikan dengan pola ruang eksisting untuk masing-masing sub-DAS.

Modifikasi skenario yang dilakukan adalah dengan menaikkan persentase perubahan variabel yang mendukung pengurangan banjir menjadi 20% di sub-DAS yang mengalami banjir sesuai dengan pola ruang eksisting. Berikut ini perubahan variabel yang dilakukan untuk setiap sub-DAS yang mengalami banjir.

- 1) Penambahan KDH sebesar 20% di kawasan permukiman di Sub-DAS 1, 8, 22, dan 24. Perubahan ini dikarenakan pola ruang eksisting di Sub-DAS yang telah disebutkan di atas didominasi oleh permukiman padat, yang mana penggunaan lahan tersebut sangat berpengaruh dalam peningkatan debit sungai. Oleh karena itu, penambahan KDH di kawasan permukiman sangat perlu dilakukan sebagai upaya untuk mengurangi banjir.
- 2) Perubahan luas sawah sebesar 20% untuk menjadi RTH di sub-DAS 3, 6, 8, 12, 13, 15, dan 27. Perubahan ini dilakukan karena luas sawah di sub-DAS tersebut masih relative besar sehingga masih memungkinkan untuk terjadi alih fungsi sawah menjadi RTH yang mampu mendukung dalam pengurangan banjir.

- 3) Perubahan luas sawah sebesar 20% untuk menjadi badan air di sub-DAS 3, 6, 8, 12, 13, 15, dan 27. Perubahan ini dilakukan karena luas sawah di sub-DAS tersebut masih relative besar sehingga masih memungkinkan untuk terjadi alih fungsi sawah menjadi RTH yang mampu mendukung dalam pengurangan banjir.
- 4) Perubahan luas tegalan sebesar 20% untuk menjadi RTH di sub-DAS 3, 5, dan 17. Perubahan ini dilakukan karena luas tegalan di sub-DAS tersebut masih relatif besar sehingga masih memungkinkan untuk terjadi alih fungsi tegalan menjadi RTH yang mampu mendukung dalam pengurangan banjir.
- 5) Perubahan luas tegalan sebesar 20% untuk menjadi badan air di sub-DAS 3, 5, dan 17. Perubahan ini dilakukan karena luas tegalan di sub-DAS tersebut masih relatif besar sehingga masih memungkinkan untuk terjadi alih fungsi tegalan menjadi badan air yang mampu mendukung dalam pengurangan banjir.

Dari beberapa perubahan variabel tersebut, maka terbentuk SKENARIO 2 yang meliputi skenario penggunaan lahan di seluruh DAS dan skenario penggunaan lahan di masing-masing sub-DAS. Adapun SKENARIO 2 adalah sebagai berikut.

- a. Skenario untuk keseluruhan wilayah DAS
  1. Perubahan Zona
    - Perubahan 10% luas sawah menjadi RTH
    - Perubahan 10% luas tegalan menjadi RTH
    - Perubahan 10% luas tegalan menjadi badan air
    - Perubahan 10% luas sawah menjadi badan air
    - Penambahan RTH sebesar 10% yang diambil dari perkebunan atau perubahan 14,6% luas perkebunan menjadi RTH
  2. Perubahan KDB/KDH
    - Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman.

- Penambahan resapan air sebesar 10% di kawasan permukiman

b. Skenario khusus untuk Sub-DAS yang mengalami banjir

### **Sub-DAS 1**

1. Perubahan KDB/KDH

- Penambahan KDH sebesar 20% di kawasan permukiman.
- Penambahan resapan air sebesar 10% di kawasan permukiman

### **Sub-DAS 2**

1. Perubahan KDB/KDH

- Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman.
- Penambahan resapan air sebesar 10% di kawasan permukiman

Tidak terjadi modifikasi skenario di Sub-DAS 2, hal ini dikarenakan dalam pola ruang eksisting, penggunaan lahan yang dominan adalah RTH, sehingga modifikasi skenario yang akan dilakukan hanya akan berpengaruh sedikit karena memang pola ruang eksistingnya sudah didominasi oleh RTH.

### **Sub-DAS 3**

1. Perubahan Zona

- Perubahan 20% luas sawah menjadi RTH
- Perubahan 20% luas tegalan menjadi RTH
- Perubahan 20% luas tegalan menjadi badan air
- Perubahan 20% luas sawah menjadi badan air
- Penambahan RTH sebesar 10% yang diambil dari perkebunan atau perubahan 14,6% luas perkebunan menjadi RTH

2. Perubahan KDB/KDH
  - Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman.
  - Penambahan resapan air sebesar 10% di kawasan permukiman

### **Sub-DAS 5**

1. Perubahan Zona
  - Perubahan 10% luas sawah menjadi RTH
  - Perubahan 20% luas tegalan menjadi RTH
  - Perubahan 20% luas tegalan menjadi badan air
  - Perubahan 10% luas sawah menjadi badan air
2. Perubahan KDB/KDH
  - Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman.
  - Penambahan resapan air sebesar 10% di kawasan permukiman

### **Sub-DAS 6**

1. Perubahan Zona
  - Perubahan 20% luas sawah menjadi RTH
  - Perubahan 20% luas sawah menjadi badan air
2. Perubahan KDB/KDH
  - Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman.
  - Penambahan resapan air sebesar 10% di kawasan permukiman

### **Sub-DAS 8**

1. Perubahan Zona
  - Perubahan 20% luas sawah menjadi RTH
  - Perubahan 10% luas tegalan menjadi RTH
  - Perubahan 10% luas tegalan menjadi badan air
  - Perubahan 20% luas sawah menjadi badan air

- Penambahan RTH sebesar 10% yang diambil dari perkebunan atau perubahan 14,6% luas perkebunan menjadi RTH
2. Perubahan KDB/KDH
    - Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman.
    - Penambahan resapan air sebesar 10% di kawasan permukiman

### **Sub-DAS 12**

1. Perubahan Zona
  - Perubahan 20% luas sawah menjadi RTH
  - Perubahan 20% luas sawah menjadi badan air

### **Sub-DAS 13**

1. Perubahan Zona
  - Perubahan 20% luas sawah menjadi RTH
  - Perubahan 20% luas sawah menjadi badan air

### **Sub-DAS 15**

1. Perubahan Zona
  - Perubahan 20% luas sawah menjadi RTH
  - Perubahan 20% luas tegalan menjadi RTH
  - Perubahan 20% luas tegalan menjadi badan air
  - Perubahan 20% luas sawah menjadi badan air
  - Penambahan RTH sebesar 10% yang diambil dari perkebunan atau perubahan 14,6% luas perkebunan menjadi RTH
2. Perubahan KDB/KDH
  - Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman.
  - Penambahan resapan air sebesar 10% di kawasan permukiman

**Sub-DAS 22**

1. Perubahan KDB/KDH
  - Penambahan KDH sebesar 20% di kawasan permukiman.
  - Penambahan resapan air sebesar 10% di kawasan permukiman

**Sub-DAS 24**

1. Perubahan Zona
  - Perubahan 10% luas sawah menjadi RTH
  - Perubahan 10% luas sawah menjadi badan air
2. Perubahan KDB/KDH
  - Penambahan KDH sebesar 20% di kawasan permukiman.
  - Penambahan resapan air sebesar 10% di kawasan permukiman

**Sub-DAS 27**

1. Perubahan Zona
  - Perubahan 20% luas sawah menjadi RTH
  - Perubahan 10% luas tegalan menjadi RTH
  - Perubahan 10% luas tegalan menjadi badan air
  - Perubahan 10% luas sawah menjadi badan air
2. Perubahan KDB/KDH
  - Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman.
  - Penambahan resapan air sebesar 10% di kawasan permukiman

Selanjutnya adalah menguji skenario di atas, dimana hasilnya dapat dilihat dalam **Tabel 4.36** berikut ini.

**Tabel 4.36 Hasil Simulasi Penerapan Skenario 2**

Sub-DAS	Q <sub>0</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>b</sub> (m <sup>3</sup> /s)	V <sub>0</sub> (m <sup>3</sup> /hari)	V <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /hari)	ΔV (%)
1	0,66	0,61	0,20	0,41	6.515,71	5.884,99	9,68
2	15,59	14,76	12,44	2,32	45.406,28	33.454,28	26,32
3	2,54	2,43	0,34	2,09	31.707,19	30.166,39	4,86
5	0,27	0,26	0,07	0,19	2.804,69	2.701,01	3,70
6	0,21	0,20	0,12	0,09	1.346,46	1.226,94	8,88
8	6,21	5,91	0,25	5,66	85.779,18	81.487,98	5,00
12	3,74	3,60	1,34	2,26	34.630,30	32.614,30	5,82
13	4,43	4,15	0,52	3,63	56.393,81	52.318,61	7,23
15	7,84	7,30	1,40	5,90	92.621,18	84.917,18	8,32
22	1,31	1,21	1,16	0,05	2.061,24	707,64	65,67
24	13,58	12,86	0,85	12,01	183.246,57	172.878,57	5,66
27	0,40	0,39	0,10	0,29	4.284,92	4.119,32	3,86
<b>TOTAL</b>					546.797,53	502.477,21	

**Keterangan**

Q<sub>0</sub> Debit sebelum penerapan skenario    Q<sub>s</sub> Debit Saluran    V<sub>0</sub> Volume banjir sebelum penerapan skenario    ΔV Penurunan volume banjir  
Q<sub>1</sub> Debit setelah penerapan skenario    Q<sub>b</sub> Debit Banjir    V<sub>1</sub> Volume banjir setelah penerapan skenario

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

Dari **Tabel 4.36** tersebut, dapat diketahui bahwa dengan penerapan skenario 2 yang terdiri atas skenario penggunaan lahan di seluruh DAS dan skenario penggunaan lahan yang berbeda-beda untuk masing-masing Sub-DAS masih belum mampu mengurangi volume banjir di DAS Kedurus hingga nol. Skenario 2 hanya mampu menurunkan volume banjir sebesar **44.320,32 m<sup>3</sup>** atau sebesar **8,11%**. Penurunan volume banjir yang terbesar terjadi pada sub-DAS 22 dengan penurunan volume sebesar **65,67%**, kemudian penurunan volume banjir yang terbesar kedua adalah di sub-DAS 2 dengan persentase penurunan sebesar **26,32%**.

**Tabel 4.37 Perbandingan Penurunan Volume Banjir Tiap Skenario**

Sub-DAS	$\Delta V_1$ (%)	$\Delta V_2$ (%)	$\Delta V_{1,2}$ (%)
<b>1</b>	6,48	9,68	3,20
<b>2</b>	21,57	26,32	4,76
<b>3</b>	3,36	4,86	1,50
<b>5</b>	3,70	3,70	0,00
<b>6</b>	5,24	8,88	3,64
<b>8</b>	3,68	5,00	1,33
<b>12</b>	4,28	5,82	1,54
<b>13</b>	5,06	7,23	2,17
<b>15</b>	6,22	8,32	2,10
<b>22</b>	47,51	65,67	18,16
<b>24</b>	4,56	5,66	1,10
<b>27</b>	3,86	3,86	0,00
<b>Rata-Rata</b>	<b>9,63</b>	<b>12,92</b>	<b>3,29</b>

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

Dari penerapan skenario 1 hingga skenario 2, permasalahan banjir di sub-DAS yang mengalami banjir tidak bisa diatasi hingga volume banjir mencapai nol. Selisih antara hasil debit simulasi penerapan skenario 1 hingga skenario 2, tidak menunjukkan angka yang signifikan, sehingga setiap skenario hanya memberikan kontribusi penurunan volume banjir di setiap sub-DAS rata-rata sebesar 9,63% dan 12,92%. Dari 12 sub-DAS

yang banjir, sub-DAS 22 merupakan sub-DAS yang mengalami peningkatan angka persentase penurunan volume banjir yang cukup signifikan yaitu sebesar 18,16%. Penerapan skenario yang menitikberatkan penambahan KDH di kawasan permukiman memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pengurangan banjir di sub-DAS 22 hal ini karena penggunaan lahan di sub-DAS 22 didominasi oleh permukiman kepadatan tinggi, serta keberadaan RTH yang tinggi juga, sehingga penambahan KDH dan resapan air di kawasan terbangun (permukiman) memiliki dampak yang signifikan terhadap penurunan volume banjir. Selain itu, kapasitas saluran di sub-DAS 22 tidak memiliki selisih yang tinggi dengan debit simulasi, sehingga volume banjir yang ada juga relative rendah. Namun, di samping itu, penerapan skenario yang telah dilakukan tidak mampu mengurangi banjir hingga nol, oleh karena itu diperlukan upaya pengurangan banjir yang lebih bersifat manajemen, salah satunya adalah penerapan infrastruktur hijau yang sesuai untuk kawasan terbangun, seperti penerapan metode memanen air hujan, penerapan taman hujan, *planter boxer*, *paving permeabel*, *green parking*, atau *green roof* untuk menunjang upaya penurunan banjir, sehingga kedepannya volume banjir di sub-DAS 22 bisa mencapai angka nol.

Sub-DAS 1, setelah diterapkan skenario 2 yang menekankan pada penambahan KDH di kawasan permukiman ternyata hanya mampu meningkatkan penurunan volume banjir sebesar 3,20%. Jika dilihat dari kapasitas salurannya, ternyata kapasitas saluran di titik pengukuran di sub-DAS 1 termasuk kecil, yaitu hanya memiliki debit saluran sebesar 0,20 m<sup>3</sup>/s sementara debit simulasinya sebesar 0,66 m<sup>3</sup>/s, oleh karena itu, upaya lain yang harus dilakukan untuk mengurangi banjir di sub-DAS satu adalah dengan penerapan infrastruktur hijau yang cocok untuk kawasan terbangun, dan perbaikan terhadap saluran drainase yang ada saat ini.

Pada sub-DAS 2, skenario 2 yang diterapkan tidak memiliki perubahan variabel, namun ternyata terjadi peningkatan

penurunan volume banjir 4,76%. Sub-DAS 2 terletak di hilir sungai, oleh karena itu dapat diketahui bahwa banjir yang jadi maupun debit yang ada di sub-DAS 2 dipengaruhi oleh sub-DAS – sub-DAS yang ada di hulu, sehingga upaya pengurangan banjir lain yang diharapkan akan efektif dalam menurunkan volume banjir di sub-DAS 2 adalah dengan mengelola sub-DAS yang ada di hulu.

Pada sub-DAS 3 yang memiliki dominasi penggunaan lahan berupa sawah dan tegalan, setelah penerapan skenario yang menitikberatkan pada alih fungsi sawah dan tegalan menjadi RTH dan badan air ternyata hanya mampu meningkatkan penurunan volume banjir 1,50%. Salah satu penyebabnya adalah kapasitas saluran yang kecil, yaitu hanya 0,34 m<sup>3</sup>/s, padahal debit simulasi di sub-DAS 3 adalah sebesar 2,54 m<sup>3</sup>/s. Oleh karena itu, upaya pengurangan banjir lainnya yang bisa diterapkan di sub-DAS 3 yang penggunaan lahannya didominasi oleh sawah dan tegalan adalah dengan menerapkan bioretensi, serta perbaikan saluran drainase eksisting.

Penerapan skenario 1 dan skenario 2 di sub-DAS 5 ternyata tidak menimbulkan pengaruh sama sekali terhadap volume banjir. Oleh karena itu, perlu upaya pengurangan banjir yang lebih bersifat pengelolaan, salah satunya adalah berupa penerapan infrastruktur hijau.

Penerapan skenario 2 di sub-DAS 6 yang menitikberatkan pada alih fungsi sawah menjadi RTH dan badan air ternyata menyebabkan penurunan volume banjir yang cukup memuaskan, namun belum bisa menurunkan volume banjir hingga nol. Oleh karena itu, upaya yang bersifat teknis dan pengelolaan diperlukan untuk mendukung pengurangan banjir di sub-DAS 6.

Pada sub-DAS 8, setelah penerapan skenario yang menitikberatkan pada alih fungsi sawah menjadi RTH dan badan air, serta penambahan KDH di kawasan permukiman sebesar 20%, ternyata hanya mampu meningkatkan penurunan volume banjir 1,33%. Salah satu penyebabnya adalah kapasitas saluran yang kecil,

yaitu hanya  $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ , padahal debit simulasi di sub-DAS 8 adalah sebesar  $6,21 \text{ m}^3/\text{s}$ . Oleh karena itu, selain upaya pengurangan banjir berupa penerapan bioretensi di kawasan tidak terbangun dan penerapan infrastruktur hijau di kawasan terbangun, perlu juga adanya perbaikan saluran drainase eksisting yang memungkinkan untuk dilakukan, seperti peningkatan kapasitas saluran.

Pada sub-DAS 12, penerapan skenario 2 yang menekankan pada alih fungsi sawah menjadi RTH dan badan air ternyata hanya mampu memberikan kontribusi terhadap peningkatan penurunan volume banjir sebesar 1,54% saja. Hal ini salah satunya juga disebabkan oleh luas sub-DAS yang kecil sehingga alih fungsi lahan untuk menunjang pengurangan banjir juga memberikan dampak yang tidak signifikan.

Sama seperti sub-DAS 12, penerapan skenario 2 yang menekankan pada alih fungsi sawah menjadi RTH dan badan air di sub-DAS 13 ternyata hanya mampu memberikan kontribusi terhadap peningkatan penurunan volume banjir sebesar 2,17% saja. Hal ini salah satunya juga disebabkan oleh luas sub-DAS yang kecil sehingga alih fungsi lahan untuk menunjang pengurangan banjir juga memberikan dampak yang tidak signifikan. Selain itu, kapasitas saluran yang terlalu kecil juga menyebabkan pengurangan banjir berdasarkan tata guna lahan di sub-DAS ini tidak bisa optimal. Dengan debit simulasi yang sebesar  $4,43 \text{ m}^3/\text{s}$  ini ternyata tidak diimbangi oleh debit saluran yang hanya sebesar  $0,52 \text{ m}^3/\text{s}$  sehingga perlu dilakukan upaya lain untuk mengurangi banjir seperti perbaikan saluran drainase yang ada saat ini.

Pada sub-DAS 15, penerapan skenario 2 yang menitikberatkan pada alih fungsi tegalan dan sawah menjadi RTH dan badan air ternyata hanya mampu meningkatkan persentase penurunan volume banjir sebesar 2,10%. Hal ini ternyata disebabkan salah satunya karena kapasitas saluran yang terlalu kecil. Di sub-DAS 15 yang memiliki debit simulasi sebesar  $7,84 \text{ m}^3/\text{s}$  ternyata hanya memiliki kapasitas saluran sebesar  $1,40 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Oleh karena itu perbaikan saluran drainase yang ada saat ini bisa menjadi alternative dalam mengurangi banjir selain penerapan skenario tata guna lahan.

Penerapan skenario 2 di sub-DAS 24 yang menekankan pada penambahan KDH di kawasan permukiman ternyata hanya mampu meningkatkan persentase penurunan volume banjir sebesar 1,10%. Jika dilihat dari data kapasitas salurannya, ternyata kapasitas saluran di sub-DAS 24 terlalu kecil untuk menampung debit simulasi sebesar 13,58 m<sup>3</sup>/s (kapasitas saluran hanya sebesar 0,85 m<sup>3</sup>/s). Oleh karena itu, selain penerapan infrastruktur hijau di kawasan terbangun, perbaikan saluran drainase eksisting jika memungkinkan juga penting dilakukan untuk mengurangi banjir di sub-DAS 24.

Penerapan skenario 1 dan skenario 2 di sub-DAS 27 ternyata tidak menimbulkan pengaruh sama sekali terhadap volume banjir. Oleh karena itu, perlu upaya pengurangan banjir yang lebih bersifat pengelolaan, salah satunya adalah berupa penerapan infrastruktur hijau.

Dari pembahasan di atas dapat diketahui bahwa upaya pengurangan banjir melalui pengaturan tata guna lahan bisa efektif mengurangi volume banjir di DAS/sub-DAS yang memiliki penggunaan lahan dominan berupa permukiman dengan kepadatan tinggi. Skenario yang diterapkan adalah skenario yang berhubungan dengan alih fungsi area terbangun menjadi tidak terbangun. Disamping itu, kapasitas saluran juga berdampak pada besarnya penurunan volume banjir di suatu sub-DAS. Semakin sedikit selisih antara debit saluran dengan debit simulasi, maka peningkatan penurunan volume banjir juga akan semakin besar. Sebagai contoh adalah penerapan skenario pada sub-DAS 22.

Di samping itu, penerapan skenario tata guna lahan masih belum bisa mengurangi banjir di DAS Kedurus hingga nol. Oleh karena itu, diperlukan adanya upaya pengurangan banjir yang lain yang sifatnya lebih teknis dan pengelolaan, sehingga kedepannya

diharapkan dengan adanya kombinasi antara penerapan skenario tata guna lahan untuk mengurangi banjir dan upaya lain tersebut akan mampu mengurangi banjir di DAS Kedurus hingga nol.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN REKOMENDASI**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian mengenai skenario tata guna lahan untuk mengurangi banjir di DAS Kedurus, maka terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan, antara lain sebagai berikut.

- 1) Debit harian rata-rata paling tinggi di DAS Kedurus adalah sebesar  $15,59 \text{ m}^3/\text{s}$  yang terjadi di sub-DAS 2 pada bulan Maret 2016. SubDAS yang mengalami banjir di DAS Kedurus antara lain sub-DAS 1, 2, 3, 5, 6, 8, 12, 13, 15, 22, 24, dan 27 dengan total volume banjir sebesar  $512.598,97 \text{ m}^3$  dalam satu hari.
- 2) Penerapan Skenario 1 hasil dari analisis sensitivitas hanya mampu menurunkan volume banjir sebesar 6,25% atau sebesar  $34.198,56 \text{ m}^3$  dengan rata-rata penurunan volume luapan tiap sub-DAS sebesar 9,63%. Penurunan volume luapan tertinggi terjadi di sub-DAS 22 yaitu sebesar 47,51%.
- 3) Upaya pengurangan banjir melalui pengaturan guna lahan Skenario 2 mampu mengurangi volume luapan sebesar  $44.320,32 \text{ m}^3$  atau mampu menurunkan 8,11% di seluruh DAS dengan rata-rata penurunan volume banjir sebesar 12,92%. Penurunan volume luapan tertinggi terjadi di sub-DAS 22 yaitu sebesar 65,67%.
- 4) Upaya mengurangi banjir melalui skenario pengaturan penggunaan lahan bisa efektif dalam mengurangi banjir terutama di DAS/sub-DAS yang penggunaan lahannya didominasi oleh penggunaan lahan berupa permukiman kepadatan tinggi serta DAS/sub-DAS yang memiliki kapasitas saluran yang cukup memadai.

## 5.2 Rekomendasi

Berikut ini merupakan rekomendasi bagi penelitian selanjutnya yang masih terkait, antara lain:

- 1) Dalam mereklasifikasikan penggunaan lahan eksisting jika memungkinkan sebaiknya menggunakan database yang dibangun oleh peneliti sendiri berdasarkan fakta-fakta di lapangan, sehingga hasil dari simulasi model akan lebih akurat.
- 2) Seharusnya terdapat proses kalibrasi dan validasi terhadap hasil simulasi model SWAT pada tahun 2016.
- 3) Skenario yang dihasilkan masih murni merupakan hasil dari analisis sensitivitas. Untuk penelitian yang selanjutnya, sebaiknya skenario yang sudah terbentuk dikonfirmasi kepada *stakeholder* untuk kemungkinan penerapannya.
- 4) Skenario pengaturan penggunaan lahan ternyata masih belum bisa mengatasi masalah banjir secara tuntas, oleh karena itu, perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang upaya mengurangi banjir yang mengkolaborasikan antara pengaturan penggunaan lahan dengan pengelolaan infrastruktur hijau.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, M.** (2011). Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Daerah Aliran Sungai Progo. *INTEKNA*, 130-133.
- Andini, A. P. & Putturuhu, B.** (2016). *Perencanaan Underpass Mayjend Sungkono Surabaya - Jawa Timur*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Arnold, C. L., & Gibbons, C. J.** (1996). Impervious Surface Coverage The Emergence of a Key Environmental Indicator. *Journal of the American Planning Association Spring*, 243-258.
- Arsyad, S.** (2010). *Soil and Water Conservation*. Bogor: Institut Pertanian Bogor Press.
- Aryanto, A. F.** (2010). *Pengaruh Perubahan Penutup Lahan Terhadap Debit Aliran Permukaan di Sub-DAS Keduang Kabupaten Wonogiri*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Asdak, C.** (1995). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Baja, S.** (2012). *Perencanaan Tata Guna Lahan dalam Pengembangan Wilayah, Pendekatan Spasial & Aplikasinya*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

- Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya.** (2014). *Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya*. Surabaya: Pemerintah Kota Surabaya.
- Beck, L., Brown, R. R., Chesterfield, C., Dunn, G., Haan, F. d., Lloyd, S., . . . Wong, T.** (2016). Beyond Benchmarking: A Water Sensitive Cities Index.
- Chiras, D. D., & Corson, W. H.** (1997). Indicators of Sustainability and Quality of Life: Translating Vision into Reality. *Journal of Environmental Science and Health, Part C: Environmental Carcinogenesis and Ecotoxicology Reviews*, 61-82.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W.** (1988). *Applied Hydrology*. New York: McGraw Hill.
- Dinas PU Bina Marga dan Pematusan.** (2001). *Surabaya Drainage Master Plan*. Surabaya.
- Given, L. M.** (2008). *The Sage encyclopedia of qualitative research methods*. Sage Publication.
- Handayani, D. Y.** (2016, February 25). *Banjir Kepung Wiyung, Pemkot Maksimalkan Pompa dan Pintu Air*. Diambil kembali dari [suarasurabaya.net: http://kelanakota.suarasurabaya.net/news/2016/167817-Banjir-Kepung-Wiyung,-Pekot-Maksimalkan-Pompa-dan-Pintu-Air](http://kelanakota.suarasurabaya.net/news/2016/167817-Banjir-Kepung-Wiyung,-Pekot-Maksimalkan-Pompa-dan-Pintu-Air)
- Jayadi, R.** (2000). *Hidrologi I (Pengenalan Hidrologi)*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

- Justice, C. O., & Townshed, J. R.** (1981). The Use of Landsat Data for Land Cover Inventories of Mediterranean Lands. *Terrain Analysis and Remote Sensing*, 133-153.
- Machyus, M.** (2006). *Evaluasi Strategi Pengembangan Kawasan Perumahan Melalui Pendekatan Urban Redevelopment di Kawasan Kemayoran DKI Jakarta*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Maryono, A.** (2005). *Menangani Banjir, Kekeringan, dan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Masitoh, L.** (2003). *Pengaruh Keberadaan Perumahan Terhadap Perubahan Harga Lahan di Kecamatan Ciledug*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Mays, L. W.** (2001). *Water Resources Engineering*. (W. Anderson, P. McFadden, & A. Melhorn, Eds.) New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., & Williams, J. R.** (2005). *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2005*. Texas: Agricultural Research Service.
- Ogilvy, J.** (2015, January 8). *Scenario Planning and Strategic Forecasting*. Diambil kembali dari Forbes: [www.forbes.com](http://www.forbes.com)

- Pamungkas, A.** (2012). *Vulnerability Assessment for Disaster Risk Management: A Case Study of Floods in Centini Village, Indonesia*. RMIT University.
- Pannell, D. J.** (1997). Sensitivity analysis: strategies, methods, concepts, examples. *Agric Econ*, 139-152.
- Perdana, D.** (2016, February 11). *Banjir di Driyorejo Semakin Tinggi, Belum Ada Bantuan BPBD*. Diambil kembali dari [suarasurabaya.net:kelanakota.suarasurabaya.net/news/2016/167128-Banjir-di-Driyorejo-Semakin-Tinggi,-Belum-Ada-Bantuan-BPBD](http://suarasurabaya.net:kelanakota.suarasurabaya.net/news/2016/167128-Banjir-di-Driyorejo-Semakin-Tinggi,-Belum-Ada-Bantuan-BPBD)
- Perkembangan Gresik Sebagai Kota Industri Semakin Meningkat.* (2012, May 29). Diambil kembali dari [gresik.co](http://gresik.co): <http://gresik.co/gresik/perkembangan-gresik-sebagai-kota-industri-semakin-menggeliat>
- Productive Cities: European 14 Theme.* (n.d.). Diambil dari [http://www.european-europe.eu/media/default/0001/12/e14\\_topic\\_en\\_web\\_pap\\_pdf.pdf](http://www.european-europe.eu/media/default/0001/12/e14_topic_en_web_pap_pdf.pdf)
- Rahayu, S., Widodo, R. H., van Noordwijk, M., Suryadi, I., & Verbist, B.** (2009). *Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai*. Bogor: World Agroforestry Centre ICRAF Asia Tenggara.
- Reivich, K., & Shatte, A.** (2002). *The Resilience Factor: 7 Essential Skills for Overcoming Life's Inevitable Obstacle*. Broadway Books.

- Rustiadi, E., Saefulhakim, S., & Panuju, D. R. (2009).** *Perencanaan dan Pengembangan Wilayah*. Jakarta: Crestpent Press dan Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Seyhan, E., & Subagyo, S. (1990).** *Dasar-Dasar Hidrologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Soegiyanto. (2014).** Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Rawan Banjir. *Jurnal Geografi*, 46-58.
- Sudarto. (2009).** *Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Peningkatan Jumlah Aliran Permukaan*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Sugiharto, B. (2016, February 25).** *Risma dari Jakarta Langsung Terjun Pantau Banjir di Wiyung*. Diambil kembali dari DetikNews: <http://news.detik.com/berita-jawa-timur/3150468/risma-dari-jakarta-langsung-terjun-pantau-banjir-di-wiyung>
- Sugiyono. (2012).** *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sumaatmaja, N. (1988).** *Studi Geografi Suatu Pendekatan dan Analisa Keruangan*. Bandung: Alumni.
- Susman. (2002).** *Laporan Akhir Dampak Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Rencana Struktur Tata Ruang Kota Mataram*. Mataram: Universitas Islam Al-Azhar.

- Triatmodjo, B.** (2006). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wong, T., & Brown, R. R.** (2009). The Water Sensitive City: Principles for Practices. *Water Science & Technology* - WST, 673-682.
- Yuniarto, T., & Woro, S.** (1991). *Evaluasi Sumberdaya Lahan-Kesesuaian Lahan*. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Yusuf, Y., & Saddhono, K.** (2005). *Anatomi Banjir Kota Pantai: Perspektif Geografi*. Surakarta: Pustaka Cakra.
- Zulkarnain, R. C.** (2016). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Perubahan Suhu Permukaan di Kota Surabaya. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

## LAMPIRAN

### Lampiran A. Data Rata-Rata Bulanan Curah Hujan 2004-2013 (mm)

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2004	288,94	474,26	380,07	94,97	126,14	9,36	4,43	0,00	2,24	4,32	125,59	230,91
2005	322,67	216,90	318,04	209,95	17,86	55,63	10,19	2,58	10,16	92,80	81,99	459,36
2006	326,68	403,60	469,33	165,07	170,12	4,90	0,00	0,23	0,00	3,19	4,76	181,76
2007	76,81	285,80	312,94	226,04	24,69	54,45	12,34	3,07	0,17	16,49	102,52	145,99
2008	168,15	364,79	369,88	85,67	18,79	3,08	0,06	1,70	0,48	22,40	104,65	130,04
2009	493,61	345,00	227,80	121,37	111,85	10,17	5,03	2,02	0,44	17,80	101,97	202,38
2010	641,01	474,40	358,28	308,05	170,90	91,18	100,30	113,18	239,77	257,53	316,96	300,81
2011	207,18	185,97	233,69	251,16	120,81	37,87	12,54	0,03	4,14	36,86	247,52	270,58
2012	151,76	177,72	115,96	125,78	80,58	43,18	2,33	0,01	0,01	17,37	116,33	327,24
2013	366,25	130,81	195,41	125,03	104,99	96,81	43,53	4,46	4,35	19,95	126,57	308,38
Total	3043,06	3059,24	2981,39	1713,08	946,73	406,61	190,75	127,27	261,76	488,70	1328,86	2557,46
Rata-rata/ bulan	304,31	305,92	298,14	171,31	94,67	40,66	19,07	12,73	26,18	48,87	132,89	255,75

*Sumber: Global Weather Database*

### Lampiran B. Data Rata-Rata Harian Kelembapan Relatif 2004-2013

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2004	24,96	24,86	26,85	22,54	22,92	19,15	18,96	16,50	15,31	14,65	17,12	23,71
2005	23,66	22,11	25,45	23,23	20,34	20,28	18,66	17,12	15,67	17,66	17,98	24,71
2006	24,35	21,34	23,58	21,73	21,48	17,52	17,52	16,39	13,92	14,48	15,07	20,00
2007	18,38	20,54	21,50	21,82	18,74	18,44	18,55	17,42	14,37	15,63	17,18	20,86
2008	20,20	21,07	22,46	20,08	18,69	17,30	16,54	17,62	14,31	16,88	19,18	20,15
2009	25,04	24,47	25,98	24,25	25,12	21,94	19,46	17,37	15,60	16,19	17,91	22,79
2010	27,19	24,82	26,94	26,33	26,56	24,85	24,08	22,34	21,73	23,11	22,46	26,07
2011	25,22	23,14	25,82	25,16	24,51	20,02	19,45	16,42	14,37	15,84	21,47	24,47
2012	25,70	24,19	24,99	23,08	22,53	20,11	17,70	15,90	13,71	15,81	18,91	24,02
2013	26,62	23,66	25,68	24,41	24,23	23,86	21,99	18,06	15,43	15,49	19,26	24,85
Total	241,31	230,21	249,24	232,63	225,13	203,47	192,91	175,15	154,42	165,74	186,53	231,62
Jumlah hari	310	283	310	300	310	300	310	310	300	310	300	310
Rata-rata harian	0,78	0,81	0,80	0,78	0,73	0,68	0,62	0,56	0,51	0,53	0,62	0,75

Sumber: Global Weather Database

### Lampiran C. Data Rata-Rata Harian Temperatur Maksimum 2004-2013 (°C)

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2004	998,8	859,4	943,4	974,2	1038,7	984,4	1052,9	1094,4	1083,9	1168,5	1104,8	1044,1
2005	1040,0	921,2	984,1	960,1	1040,6	1020,3	1073,2	1110,2	1106,6	1139,1	1081,2	1003,2
2006	989,3	948,5	1035,0	1039,5	1066,2	1061,1	1091,1	1098,7	1102,8	1139,9	1117,6	1171,6
2007	1190,9	1000,8	1100,5	1054,7	1099,6	1073,6	1070,5	1090,3	1101,6	1156,1	1130,5	1122,6
2008	1135,0	964,7	1133,2	1060,8	1090,7	1047,3	1101,2	1088,3	1106,0	1138,1	1095,0	1169,2
2009	1014,6	831,9	959,3	945,3	956,6	943,7	1029,0	1084,9	1122,7	1161,6	1104,7	1045,3
2010	936,0	851,6	955,0	918,1	953,0	923,4	985,9	1027,8	1002,1	1016,5	996,0	954,9
2011	950,1	863,1	980,2	947,3	984,3	978,4	1032,6	1089,5	1129,5	1168,8	1029,8	1019,5
2012	938,9	911,2	972,0	960,5	1018,6	993,8	1099,3	1104,0	1128,3	1180,9	1094,5	1016,8
2013	937,1	857,5	990,7	952,2	997,5	946,6	1015,5	1074,2	1115,3	1210,3	1078,0	977,8
Total	10130,8	9009,9	10053,3	9812,9	10245,9	9972,6	10551,1	10862,1	10998,9	11479,8	10832,3	10525,1
Jumlah hari	310	283	310	300	310	300	310	310	300	310	300	310
Rata-rata harian	32,7	31,8	32,4	32,7	33,1	33,2	34,0	35,0	36,7	37,0	36,1	34,0

Sumber: Global Weather Database

**Lampiran D. Data Rata-Rata Harian Temperatur Minimum 2004-2013 (°C)**

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2004	726,7	674,8	725,8	699,1	731,6	675,2	680,9	673,5	704,5	748,9	744,0	739,9
2005	728,0	655,7	728,9	700,3	723,6	695,4	713,3	718,6	731,6	765,4	744,2	744,1
2006	738,5	663,3	727,9	700,1	736,6	682,7	693,4	680,6	683,5	739,3	730,9	752,2
2007	755,8	654,8	738,5	698,2	726,5	706,9	698,3	689,2	699,5	753,9	735,3	737,4
2008	728,5	688,0	713,8	682,7	703,1	679,0	688,2	705,0	718,0	761,3	731,6	747,9
2009	730,6	648,7	705,6	693,8	720,1	677,1	689,3	709,9	709,7	778,3	753,3	744,2
2010	731,4	667,2	733,1	719,8	749,0	696,7	715,8	725,1	718,1	748,5	727,1	722,8
2011	721,0	638,3	713,9	693,8	715,8	676,2	692,8	693,9	702,5	758,4	735,6	736,3
2012	721,0	653,6	711,5	693,1	722,4	682,4	684,9	674,9	685,7	758,9	743,0	743,9
2013	726,1	648,2	723,4	712,2	733,6	702,5	704,7	693,0	696,9	756,3	729,4	725,7
Total	7307,6	6592,5	7222,4	6993,1	7262,3	6874,0	6961,7	6963,7	7050,0	7569,3	7374,4	7394,4
Jumlah hari	310	283	310	300	310	300	310	310	300	310	300	310
Rata-rata harian	23,6	23,3	23,3	23,3	23,4	22,9	22,5	22,5	23,5	24,4	24,6	23,9

*Sumber: Global Weather Database*

**Lampiran E. Data Rata-Rata Harian Kecepatan Angin 2004-2013 (m/s)**

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2004	37,20	50,97	38,06	48,19	46,13	62,77	78,72	81,54	79,43	76,09	54,05	37,58
2005	43,51	37,61	40,32	48,87	64,82	63,57	71,14	77,53	68,17	63,40	48,48	38,65
2006	58,77	39,39	45,76	44,00	54,13	71,69	85,47	88,97	86,16	80,79	66,38	45,84
2007	47,14	38,84	54,75	49,74	72,71	64,80	83,91	79,93	76,42	69,84	49,23	51,88
2008	52,56	71,32	40,61	55,02	70,47	71,17	87,96	84,35	86,07	75,23	45,34	40,10
2009	45,90	48,38	34,84	39,01	41,94	54,76	64,26	72,67	67,66	57,04	50,79	36,02
2010	41,84	27,63	32,89	34,98	41,56	44,34	52,85	53,14	46,43	44,50	40,04	44,43
2011	67,27	54,83	45,81	42,08	47,55	60,75	64,68	75,45	70,80	70,92	41,79	43,68
2012	61,23	39,54	56,39	49,26	56,49	61,61	67,03	82,20	78,51	66,84	47,09	40,76
2013	64,45	44,87	42,96	48,05	47,88	48,49	58,51	69,53	69,35	65,69	46,94	46,95
Total	519,86	453,40	432,39	459,20	543,69	603,95	714,53	765,32	729,00	670,35	490,13	425,90
Jumlah hari	310	283	310	300	310	300	310	310	300	310	300	310
Rata-rata harian	1,68	1,60	1,39	1,53	1,75	2,01	2,30	2,47	2,43	2,16	1,63	1,37

*Sumber: Global Weather Database*

**Lampiran F. Data Rata-Rata Harian Radiasi Matahari 2004-2013 (MJ/m<sup>2</sup>/hari)**

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2004	710,75	557,01	581,30	729,99	646,06	614,89	666,60	735,13	711,36	706,65	669,60	686,29
2005	718,00	652,27	711,64	673,47	688,62	609,97	642,63	649,66	624,77	725,37	623,32	667,20
2006	609,28	564,93	487,85	487,57	529,74	582,64	638,82	689,50	755,07	742,67	662,09	520,31
2007	479,15	448,36	483,83	530,73	573,42	510,69	624,36	628,93	664,61	650,99	564,51	533,54
2008	484,81	434,03	472,51	531,63	553,79	525,85	650,46	598,95	734,31	670,02	532,41	481,26
2009	587,30	574,84	751,79	712,97	638,36	640,26	693,93	727,30	698,87	658,75	679,84	714,83
2010	624,16	572,48	697,40	587,52	619,61	640,50	674,91	745,17	737,61	744,30	778,58	670,40
2011	740,21	689,28	787,50	706,89	708,18	665,82	692,84	764,35	719,75	794,74	790,42	787,96
2012	681,74	762,35	749,66	736,83	674,46	639,20	684,63	781,77	814,72	752,17	744,69	747,98
2013	700,09	656,07	818,46	708,57	667,14	576,19	678,66	763,22	763,01	772,20	733,80	698,15
Total	6335,48	5911,64	6541,93	6406,16	6299,38	6006,01	6647,85	7083,96	7224,09	7217,86	6779,25	6507,92
Jumlah hari	310	283	310	300	310	300	310	310	300	310	300	310
Rata-rata harian	20,44	20,89	21,10	21,35	20,32	20,02	21,44	22,85	24,08	23,28	22,60	20,99

Sumber: Global Weather Database

### Lampiran G. Data Generator Iklim

**Station** : Stasiun Meteorologi II Perak  
**WLatitude** : 7°43' LS  
**WLongitude** : 112°81' BT  
**WElev** : 1 mdpl  
**Rain\_ysr** : 10

Parameter	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
TMPMX	32.68	31.84	32.43	32.71	33.05	33.24	34.04	35.04	36.66	37.03	36.11	33.95
TMPMN	23.57	23.3	23.3	23.31	23.43	22.91	22.46	22.46	23.5	24.42	24.58	23.85
TMPMXSTD	3.59	2.93	3.09	2.28	2.13	2.06	1.62	1.35	1.7	2.25	2.48	3.42
TMPMNSTD	0.73	0.69	0.71	0.7	0.71	0.82	0.85	1.01	0.94	0.83	0.73	0.67
PCPMM	304.31	305.92	298.14	171.31	94.67	40.66	19.07	12.73	26.18	48.87	132.89	255.75
PCPSTD	12.09	11.65	11.91	7.54	4.72	3.03	2.18	2.06	3.93	3.94	6.34	10.5
PCPSKW	2.91	2.47	3.01	2.42	2.07	3.22	6.19	7.02	6.73	3.49	1.72	3.36
PR_W (1)	0.73	1.2	0.91	0.54	0.33	0.23	0.17	0.12	0.11	0.23	0.33	0.73
PR_W (2)	0.98	0.97	0.97	0.89	0.84	0.74	0.62	0.57	0.65	0.76	0.91	0.96
PCPD	29.9	27.8	29.9	25	21.5	13.4	9.4	6.9	7.1	15.7	23.7	29.5
RAINHHMX	31.88	28.12	28.84	18.91	7.97	5.87	7.77	6.44	14.59	7.61	10.3	24.77
SOLARAV	20.44	20.89	21.1	21.35	20.32	20.02	21.44	22.85	24.08	23.28	22.6	20.99
DEWPT	0.78	0.81	0.8	0.78	0.73	0.68	0.62	0.56	0.51	0.53	0.62	0.75
WNDVAV	1.68	1.6	1.39	1.53	1.75	2.01	2.3	2.47	2.43	2.16	1.63	1.37

Sumber: Hasil Analisis, 2017

**Lampiran H. Hasil Simulasi SWAT (file .sub)**

<i>Month</i>	<i>Rain (mm)</i>	<i>Snow Fall (mm)</i>	<i>Surf. Q (mm)</i>	<i>Lateral Q (mm)</i>	<i>Water Yield (mm)</i>	<i>ET (mm)</i>	<i>Sed. Yield (mm)</i>	<i>PET (mm)</i>
1	205.51	0	43.55	33.42	77.20	111.00	184,12	155.39
2	234.41	0	56.03	49.60	107.80	108.36	206.73	159.46
3	221.08	0	51,46	53.35	110.41	117.81	62.51	138.65
4	126.55	0	17,57	33.70	54.60	115.58	4.83	218.99
5	143.41	0	19,15	32.00	51.54	97.66	0.31	177.63
6	41.32	0	2.03	14.09	16.29	35.49	0.02	157.93
7	38.62	0	1.68	5.38	7.16	27.31	0.04	164.74
8	12.90	0	0.20	3.88	4.16	17.56	0.01	191.50
9	13.54	0	0.47	2.35	2.88	11.58	0.02	270.87
10	39.55	0	2.15	4.01	6.20	27.67	0.35	291.69
11	228.09	0	38.85	37.88	76.77	96.19	22.46	155.11
12	215.78	0	40.47	51.11	91.62	108.91	31.39	175.59

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*













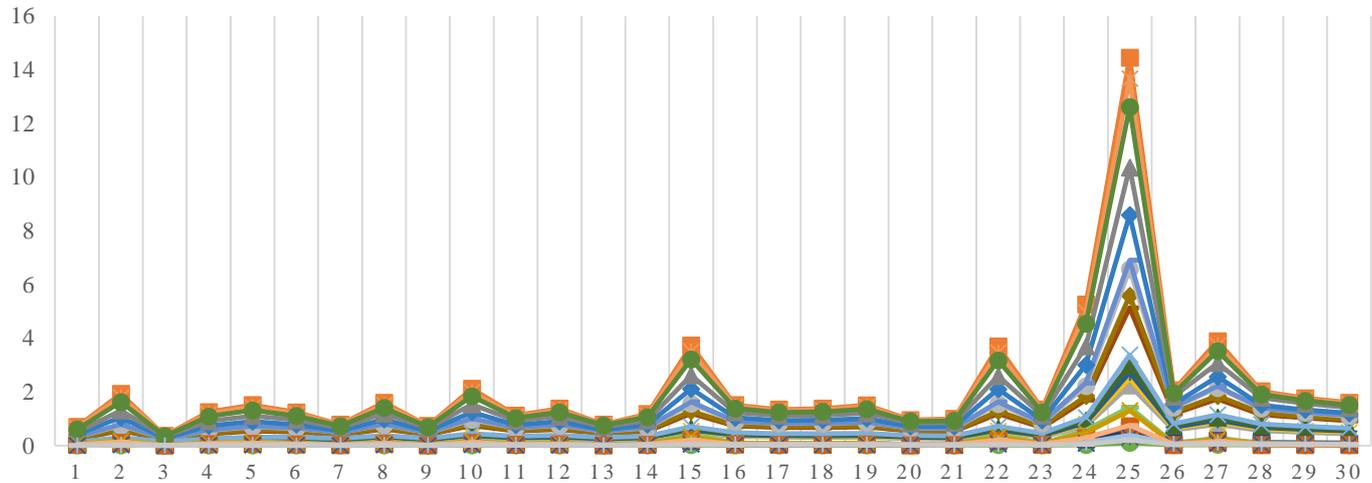
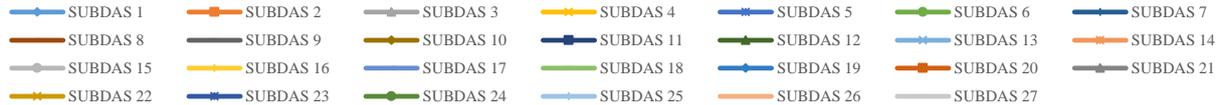






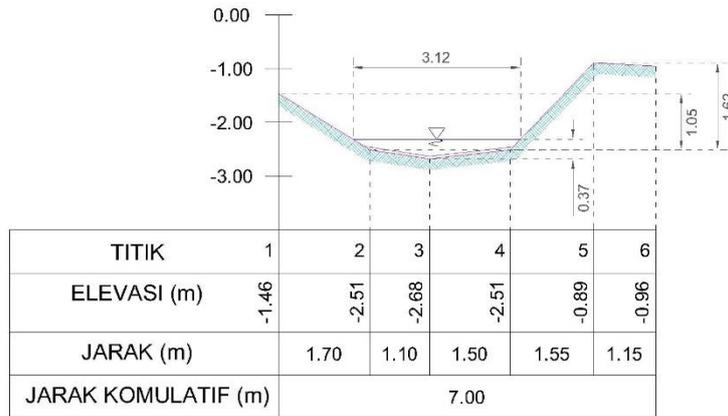


## DEBIT SIMULASI BULAN NOVEMBER 2016





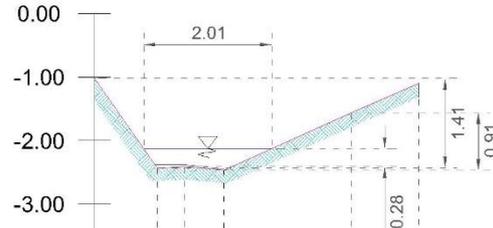
### Lampiran J. Dimensi Sungai di Titik Survey Kapasitas Sungai



POTONGAN MELINTANG  
SALURAN SEKUNDER

SKALA 1 : 100

### Saluran Perum Golden Berry

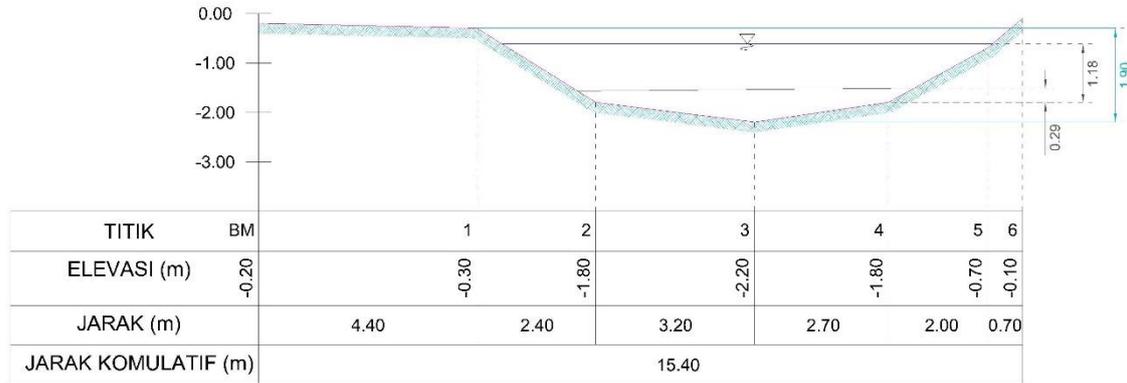


TITIK	1	2	3	4	5	6
ELEVASI (m)	-1.02	-2.43	-2.41	-2.47	-1.56	-1.10
JARAK (m)		0.98	0.43	0.62	2.00	1.05
JARAK KOMULATIF (m)				5.08		

**POTONGAN MELINTANG  
SALURAN TERSIER**

SKALA 1 : 100

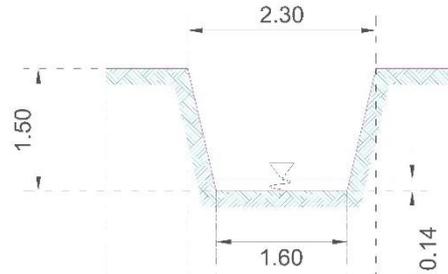
**Saluran Perum Golden Berry**



POTONGAN MELINTANG  
SALURAN SEKUNDER

SKALA 1 : 100

### Saluran Timur Perum Golden Berry (B)

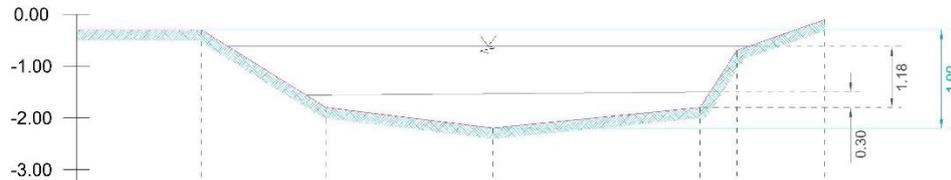


TITIK	1	2	3	4	5	6
JARAK (m)		1.00	0.35	1.60	0.35	1.00
JARAK KOMULATIF (m)				4.30		

**POTONGAN MELINTANG  
SALURAN TERSIER**

SKALA 1 : 100

**Saluran Timur Perum Golden Berry (B)**

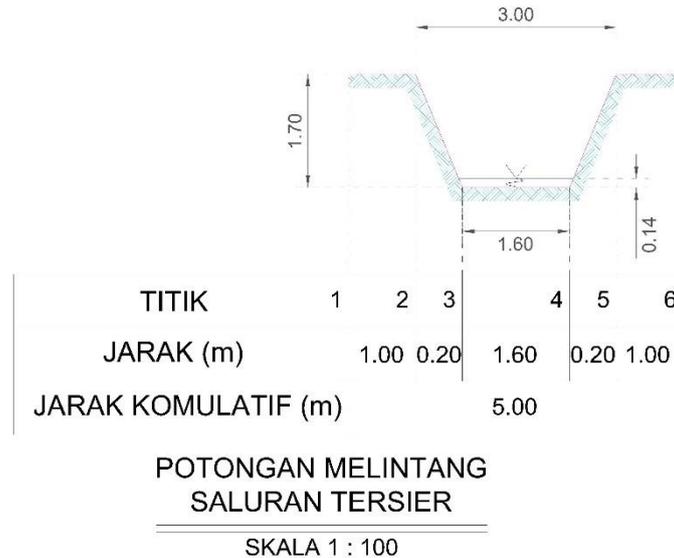


TITIK	BM	1	2	3	4	5	6
ELEVASI (m)	-0.20	-0.30	-1.80	-2.20	-1.80	-0.70	-0.10
JARAK (m)		2.40	2.40	3.20	4.00	0.70	1.70
JARAK KOMULATIF (m)					14.40		

POTONGAN MELINTANG  
SALURAN SEKUNDER

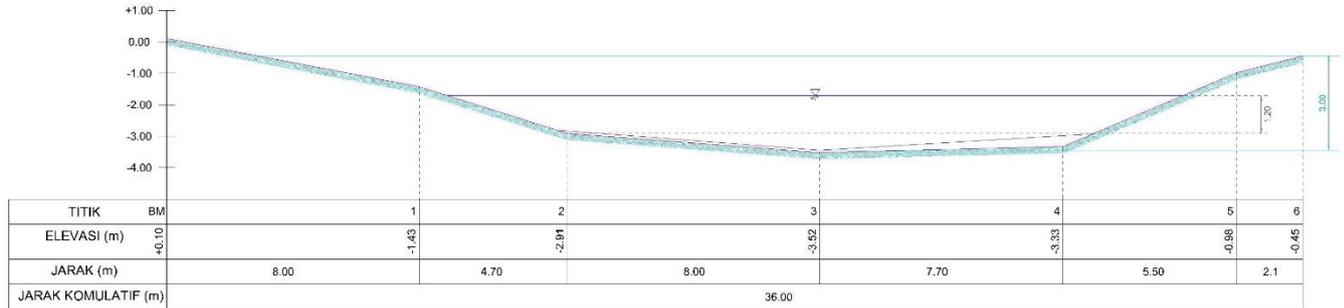
SKALA 1 : 100

**Saluran Timur Perum Golden Berry Regency (A)**



LOKASI A : TIMUR PERUM GOLDEN BERRY REGENCY

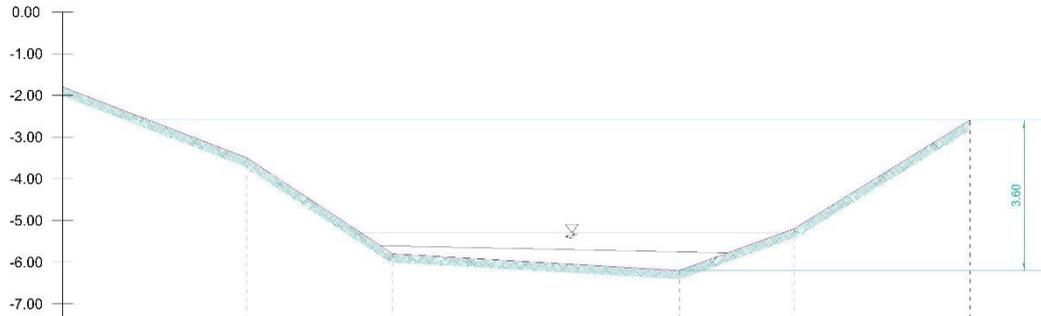
**Saluran Timur Perum Golden Berry Regency (A)**



POTONGAN MELINTANG  
SALURAN SEKUNDER

SKALA 1 : 100

### Saluran Barat Perumahan Citra Sentosa (A)

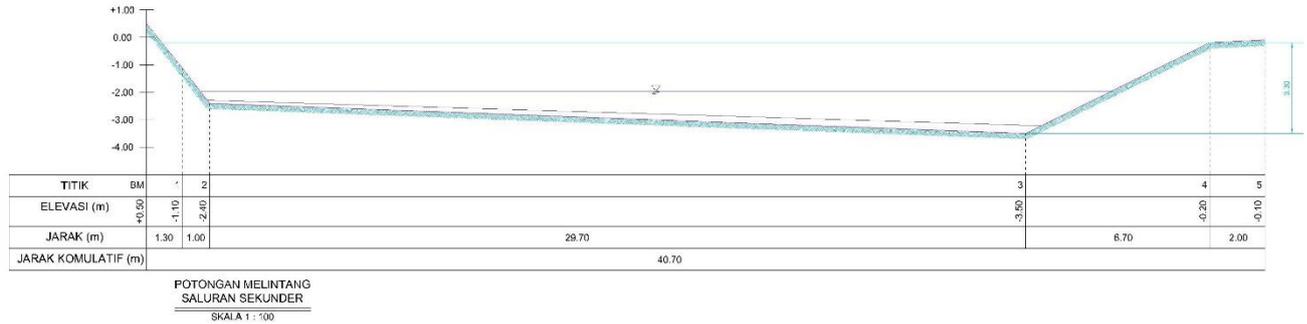


TITIK	BM	1	2	3	4	5
ELEVASI (m)	-1.80	-3.50	-5.80	-6.20	-5.20	-2.80
JARAK (m)		4.40	3.50	6.85	2.75	4.00
JARAK KOMULATIF (m)				21.50		

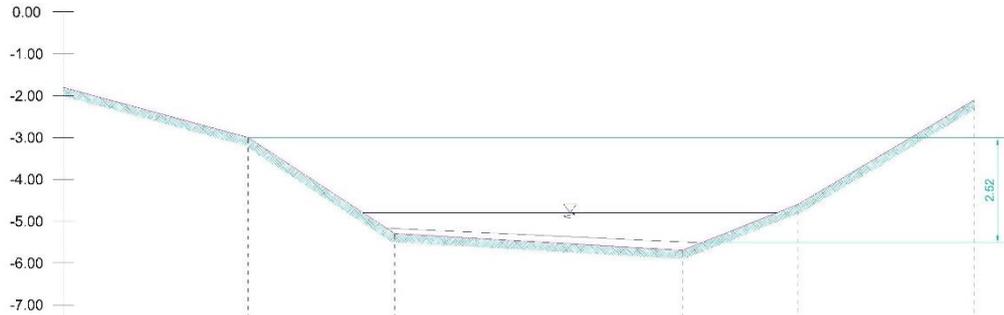
POTONGAN MELINTANG  
SALURAN TERSIER

SKALA 1 : 100

**Saluran Barat Perumahan Citra Sentosa (A)**



**Saluran Barat Perumahan Citra Sentosa (B)**

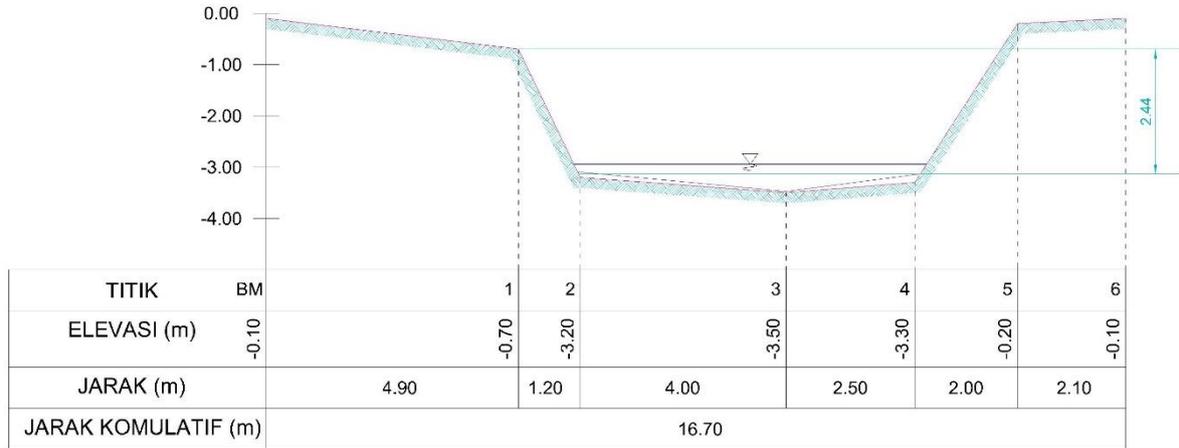


TITIK	BM	1	2	3	4	5
ELEVASI (m)	-1.80	-3.00	-5.30	-5.70	-4.80	-2.10
JARAK (m)		4.40	3.50	6.85	2.75	4.20
JARAK KOMULATIF (m)				21.70		

POTONGAN MELINTANG  
SALURAN TERSIER

SKALA 1 : 100

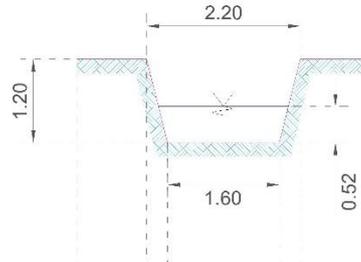
**Saluran Barat Perumahan Citra Sentosa (B)**



POTONGAN MELINTANG  
SALURAN SEKUNDER

SKALA 1 : 100

### Saluran Perum Taman Wisata Regency

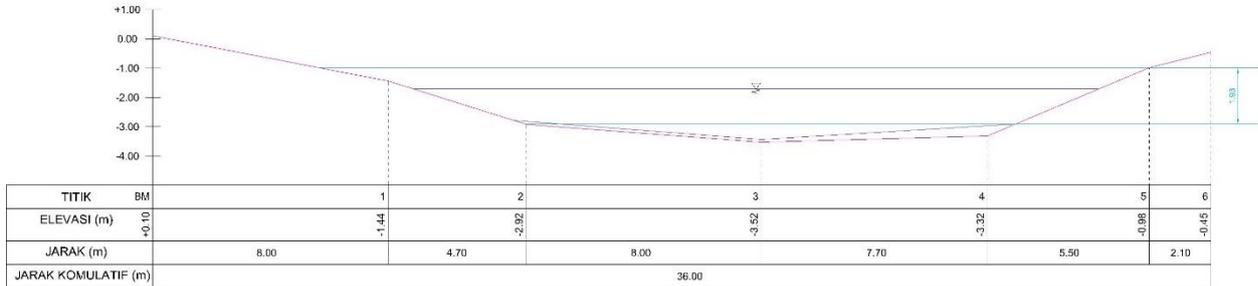


TITIK	1	2	3	4	5	6
JARAK (m)		1.00	0.30	1.60	0.30	1.00
JARAK KOMULATIF (m)				4.20		

**POTONGAN MELINTANG  
SALURAN TERSIER**

SKALA 1 : 100

**Saluran Perum Taman Wisata Regency**



POTONGAN MELINTANG  
 SALURAN SEKUNDER  
 SKALA 1 : 100

### Saluran Perum Prambanan Residence



TITIK	1	1	1	1	1	1
ELEVASI (m)	-1.80	-3.00	-5.30	-5.70	-4.60	-2.10
JARAK (m)		4.40	3.50	6.85	2.75	4.20
JARAK KOMULATIF (m)				21.50		

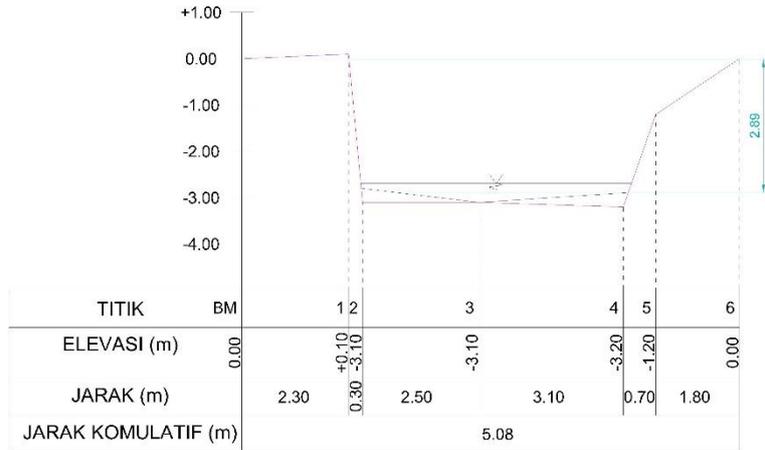
POTONGAN MELINTANG  
 SALURAN TERSIER  
 SKALA 1 : 100

### Saluran Perum Prambanan Residence



POTONGAN MELINTANG  
SALURAN SEKUNDER  
SKALA 1 : 100

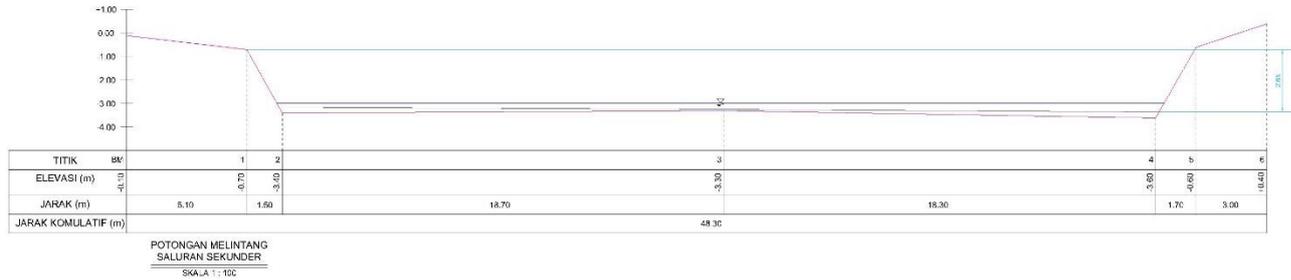
## Saluran Royal Club House & Ivy School



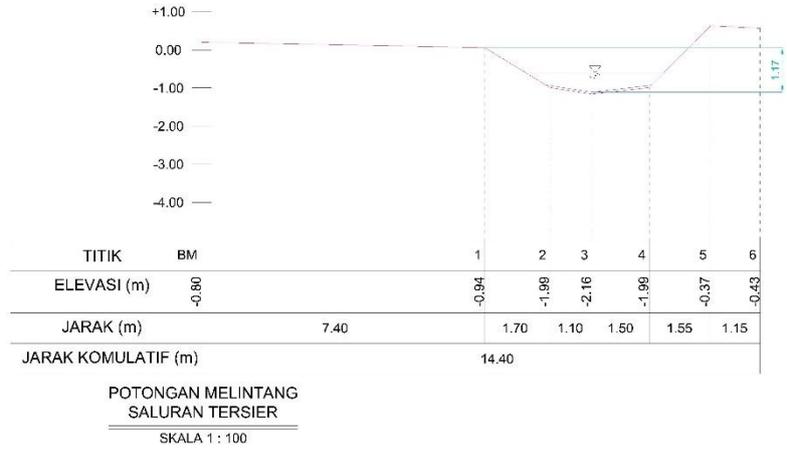
POTONGAN MELINTANG  
SALURAN TERSIER

SKALA 1 : 100

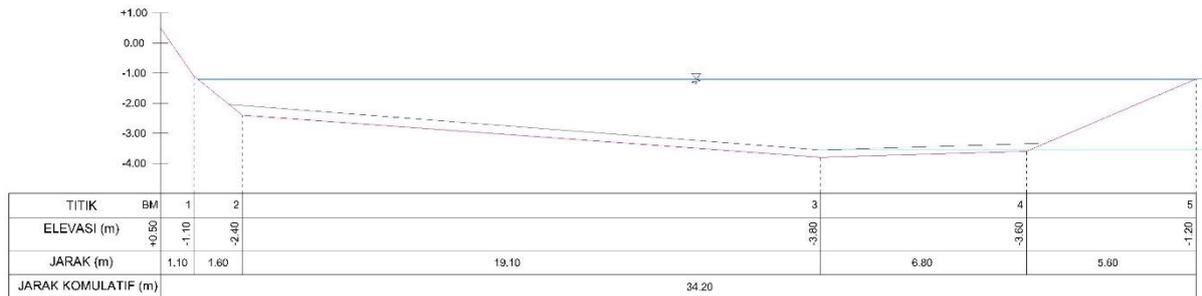
**Saluran Royal Club House & Ivy School**



## Saluran Belakang SMPN 34 Surabaya

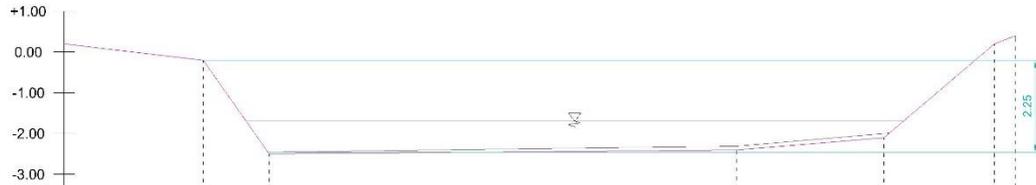


### Saluran Belakang SMPN 34 Surabaya



POTONGAN MELINTANG  
SALURAN SEKUNDER  
SKALA 1 : 100

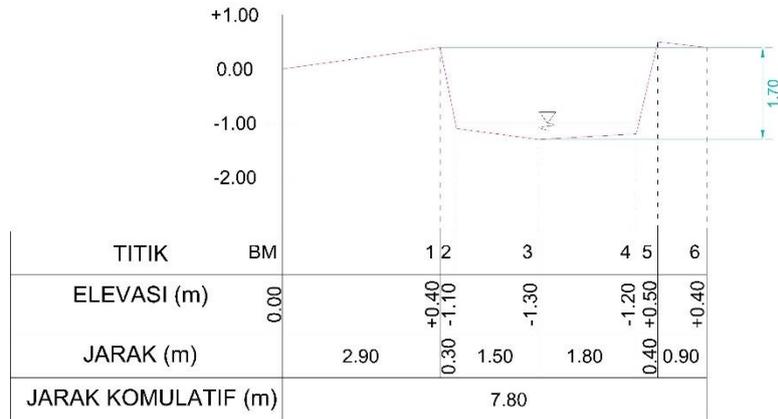
### Saluran Jl. Gunungsari Blok KA



TITIK	BM	1	2		3	4	5	6
ELEVASI (m)	+0.20	-0.20	-2.50		-2.40	-2.10	+0.20	+0.40
JARAK (m)		3.40	1.60		11.40	3.60	2.70	0.50
JARAK KOMULATIF (m)					23.20			

POTONGAN MELINTANG  
SALURAN SEKUNDER  
SKALA 1 : 100

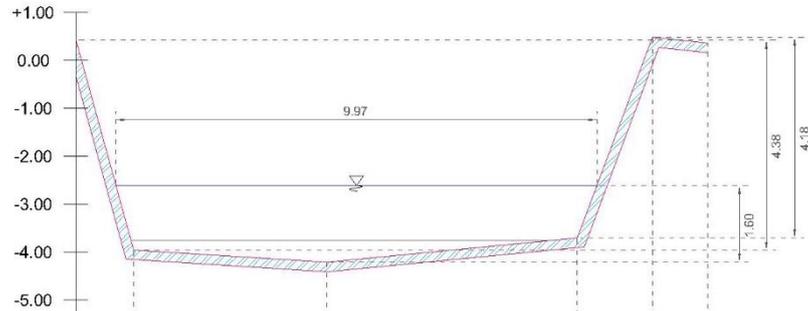
### Saluran Bawah Jalan Tol Gunungsari



POTONGAN MELINTANG  
SALURAN TERSIER

SKALA 1 : 100

### **Saluran Bawah Jalan Tol Gunungsari**

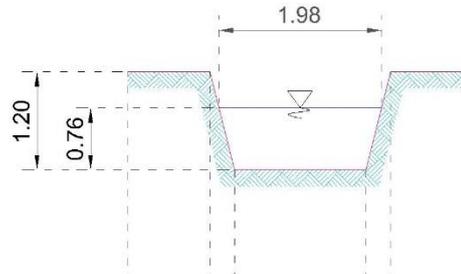


TITIK	1	2	3	4	5	6
ELEVASI (m)	+0.42	-3.96	-4.21	-3.70	+0.48	+0.36
JARAK (m)		1.20	4.00	5.20	1.55	1.15
JARAK KOMULATIF (m)		13.10				

POTONGAN MELINTANG  
SALURAN SEKUNDER

SKALA 1 : 100

**Saluran Jl. Raya Wisma Lidah Kulon**

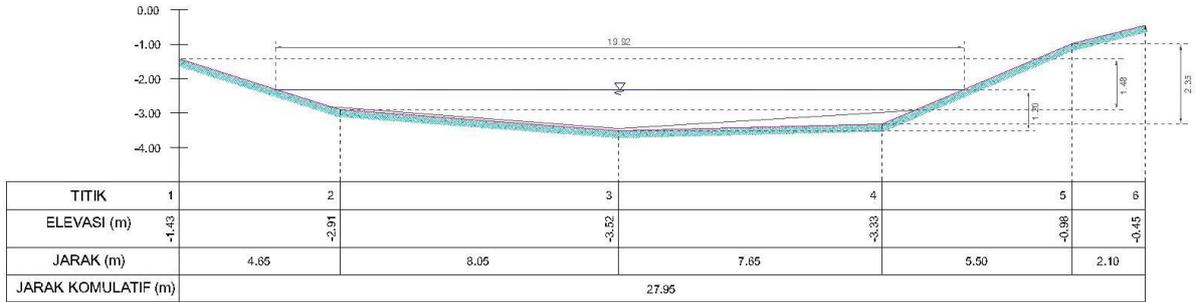


TITIK	1	2	3	4	5	6
JARAK (m)		1.00	0.30	1.60	0.30	1.00
JARAK KOMULATIF (m)		4.20				

**POTONGAN MELINTANG  
SALURAN TERSIER**

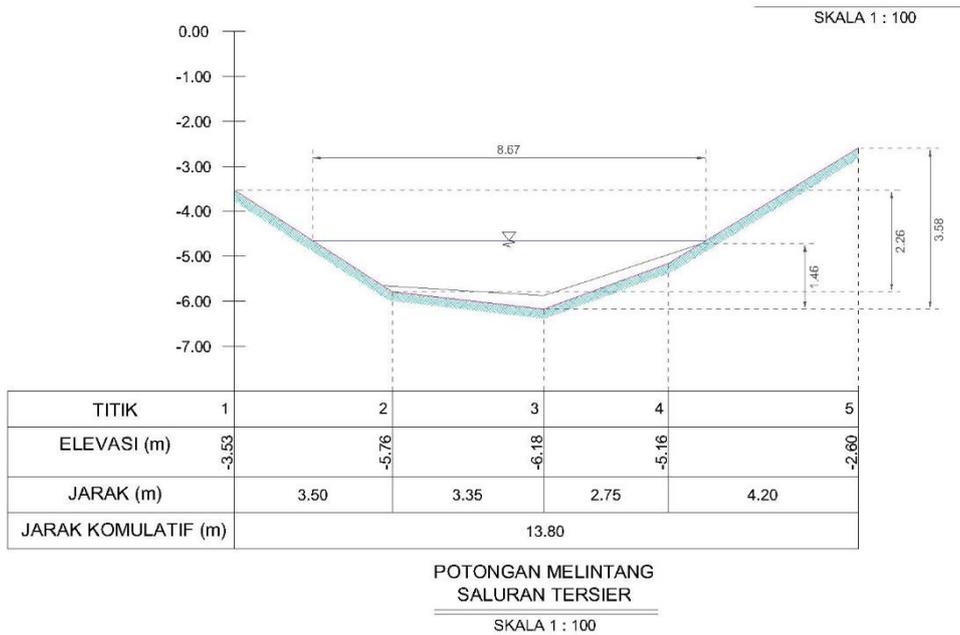
SKALA 1 : 100

**Saluran Jl. Raya Wisma Lidah Kulon**

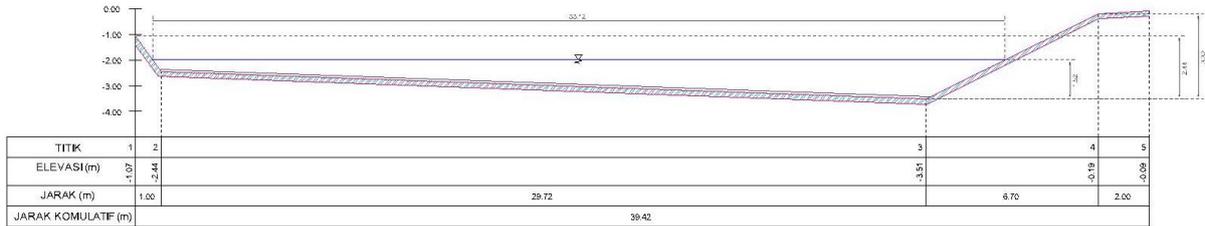


POTONGAN MELINTANG  
SALURAN SEKUNDER  
 SKALA 1 : 100

**Saluran Prambanan Regency Gg. 1**



**Saluran Prambanan Regency Gg. 1**



POTONGAN MELINTANG  
SKALA 1 : 100

### Saluran Jalan Raya Menganti



POTONGAN MELINTANG  
 SKALA 1 : 100

### Saluran Depan Hotel Singgasana

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

### Lampiran K. Hasil Analisis Sensitivitas

PENURUNAN DEBIT	OUTPUT					
	SUBDAS 1		SUBDAS 2		SUBDAS 3	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
<b><i>Penambahan KDH di dalam Kawasan Terbangun</i></b>						
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan industri	0.66	0.00	15.58	0.06	2.54	0.04
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman	0.64	2.76	15.27	2.05	2.52	0.75
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan perdagangan dan jasa	0.65	0.11	15.59	0.00	2.54	0.00
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan fasilitas umum	0.65	0.26	15.58	0.06	2.54	0.00
<b><i>PERUBAHAN ZONA</i></b>						
<b><i>LANDUSE +10%</i></b>						
<b><i>Perubahan Luas Badan Air</i></b>						
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas sawah	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas permukiman	0.66	0.05	15.58	0.06	2.54	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas tegalan	0.66	0.00	15.58	0.06	2.54	0.12
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas perkebunan	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.04
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas lahan kosong	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas fasilitas umum	0.65	0.14	15.58	0.06	2.54	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari RTH	0.66	-0.09	15.59	0.00	2.54	0.00
<b><i>Perubahan Luas Tegalan</i></b>						
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.65	0.12	15.57	0.13	2.54	0.04
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari perkebunan	0.66	0.00	15.60	-0.06	2.54	-0.16
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari sawah	0.66	0.00	15.61	-0.13	2.54	-0.20
<b><i>Perubahan Luas Perkebunan</i></b>						
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.66	0.05	15.58	0.06	2.54	0.00
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.04
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari sawah	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	-0.04

PENURUNAN DEBIT	OUTPUT					
	SUBDAS 1		SUBDAS 2		SUBDAS 3	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
<b><i>Perubahan Luas Sawah</i></b>						
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.65	1.33	15.44	0.96	2.53	0.32
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.66	0.00	15.51	0.51	2.49	1.81
<b><i>Perubahan Luas Lahan Kosong</i></b>						
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	0.66	0.00	15.58	0.06	2.54	0.04
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.66	0.02	15.59	0.00	2.54	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.04
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perkebunan	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.04
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari sawah	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	0.66	0.05	15.59	0.00	2.54	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	0.65	0.08	15.59	0.00	2.54	0.00
<b><i>Perubahan Luas RTH</i></b>						
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari badan air	0.66	0.00	15.58	0.06	2.54	0.08
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.65	0.21	15.56	0.19	2.54	0.08
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.66	0.00	15.57	0.13	2.53	0.47
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari perkebunan	0.66	0.00	15.57	0.13	2.53	0.32
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari sawah	0.66	0.00	15.58	0.06	2.54	0.12
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari fasilitas umum	0.65	0.60	15.57	0.13	2.54	0.00
<b><i>Perubahan Luas Semak Belukar</i></b>						
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari industri	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari perkebunan	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari sawah	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.00

PENURUNAN DEBIT	OUTPUT					
	SUBDAS 1		SUBDAS 2		SUBDAS 3	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari lahan kosong	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari fasilitas umum	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.00
<b>LANDUSE -10%</b>						
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi RTH	0.66	0.00	15.53	0.38	2.51	1.26
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi RTH	0.66	0.00	15.58	0.06	2.53	0.20
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi RTH	0.66	0.00	15.47	0.77	2.51	1.22
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi RTH	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.00
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi RTH	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.00
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi badan air	0.66	0.00	15.56	0.19	2.52	0.75
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi badan air	0.66	0.00	15.58	0.06	2.54	0.08
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi badan air	0.66	0.00	15.56	0.19	2.53	0.43
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi badan air	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.00
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi badan air	0.66	0.00	15.59	0.00	2.54	0.00
Perubahan luas industri sebesar 10%, menjadi badan air	0.66	0.00	15.58	0.06	2.54	0.04
Perubahan luas permukiman sebesar 10%, menjadi badan air	0.64	1.69	15.38	1.35	2.53	0.51
Perubahan luas fasilitas umum sebesar 10%, menjadi badan air	0.65	0.15	15.58	0.06	2.54	0.00
Perubahan luas perdagangan dan jasa sebesar 10%, menjadi badan air	0.65	0.08	15.59	0.00	2.54	0.00

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 4		SUBDAS 5		SUBDAS 6	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
<b><i>Penambahan RTH didalam Kawasan Terbangun</i></b>						
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan industri	3.01	0.03	0.27	0.04	0.21	0.00
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman	2.99	0.70	0.27	1.34	0.21	0.19
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan perdagangan dan jasa	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan fasilitas umum	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
<b>PERUBAHAN ZONA</b>						
<b><i>LANDUSE +10%</i></b>						
<b><i>Perubahan Luas Badan Air</i></b>						
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas sawah	3.01	0.03	0.27	0.00	0.21	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas permukiman	3.01	0.00	0.27	0.04	0.21	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas tegalan	3.00	0.10	0.27	0.15	0.21	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas perkebunan	3.00	0.07	0.27	0.04	0.21	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas lahan kosong	3.01	0.00	0.27	-0.19	0.21	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas fasilitas umum	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari RTH	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
<b><i>Perubahan Luas Tegalan</i></b>						
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari permukiman	3.01	0.03	0.27	0.04	0.21	0.00
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari perkebunan	3.01	-0.17	0.27	-0.15	0.21	-0.14
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari sawah	3.01	-0.23	0.27	-0.07	0.21	-0.48
<b><i>Perubahan Luas Perkebunan</i></b>						
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari permukiman	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari tegalan	3.01	0.03	0.27	0.04	0.21	0.00
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari sawah	3.01	-0.03	0.27	0.00	0.21	-0.10
<b><i>Perubahan Luas Sawah</i></b>						
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari permukiman	3.00	0.30	0.27	0.60	0.21	0.05

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 4		SUBDAS 5		SUBDAS 6	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari tegalan	2.96	1.63	0.26	2.38	0.21	0.00
<b><i>Perubahan Luas Lahan Kosong</i></b>						
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	3.01	0.03	0.27	0.04	0.21	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari permukiman	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari tegalan	3.01	0.03	0.27	0.07	0.21	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perkebunan	3.01	0.03	0.27	0.00	0.21	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari sawah	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
<b><i>Perubahan Luas RTH</i></b>						
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari badan air	3.00	0.07	0.27	0.04	0.21	0.00
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari permukiman	3.00	0.07	0.27	0.11	0.21	0.00
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari tegalan	2.99	0.43	0.27	0.67	0.21	0.00
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari perkebunan	3.00	0.30	0.27	0.22	0.21	0.19
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari sawah	3.00	0.13	0.27	0.04	0.21	0.19
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari fasilitas umum	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
<b><i>Perubahan Luas Semak Belukar</i></b>						
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari industri	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari permukiman	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari tegalan	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari perkebunan	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari sawah	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari lahan kosong	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 4		SUBDAS 5		SUBDAS 6	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari fasilitas umum	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
<b>LANDUSE -10%</b>						
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi RTH	2.97	1.13	0.26	1.79	0.21	0.00
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi RTH	3.00	0.20	0.27	0.15	0.21	0.10
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi RTH	2.97	1.26	0.27	0.33	0.21	1.81
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi RTH	3.01	0.00	0.27	0.07	0.21	0.00
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi RTH	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi badan air	2.99	0.70	0.27	1.12	0.21	0.00
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi badan air	3.00	0.10	0.27	0.07	0.21	0.05
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi badan air	2.99	0.40	0.27	0.11	0.21	0.24
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi badan air	3.01	0.00	0.27	-0.07	0.21	0.00
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi badan air	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
Perubahan luas industri sebesar 10%, menjadi badan air	3.01	0.03	0.27	0.04	0.21	0.00
Perubahan luas permukiman sebesar 10%, menjadi badan air	2.99	0.47	0.27	0.86	0.21	0.10
Perubahan luas fasilitas umum sebesar 10%, menjadi badan air	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00
Perubahan luas perdagangan dan jasa sebesar 10%, menjadi badan air	3.01	0.00	0.27	0.00	0.21	0.00

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 7		SUBDAS 8		SUBDAS 9	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
<b><i>Penambahan KDH di dalam Kawasan Terbangun</i></b>						
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan industri	3.43	0.03	6.21	0.03	0.56	0.00
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman	3.40	0.64	6.14	1.19	0.56	0.94
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan perdagangan dan jasa	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan fasilitas umum	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
<b>PERUBAHAN ZONA</b>						
<b><i>LANDUSE +10%</i></b>						
<b><i>Perubahan Luas Badan Air</i></b>						
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas sawah	3.43	0.03	6.21	0.02	0.56	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas permukiman	3.43	0.03	6.21	0.03	0.56	0.02
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas tegalan	3.42	0.09	6.21	0.06	0.56	0.12
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas perkebunan	3.42	0.06	6.21	0.05	0.56	0.07
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas lahan kosong	3.43	0.00	6.21	-0.02	0.56	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas fasilitas umum	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari RTH	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
<b><i>Perubahan Luas Tegalan</i></b>						
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari permukiman	3.43	0.03	6.21	0.06	0.56	0.04
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari perkebunan	3.43	-0.15	6.22	-0.14	0.57	-0.23
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari sawah	3.44	-0.26	6.23	-0.24	0.57	-0.21
<b><i>Perubahan Luas Perkebunan</i></b>						
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari permukiman	3.43	0.03	6.21	0.02	0.56	0.02
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari tegalan	3.43	0.03	6.21	0.02	0.56	0.02
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari sawah	3.43	-0.03	6.21	-0.03	0.56	-0.04
<b><i>Perubahan Luas Sawah</i></b>						
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari permukiman	3.42	0.29	6.18	0.53	0.56	0.41

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 7		SUBDAS 8		SUBDAS 9	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari tegalan	3.38	1.43	6.14	1.13	0.55	1.70
<b><i>Perubahan Luas Lahan Kosong</i></b>						
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	3.43	0.03	6.21	0.02	0.56	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari permukiman	3.43	0.00	6.21	0.02	0.56	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari tegalan	3.43	0.03	6.21	0.03	0.56	0.04
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perkebunan	3.43	0.03	6.21	0.02	0.56	0.02
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari sawah	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
<b><i>Perubahan Luas RTH</i></b>						
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari badan air	3.42	0.09	6.21	0.05	0.56	0.02
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari permukiman	3.42	0.06	6.21	0.10	0.56	0.07
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari tegalan	3.41	0.38	6.19	0.29	0.56	0.48
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari perkebunan	3.42	0.29	6.20	0.26	0.56	0.41
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari sawah	3.42	0.15	6.20	0.13	0.56	0.11
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari fasilitas umum	3.43	0.00	6.21	0.02	0.56	0.00
<b><i>Perubahan Luas Semak Belukar</i></b>						
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari industri	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari permukiman	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari tegalan	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari perkebunan	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari sawah	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari lahan kosong	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 7		SUBDAS 8		SUBDAS 9	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari fasilitas umum	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
<b>LANDUSE -10%</b>						
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi RTH	3.39	0.99	6.16	0.81	0.56	1.29
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi RTH	3.42	0.20	6.20	0.18	0.56	0.27
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi RTH	3.38	1.31	6.14	1.16	0.56	1.01
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi RTH	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi RTH	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi badan air	3.41	0.61	6.18	0.48	0.56	0.80
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi badan air	3.42	0.09	6.21	0.08	0.56	0.12
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi badan air	3.41	0.38	6.19	0.32	0.56	0.30
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi badan air	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi badan air	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
Perubahan luas industri sebesar 10%, menjadi badan air	3.43	0.03	6.21	0.02	0.56	0.00
Perubahan luas permukiman sebesar 10%, menjadi badan air	3.41	0.44	6.16	0.84	0.56	0.64
Perubahan luas fasilitas umum sebesar 10%, menjadi badan air	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00
Perubahan luas perdagangan dan jasa sebesar 10%, menjadi badan air	3.43	0.00	6.21	0.00	0.56	0.00

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 10		SUBDAS 11		SUBDAS 12	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
<b><i>Penambahan KDH di dalam Kawasan Terbangun</i></b>						
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan industri	6.91	0.03	0.58	0.02	3.74	0.03
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman	6.83	1.19	0.55	5.08	3.72	0.67
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan perdagangan dan jasa	6.91	0.00	0.58	0.00	3.74	0.00
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan fasilitas umum	6.91	0.00	0.58	0.02	3.74	0.00
<b><i>PERUBAHAN ZONA</i></b>						
<b><i>LANDUSE +10%</i></b>						
<b><i>Perubahan Luas Badan Air</i></b>						
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas sawah	6.91	0.01	0.58	0.02	3.74	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas permukiman	6.91	0.03	0.57	0.14	3.74	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas tegalan	6.91	0.07	0.58	0.00	3.74	0.08
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas perkebunan	6.91	0.04	0.58	0.00	3.74	0.05
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas lahan kosong	6.91	-0.01	0.58	0.00	3.74	-0.03
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas fasilitas umum	6.91	0.00	0.58	0.02	3.74	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari RTH	6.91	-0.01	0.58	0.00	3.74	0.00
<b><i>Perubahan Luas Tegalan</i></b>						
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari permukiman	6.91	0.06	0.57	0.49	3.74	0.03
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari perkebunan	6.92	-0.14	0.58	0.00	3.75	-0.16
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari sawah	6.93	-0.23	0.58	-0.16	3.75	-0.27
<b><i>Perubahan Luas Perkebunan</i></b>						
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari permukiman	6.91	0.01	0.57	0.14	3.74	0.00
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari tegalan	6.91	0.01	0.58	0.00	3.74	0.03
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari sawah	6.92	-0.04	0.58	-0.02	3.74	-0.05
<b><i>Perubahan Luas Sawah</i></b>						

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 10		SUBDAS 11		SUBDAS 12	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari permukiman	6.88	0.52	0.56	2.83	3.73	0.29
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari tegalan	6.84	1.09	0.58	0.00	3.69	1.47
<b><i>Perubahan Luas Lahan Kosong</i></b>						
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	6.91	0.01	0.58	0.02	3.74	0.03
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari permukiman	6.91	0.00	0.57	0.05	3.74	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari tegalan	6.91	0.03	0.58	0.00	3.74	0.03
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perkebunan	6.91	0.01	0.58	0.00	3.74	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari sawah	6.91	0.00	0.58	0.02	3.74	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	6.91	0.00	0.58	0.02	3.74	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	6.91	0.00	0.58	0.00	3.74	0.00
<b><i>Perubahan Luas RTH</i></b>						
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari badan air	6.91	0.06	0.57	0.05	3.74	0.05
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari permukiman	6.91	0.09	0.57	0.42	3.74	0.05
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari tegalan	6.89	0.27	0.58	0.00	3.73	0.37
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari perkebunan	6.90	0.25	0.58	0.00	3.73	0.27
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari sawah	6.90	0.12	0.57	0.09	3.74	0.13
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari fasilitas umum	6.91	0.01	0.58	0.03	3.74	0.00
<b><i>Perubahan Luas Semak Belukar</i></b>						
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari industri	6.91	0.00	0.58	0.00	3.74	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari permukiman	6.91	0.00	0.58	0.02	3.74	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari tegalan	6.91	0.00	0.58	0.00	3.74	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari perkebunan	6.91	0.00	0.58	0.00	3.74	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari sawah	6.91	0.00	0.58	0.00	3.74	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari lahan kosong	6.91	0.00	0.58	0.00	3.74	0.00

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 10		SUBDAS 11		SUBDAS 12	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari fasilitas umum	6.91	0.00	0.58	0.00	3.74	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	6.91	0.00	0.58	0.00	3.74	0.00
<b>LANDUSE -10%</b>						
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi RTH	6.86	0.75	0.58	0.00	3.70	1.04
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi RTH	6.90	0.17	0.58	0.00	3.74	0.19
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi RTH	6.83	1.14	0.57	0.68	3.70	1.26
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi RTH	6.91	0.01	0.58	0.00	3.74	0.00
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi RTH	6.91	0.00	0.58	0.00	3.74	0.00
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi badan air	6.88	0.45	0.58	0.00	3.72	0.61
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi badan air	6.91	0.07	0.58	0.00	3.74	0.08
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi badan air	6.89	0.30	0.57	0.09	3.73	0.35
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi badan air	6.91	0.00	0.58	0.00	3.74	0.00
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi badan air	6.91	0.00	0.58	0.00	3.74	0.00
Perubahan luas industri sebesar 10%, menjadi badan air	6.91	0.01	0.58	0.02	3.74	0.03
Perubahan luas permukiman sebesar 10%, menjadi badan air	6.86	0.82	0.55	4.24	3.73	0.45
Perubahan luas fasilitas umum sebesar 10%, menjadi badan air	6.91	0.00	0.58	0.02	3.74	0.00
Perubahan luas perdagangan dan jasa sebesar 10%, menjadi badan air	6.91	0.00	0.58	0.00	3.74	0.00

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 13		SUBDAS 14		SUBDAS 15	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
<b><i>Penambahan KDH di dalam Kawasan Terbangun</i></b>						
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan industri	4.43	0.05	14.71	0.07	7.83	0.03
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman	4.40	0.68	14.42	2.04	7.73	1.38
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan perdagangan dan jasa	4.43	0.00	14.72	0.00	7.84	0.00
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan fasilitas umum	4.43	0.00	14.71	0.07	7.84	0.00
<b>PERUBAHAN ZONA</b>						
<b><i>LANDUSE +10%</i></b>						
<b><i>Penambahan Luas Badan Air</i></b>						
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas sawah	4.43	0.02	14.72	0.00	7.84	0.01
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas permukiman	4.43	0.02	14.71	0.07	7.83	0.03
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas tegalan	4.43	0.09	14.71	0.07	7.83	0.06
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas perkebunan	4.43	0.05	14.71	0.07	7.83	0.04
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas lahan kosong	4.43	-0.02	14.72	0.00	7.84	-0.01
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas fasilitas umum	4.43	0.00	14.71	0.07	7.84	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari RTH	4.43	0.00	14.72	0.00	7.84	-0.01
<b><i>Penambahan Luas Tegalan</i></b>						
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari permukiman	4.43	0.02	14.70	0.14	7.83	0.08
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari perkebunan	4.44	-0.16	14.73	-0.07	7.85	-0.13
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari sawah	4.45	-0.27	14.74	-0.14	7.85	-0.23
<b><i>Penambahan Luas Perkebunan</i></b>						
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari permukiman	4.43	0.00	14.71	0.07	7.83	0.03
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari tegalan	4.43	0.02	14.71	0.07	7.83	0.03
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari sawah	4.44	-0.05	14.72	0.00	7.84	-0.04
<b><i>Penambahan Luas Sawah</i></b>						
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari permukiman	4.42	0.29	14.58	0.95	7.79	0.61

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 13		SUBDAS 14		SUBDAS 15	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari tegalan	4.38	1.29	14.64	0.54	7.76	1.00
<b><i>Penambahan Luas Lahan Kosong</i></b>						
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	4.43	0.02	14.71	0.07	7.83	0.03
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari permukiman	4.43	0.00	14.71	0.07	7.84	0.01
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari tegalan	4.43	0.02	14.71	0.07	7.83	0.03
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perkebunan	4.43	0.02	14.72	0.00	7.84	0.01
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari sawah	4.43	0.00	14.72	0.00	7.84	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	4.43	0.00	14.72	0.00	7.84	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	4.43	0.00	14.72	0.00	7.84	0.00
<b><i>Penambahan Luas RTH</i></b>						
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari badan air	4.43	0.07	14.71	0.07	7.83	0.05
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari permukiman	4.43	0.05	14.69	0.20	7.83	0.10
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari tegalan	4.42	0.34	14.70	0.14	7.82	0.26
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari perkebunan	4.42	0.29	14.70	0.14	7.82	0.22
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari sawah	4.43	0.14	14.70	0.14	7.83	0.11
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari fasilitas umum	4.43	0.00	14.70	0.14	7.84	0.01
<b><i>Penambahan Luas Semak Belukar</i></b>						
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari industri	4.43	0.00	14.72	0.00	7.84	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari permukiman	4.43	0.00	14.72	0.00	7.84	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari tegalan	4.43	0.00	14.72	0.00	7.84	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari perkebunan	4.43	0.00	14.72	0.00	7.84	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari sawah	4.43	0.00	14.72	0.00	7.84	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari lahan kosong	4.43	0.00	14.72	0.00	7.84	0.00

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 13		SUBDAS 14		SUBDAS 15	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari fasilitas umum	4.43	0.00	14.72	0.00	7.84	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	4.43	0.00	14.72	0.00	7.84	0.00
<b>LANDUSE -10%</b>						
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi RTH	4.39	0.90	14.66	0.41	7.78	0.70
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi RTH	4.42	0.20	14.70	0.14	7.82	0.15
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi RTH	4.38	1.26	14.60	0.82	7.75	1.11
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi RTH	4.43	0.00	14.72	0.00	7.84	0.01
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi RTH	4.43	0.00	14.72	0.00	7.84	0.00
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi badan air	4.41	0.54	14.68	0.27	7.80	0.41
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi badan air	4.43	0.09	14.71	0.07	7.83	0.06
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi badan air	4.42	0.34	14.68	0.27	7.81	0.29
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi badan air	4.43	0.00	14.72	0.00	7.84	0.00
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi badan air	4.43	0.00	14.72	0.00	7.84	0.00
Perubahan luas industri sebesar 10%, menjadi badan air	4.43	0.02	14.71	0.07	7.83	0.03
Perubahan luas permukiman sebesar 10%, menjadi badan air	4.41	0.45	14.52	1.36	7.76	0.97
Perubahan luas fasilitas umum sebesar 10%, menjadi badan air	4.43	0.00	14.71	0.07	7.84	0.00
Perubahan luas perdagangan dan jasa sebesar 10%, menjadi badan air	4.43	0.00	14.72	0.00	7.84	0.00

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 16		SUBDAS 17		SUBDAS 18	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
<b><i>Penambahan KDH di dalam Kawasan Terbangun</i></b>						
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan industri	0.33	0.00	8.15	0.02	1.43	0.00
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman	0.31	3.29	8.04	1.42	1.37	4.54
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan perdagangan dan jasa	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.07
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan fasilitas umum	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.14
<b><i>PERUBAHAN ZONA</i></b>						
<b><i>LANDUSE +10%</i></b>						
<b><i>Penambahan Luas Badan Air</i></b>						
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas sawah	0.33	0.00	8.15	0.01	1.43	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas permukiman	0.33	0.06	8.15	0.02	1.43	0.14
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas tegalan	0.33	0.00	8.15	0.06	1.43	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas perkebunan	0.33	0.00	8.15	0.04	1.43	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas lahan kosong	0.33	0.00	8.16	-0.01	1.43	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas fasilitas umum	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.07
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari RTH	0.33	0.00	8.16	-0.01	1.43	0.00
<b><i>Penambahan Luas Tegalan</i></b>						
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.32	0.21	8.15	0.07	1.43	0.21
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari perkebunan	0.33	0.00	8.16	-0.12	1.43	0.00
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari sawah	0.33	-0.31	8.17	-0.23	1.43	0.00
<b><i>Penambahan Luas Perkebunan</i></b>						
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.33	0.06	8.15	0.02	1.43	0.07
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.33	0.00	8.15	0.01	1.43	0.00
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari sawah	0.33	-0.06	8.16	-0.04	1.43	0.00
<b><i>Penambahan Luas Sawah</i></b>						

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 16		SUBDAS 17		SUBDAS 18	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.32	1.63	8.10	0.63	1.40	2.09
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.33	0.00	8.08	0.96	1.43	0.21
<b><i>Penambahan Luas lahan Kosong</i></b>						
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	0.33	0.00	8.15	0.01	1.43	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.33	0.00	8.15	0.01	1.43	0.07
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.33	0.00	8.15	0.02	1.43	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perkebunan	0.33	0.00	8.15	0.01	1.43	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari sawah	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.07
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.07
<b><i>Perubahan Luas RTH</i></b>						
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari badan air	0.33	0.00	8.15	0.05	1.43	0.00
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.32	0.25	8.15	0.11	1.43	0.35
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.33	0.00	8.13	0.25	1.43	0.07
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari perkebunan	0.33	0.00	8.14	0.21	1.43	0.00
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari sawah	0.33	0.12	8.15	0.11	1.43	0.00
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari fasilitas umum	0.33	0.00	8.15	0.01	1.43	0.35
<b><i>Perubahan Luas Semak Belukar</i></b>						
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari industri	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari perkebunan	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari sawah	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari lahan kosong	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.00

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 16		SUBDAS 17		SUBDAS 18	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari fasilitas umum	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.00
<b>LANDUSE -10%</b>						
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi RTH	0.33	0.00	8.10	0.66	1.43	0.14
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi RTH	0.33	0.00	8.14	0.15	1.43	0.00
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi RTH	0.32	1.20	8.07	1.09	1.43	0.14
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi RTH	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.00
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi RTH	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.00
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi badan air	0.33	0.00	8.12	0.39	1.43	0.07
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi badan air	0.33	0.00	8.15	0.06	1.43	0.00
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi badan air	0.33	0.06	8.13	0.28	1.43	0.00
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi badan air	0.33	0.00	8.16	-0.01	1.43	0.00
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi badan air	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.00
Perubahan luas industri sebesar 10%, menjadi badan air	0.33	0.00	8.15	0.02	1.43	0.00
Perubahan luas permukiman sebesar 10%, menjadi badan air	0.32	2.27	8.07	0.99	1.39	2.86
Perubahan luas fasilitas umum sebesar 10%, menjadi badan air	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.07
Perubahan luas perdagangan dan jasa sebesar 10%, menjadi badan air	0.33	0.00	8.15	0.00	1.43	0.07

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 19		SUBDAS 20		SUBDAS 21	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
<b><i>Penambahan KDH di dalam Kawasan Terbangun</i></b>						
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan industri	9.73	0.03	0.72	0.01	14.72	0.00
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman	9.57	1.70	0.69	4.64	14.72	0.00
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan perdagangan dan jasa	9.73	0.01	0.72	0.08	14.72	0.00
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan fasilitas umum	9.73	0.02	0.72	0.07	14.72	0.00
<b>PERUBAHAN ZONA</b>						
<b><i>LANDUSE +10%</i></b>						
<b><i>Perubahan Luas Badan Air</i></b>						
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas sawah	9.73	0.01	0.72	0.00	14.72	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas permukiman	9.73	0.04	0.72	0.10	14.72	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas tegalan	9.73	0.05	0.72	0.00	14.72	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas perkebunan	9.73	0.03	0.72	0.00	14.72	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas lahan kosong	9.73	-0.01	0.72	0.00	14.72	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas fasilitas umum	9.73	0.01	0.72	0.04	14.72	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari RTH	9.73	0.00	0.72	0.00	14.72	0.00
<b><i>Perubahan Luas Tegalan</i></b>						
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari permukiman	9.72	0.09	0.72	0.19	14.72	0.00
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari perkebunan	9.74	-0.10	0.72	0.00	14.72	0.00
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari sawah	9.75	-0.20	0.72	-0.01	14.72	0.00
<b><i>Perubahan Luas Perkebunan</i></b>						
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari permukiman	9.73	0.04	0.72	0.08	14.72	0.00
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari tegalan	9.73	0.02	0.72	0.00	14.72	0.00
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari sawah	9.74	-0.03	0.72	0.00	14.72	0.00
<b><i>Perubahan Luas Sawah</i></b>						
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari permukiman	9.66	0.76	0.71	2.07	14.72	0.00

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 19		SUBDAS 20		SUBDAS 21	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari tegalan	9.65	0.82	0.72	0.00	14.72	0.00
<b><i>Perubahan Luas Lahan Kosong</i></b>						
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	9.73	0.02	0.72	0.01	14.72	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari permukiman	9.73	0.02	0.72	0.03	14.72	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari tegalan	9.73	0.02	0.72	0.00	14.72	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perkebunan	9.73	0.02	0.72	0.00	14.72	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari sawah	9.73	0.01	0.72	0.00	14.72	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	9.73	0.01	0.72	0.01	14.72	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	9.73	0.01	0.72	0.06	14.72	0.00
<b><i>Perubahan Luas RTH</i></b>						
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari badan air	9.73	0.05	0.72	0.04	14.72	0.00
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari permukiman	9.72	0.13	0.72	0.37	14.72	0.00
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari tegalan	9.71	0.22	0.72	0.00	14.72	0.00
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari perkebunan	9.72	0.18	0.72	0.00	14.72	0.00
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari sawah	9.72	0.10	0.72	0.01	14.72	0.00
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari fasilitas umum	9.73	0.05	0.72	0.17	14.72	0.00
<b><i>Perubahan Luas Semak Belukar</i></b>						
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari industri	9.73	0.00	0.72	0.00	14.72	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari permukiman	9.73	0.00	0.72	0.01	14.72	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari tegalan	9.73	0.00	0.72	0.00	14.72	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari perkebunan	9.73	0.00	0.72	0.00	14.72	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari sawah	9.73	0.00	0.72	0.00	14.72	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari lahan kosong	9.73	0.00	0.72	0.00	14.72	0.00

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 19		SUBDAS 20		SUBDAS 21	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari fasilitas umum	9.73	0.00	0.72	0.00	14.72	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	9.73	0.00	0.72	0.01	14.72	0.00
<b>LANDUSE -10%</b>						
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi RTH	9.68	0.58	0.72	0.00	14.72	0.00
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi RTH	9.72	0.12	0.72	0.00	14.72	0.00
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi RTH	9.64	0.97	0.72	0.10	14.72	0.00
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi RTH	9.73	0.01	0.72	0.00	14.72	0.00
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi RTH	9.73	0.00	0.72	0.00	14.72	0.00
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi badan air	9.70	0.34	0.72	0.00	14.72	0.00
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi badan air	9.73	0.06	0.72	0.00	14.72	0.00
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi badan air	9.71	0.26	0.72	0.01	14.72	0.00
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi badan air	9.73	0.00	0.72	0.00	14.72	0.00
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi badan air	9.73	0.00	0.72	0.00	14.72	0.00
Perubahan luas industri sebesar 10%, menjadi badan air	9.73	0.02	0.72	0.01	14.72	0.00
Perubahan luas permukiman sebesar 10%, menjadi badan air	9.62	1.15	0.70	2.71	14.72	0.00
Perubahan luas fasilitas umum sebesar 10%, menjadi badan air	9.73	0.02	0.72	0.04	14.72	0.00
Perubahan luas perdagangan dan jasa sebesar 10%, menjadi badan air	9.73	0.01	0.72	0.06	14.72	0.00

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 22		SUBDAS 23		SUBDAS 24	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
<b><i>Penambahan KDH di dalam Kawasan Terbangun</i></b>						
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan industri	1.31	0.00	0.51	0.04	13.58	0.00
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman	1.26	3.44	0.51	0.96	13.32	1.91
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan perdagangan dan jasa	1.31	0.08	0.51	0.00	13.58	0.00
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan fasilitas umum	1.31	0.15	0.51	0.00	13.58	0.00
<b>PERUBAHAN ZONA</b>						
<b><i>LANDUSE +10%</i></b>						
<b><i>Perubahan Luas Badan Air</i></b>						
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas sawah	1.31	0.00	0.51	0.00	13.58	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas permukiman	1.31	0.08	0.51	0.02	13.58	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas tegalan	1.31	0.00	0.51	0.04	13.58	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas perkebunan	1.31	0.00	0.51	0.02	13.58	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas lahan kosong	1.31	0.00	0.51	-0.04	13.58	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas fasilitas umum	1.31	0.08	0.51	0.00	13.58	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari RTH	1.31	-0.23	0.51	0.00	13.59	-0.07
<b><i>Perubahan Luas Tegalan</i></b>						
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari permukiman	1.31	0.15	0.51	0.04	13.57	0.07
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari perkebunan	1.31	0.00	0.51	-0.08	13.59	-0.07
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari sawah	1.31	0.00	0.51	-0.23	13.61	-0.22
<b><i>Perubahan Luas Perkebunan</i></b>						
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari permukiman	1.31	0.08	0.51	0.02	13.58	0.00
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari tegalan	1.31	0.00	0.51	0.02	13.58	0.00
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari sawah	1.31	0.00	0.51	-0.04	13.59	-0.07
<b><i>Perubahan Luas Sawah</i></b>						
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari permukiman	1.29	1.76	0.51	0.41	13.46	0.88

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 22		SUBDAS 23		SUBDAS 24	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari tegalan	1.31	0.00	0.51	0.72	13.50	0.59
<b><i>Perubahan Luas Lahan Kosong</i></b>						
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	1.31	0.00	0.51	0.02	13.58	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari permukiman	1.31	0.08	0.51	0.00	13.58	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari tegalan	1.31	0.00	0.51	0.02	13.58	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perkebunan	1.31	0.00	0.51	0.02	13.58	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari sawah	1.31	0.00	0.51	0.00	13.58	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	1.31	0.08	0.51	0.00	13.58	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	1.31	0.08	0.51	0.00	13.58	0.00
<b><i>Perubahan Luas RTH</i></b>						
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari badan air	1.31	0.00	0.51	0.08	13.58	0.00
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari permukiman	1.30	0.31	0.51	0.08	13.56	0.15
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari tegalan	1.31	0.00	0.51	0.16	13.56	0.15
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari perkebunan	1.31	0.00	0.51	0.14	13.57	0.07
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari sawah	1.31	0.00	0.51	0.10	13.57	0.07
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari fasilitas umum	1.30	0.31	0.51	0.00	13.57	0.07
<b><i>Perubahan Luas Semak Belukar</i></b>						
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari industri	1.31	0.00	0.51	0.00	13.58	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari permukiman	1.31	0.00	0.51	0.00	13.58	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari tegalan	1.31	0.00	0.51	0.00	13.58	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari perkebunan	1.31	0.00	0.51	0.00	13.58	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari sawah	1.31	0.00	0.51	0.00	13.58	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari lahan kosong	1.31	0.00	0.51	0.00	13.58	0.00

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 22		SUBDAS 23		SUBDAS 24	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari fasilitas umum	1.31	0.00	0.51	0.00	13.58	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	1.31	0.00	0.51	0.00	13.58	0.00
<b>LANDUSE -10%</b>						
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi RTH	1.31	0.00	0.51	0.43	13.53	0.37
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi RTH	1.31	0.00	0.51	0.10	13.57	0.07
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi RTH	1.31	0.15	0.51	0.97	13.47	0.81
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi RTH	1.31	0.00	0.51	0.12	13.58	0.00
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi RTH	1.31	0.00	0.51	0.00	13.58	0.00
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi badan air	1.31	0.00	0.51	0.23	13.55	0.22
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi badan air	1.31	0.00	0.51	0.04	13.58	0.00
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi badan air	1.31	0.00	0.51	0.14	13.55	0.22
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi badan air	1.31	0.00	0.51	-0.02	13.58	0.00
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi badan air	1.31	0.00	0.51	0.00	13.58	0.00
Perubahan luas industri sebesar 10%, menjadi badan air	1.31	0.00	0.51	0.02	13.58	0.00
Perubahan luas permukiman sebesar 10%, menjadi badan air	1.28	2.29	0.51	0.58	13.41	1.25
Perubahan luas fasilitas umum sebesar 10%, menjadi badan air	1.31	0.08	0.51	0.00	13.58	0.00
Perubahan luas perdagangan dan jasa sebesar 10%, menjadi badan air	1.31	0.08	0.51	0.00	13.58	0.00

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 25		SUBDAS 26		SUBDAS 27	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
<b><i>Penambahan KDH di dalam Kawasan Terbangun</i></b>						
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan industri	0.69	0.03	0.83	0.28	0.40	0.00
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan permukiman	0.69	0.67	0.81	2.71	0.40	0.45
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan perdagangan dan jasa	0.69	0.00	0.83	0.00	0.40	0.00
Penambahan KDH sebesar 10% di kawasan fasilitas umum	0.69	0.00	0.83	0.08	0.40	0.00
<b><i>PERUBAHAN ZONA</i></b>						
<b><i>LANDUSE +10%</i></b>						
<b><i>Perubahan Luas Badan Air</i></b>						
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas sawah	0.69	0.00	0.83	0.00	0.40	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas permukiman	0.69	0.00	0.83	0.05	0.40	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas tegalan	0.69	0.00	0.83	0.00	0.40	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas perkebunan	0.69	0.04	0.83	0.00	0.40	0.05
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas lahan kosong	0.69	-0.01	0.83	0.00	0.40	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari luas fasilitas umum	0.69	0.00	0.83	0.04	0.40	0.00
Penambahan luas badan air sebesar 10%, diambil dari RTH	0.69	0.00	0.83	0.00	0.40	0.00
<b><i>Perubahan Luas Tegalan</i></b>						
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.69	0.01	0.83	0.08	0.40	0.02
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari perkebunan	0.69	-0.19	0.83	0.00	0.40	-0.20
Penambahan luas tegalan sebesar 10%, diambil dari sawah	0.69	-0.35	0.83	-0.06	0.40	-0.40
<b><i>Perubahan Luas Perkebunan</i></b>						
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.69	0.00	0.83	0.04	0.40	0.00
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.69	0.00	0.83	0.00	0.40	0.00
Penambahan luas perkebunan sebesar 10%, diambil dari sawah	0.69	-0.06	0.83	-0.01	0.40	-0.05
<b><i>Perubahan Luas Sawah</i></b>						

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 25		SUBDAS 26		SUBDAS 27	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.69	0.29	0.82	1.18	0.40	0.20
Penambahan luas sawah sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.69	0.22	0.83	0.00	0.40	0.02
<b><i>Perubahan Luas Lahan Kosong</i></b>						
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	0.69	0.01	0.83	0.19	0.40	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.69	0.00	0.83	0.01	0.40	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.69	0.00	0.83	0.00	0.40	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perkebunan	0.69	0.01	0.83	0.00	0.40	0.02
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari sawah	0.69	0.00	0.83	0.00	0.40	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari industri	0.69	0.00	0.83	0.01	0.40	0.00
Penambahan luas lahan kosong sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	0.69	0.00	0.83	0.00	0.40	0.00
<b><i>Perubahan Luas RTH</i></b>						
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari badan air	0.69	0.06	0.83	0.18	0.40	0.07
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.69	0.04	0.83	0.22	0.40	0.02
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.69	0.04	0.83	0.00	0.40	0.00
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari perkebunan	0.69	0.28	0.83	0.00	0.40	0.35
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari sawah	0.69	0.13	0.83	0.01	0.40	0.17
Penambahan luas RTH sebesar 10%, diambil dari fasilitas umum	0.69	0.00	0.83	0.19	0.40	0.00
<b><i>Perubahan Luas Semak Belukar</i></b>						
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari industri	0.69	0.00	0.83	0.01	0.40	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari permukiman	0.69	0.00	0.83	0.00	0.40	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari tegalan	0.69	0.00	0.83	0.00	0.40	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari perkebunan	0.69	0.00	0.83	0.00	0.40	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari sawah	0.69	0.00	0.83	0.00	0.40	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari lahan kosong	0.69	0.00	0.83	0.00	0.40	0.00

PERUBAHAN VARIABEL	OUTPUT					
	SUBDAS 25		SUBDAS 26		SUBDAS 27	
	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Penurunan Debit (%)
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari fasilitas umum	0.69	0.00	0.83	0.00	0.40	0.00
Penambahan luas semak belukar sebesar 10%, diambil dari perdagangan dan jasa	0.69	0.00	0.83	0.00	0.40	0.00
<b>LANDUSE -10%</b>						
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi RTH	0.69	0.13	0.83	0.00	0.40	0.02
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi RTH	0.69	0.19	0.83	0.00	0.40	0.22
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi RTH	0.68	1.35	0.83	0.22	0.40	1.54
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi RTH	0.69	0.01	0.83	0.00	0.40	0.00
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi RTH	0.69	0.00	0.83	0.00	0.40	0.00
Perubahan luas tegalan sebesar 10%, menjadi badan air	0.69	0.07	0.83	0.00	0.40	0.02
Perubahan luas perkebunan sebesar 10%, menjadi badan air	0.69	0.07	0.83	0.00	0.40	0.10
Perubahan luas sawah sebesar 10%, menjadi badan air	0.69	0.17	0.83	0.02	0.40	0.20
Perubahan luas lahan kosong sebesar 10%, menjadi badan air	0.69	-0.01	0.83	0.00	0.40	0.00
Perubahan luas semak belukar sebesar 10%, menjadi badan air	0.69	0.00	0.83	0.00	0.40	0.00
Perubahan luas industri sebesar 10%, menjadi badan air	0.69	0.03	0.83	0.19	0.40	0.00
Perubahan luas permukiman sebesar 10%, menjadi badan air	0.69	0.41	0.82	1.64	0.40	0.27
Perubahan luas fasilitas umum sebesar 10%, menjadi badan air	0.69	0.00	0.83	0.05	0.40	0.00
Perubahan luas perdagangan dan jasa sebesar 10%, menjadi badan air	0.69	0.00	0.83	0.00	0.40	0.00

*Sumber: Hasil Analisis, 2017*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Santika Purwitaningsih lahir di kota marmar, Kabupaten Tulungagung, pada 02 Agustus 1996. Penulis telah mengenyam pendidikan di SDN 2 Sumberejo Wetan, SMPN 1 Ngunut, SMAN 1 Boyolangu sebelum akhirnya diterima untuk melanjutkan studi di Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi

Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SBMPTN Undangan tahun 2013.

Selama menempuh pendidikan di PWK ITS, penulis tercatat dan aktif sebagai anggota Paduan Suara Mahasiswa ITS, serta Himpunan Mahasiswa Planologi ITS sebagai Badan Perwakilan Angkatan dan Staf Ahli Departemen Keilmiah dan Keprofesional. Selain itu, Penulis juga berhasil menjuarai beberapa Lomba Karya Tulis Ilmiah Tingkat Nasional, diantaranya Juara II 5th Airlangga Ideas Competition, dan Juara Harapan II PEMA Agriculture Fair 2016. Penulis juga pernah kerja praktik di Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya dan mengerjakan kajian terkait infrastruktur perkotaan.

Ketertarikan Penulis terhadap bidang mitigasi bencana, kelestarian lingkungan perkotaan, dan sistem informasi geografis telah membawa Penulis untuk menyusun Tugas Akhir dengan judul Skenario Pengurangan Banjir Berdasarkan Tata Guna Lahan di Daerah Aliran Sungai Kedurus Menggunakan Model Hidrologi

SWAT. Penulis akan dengan senang hati menerima segala bentuk kritikan dan saran yang membangun yang dapat disampaikan melalui email penulis, [purwitasantika@gmail.com](mailto:purwitasantika@gmail.com).

