



TESIS - DA185401

KONSEP TATA RUANG UNTUK PENGURANGAN BANJIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI KEDURUS

LUKMAN YUSUF
NRP 081118 500 5000 3

Dosen Pembimbing
Adjie Pamungkas ST., M.Dev.Plg, Ph.D
Dr. Ir. Eko Budi Santoso, Lic.Rer.Reg.

Dapartemen Arsitektur
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020



THESIS - DA185401

KONSEP TATA RUANG UNTUK PENGURANGAN BANJIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI KEDURUS

LUKMAN YUSUF
NRP 081118 500 5000 3

Pembimbing
Adjie Pamungkas ST.,M.Dev.Plg, Ph.D
Dr. Ir. Eko Budi Santoso, Lic.Rer.Reg.

Dapartemen Arsitektur
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



THESIS - DA185401

SPATIAL CONCEPT FOR FLOOD REDUCTION IN KEDURUS WATERSHED

LUKMAN YUSUF
NRP 081118 500 8000 2

Supervisor
Adjie Pamungkas ST.,M.Dev.Plg, Ph.D
Dr. Ir. Eko Budi Santoso, Lic.Rer.Reg.

Department of Architecture
Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Arsitektur (M.Ars.)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

LUKMAN YUSUF

NRP: 08111850050003

Tanggal Ujian: 23 Juni 2020

Periode Wisuda: September 2020

Disetujui Oleh:

Pembimbing:

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

NIP: 19781102 200212 1 002

Dr. Ir. Eko Budi Santoso, Lic.Rer.Reg.

NIP: 19610726 1989031 004

Penguji:

Dr. Ing. Ir. Haryo Sulistyarso

NIP: 19550428 1989031 001

FX. Teddy Badai Samodra ST., MT., Ph.D.

NIP: 19800406 2008011 008

Kepala Departemen Arsitektur

Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumiharian



Dr. Dewi Septanti, S.Pd, ST., MT

NIP: 19690907 199702 2 001

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PERNYATAAN KEASLIAN PROPOSAL TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Lukman Yusuf
NRP : 08111850050003
Program Studi : Magister (S2)
Departemen : Arsitektur

dengan ini menyatakan, bahwa isi sebagian maupun keseluruhan proposal tesis saya dengan judul :

KONSEP TATA RUANG UNTUK PENGURANGAN BANJIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI KEDURUS

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai hasil karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 29 Juli 2020

Yang Membuat Pernyataan



Lukman Yusuf

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ABSTRAK

Konsep Tata Ruang Untuk Pengurangan Banjir Di Daerah Aliran Sungai Kedurus

Lukman Yusuf 08111850050003

Program Magister Bidang Manajemen Pembangunan Kota
Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
e-mail : lukman.yusuf14@mhs.urplan.its.ac.id

Abstrak

Fenomena urbanisasi menyebabkan peningkatan akan lahan permukiman dan kegiatan ekonomi lainnya. Hal ini mengakibatkan alih fungsi lahan non terbangun menjadi lahan terbangun. Sehingga berdampak pada keterbatasan lahan serapan air akhirnya terjadi genangan banjir ketika curah hujan ekstrim. Sebagian wilayah DAS Kedurus merupakan daerah rawan banjir dimana banjir selalu terjadi dengan kedalaman mencapai 1 meter. Padahal DAS Kedurus merupakan daerah yang memiliki fungsi vital bagi perkembangan perekonomian Kota Surabaya. Dari penelitian sebelumnya 3 instrumen tersebut dinyatakan efektif dalam mengurangi banjir. Sehingga tujuan dari penelitian adalah merumuskan konsep tata ruang untuk pengurangan banjir di Daerah Aliran Sungai Kedurus Dari.

Hasil yang didapatkan adalah pemodelan spasial banjir dengan kondisi eksisting menghasilkan luas genangan banjir seluas 228.83 Ha. Model tersebut divalidasi dengan RMSE dengan nilai 0.046 dan dinyatakan baik. Evaluasi kondisi rencana dari RDTRK Kota Surabaya 2018 dan Surabaya Management Drainage Plan 2018 dengan model yang sudah dibangun menghasilkan luas banjir seluas 226.41 Ha. Penerapan RDTRK dan SDMP Kota Surabaya cenderung tidak mengakomodasi pengurangan luas genangan banjir. Tahapan perumusan konsep tata ruang pengurangan banjir menghasilkan beberapa usulan yaitu alokasi RTH dari seluruh lahan asset pemerintah Kota Surabaya dan pemberian syarat maksimal 60% keterbangunan untuk alokasi ruang di lahan eksisting non terbangun. Selain itu diusulkan penurunan KDB Maksimal dari 5-15% sesuai penggunaan lahannya. Usulan untuk peningkatan kapasitas saluran dengan mendalamkan sebesar 25% dari kondisi eksisting. Kemudian dilibatkan instrumen pengurangan banjir berupa detention pond atau borem. Penerapan rekomendasi tersebut berpotensi mengurangi luas genangan banjir sebesar 222.62 Ha atau 97.26%.

Kata Kunci : Banjir, Tata Ruang dan DAS Kedurus

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ABSTRACT

Spatial Concept For Reducing Flood In Kedurus Watershed

Lukman Yusuf 08111850050003

Masters Program in Urban Development Management,

Department of Architecture-Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering

Sepuluh Nopember Institute of Technology-Surabaya

e-mail : lukman.yusuf14@mhs.urplan.its.ac.id

Abstract

The phenomenon of urbanization is causing an increase in residential land and other economic activities. This resulted in the conversion of non-developed land into built-up land. So that the impact on the limitation of water absorption land eventually occurs inundation when extreme rainfall. Some parts of the Kedurus River Basin are flood-prone areas where flooding always occurs with a depth of up to 1 meter. Whereas Kedurus River Basin is an area that has a vital function for the economic development of the City of Surabaya. From previous studies, these 3 instruments were declared effective in reducing flooding. So the purpose of this research is to formulate a spatial concept for flood reduction in the Kedurus Dari River Basin.

The results obtained are spatial modeling of flooding with the existing conditions resulting in flood inundation area of 228.83 Ha. The model was validated with RMSE with a value of 0.046 and was declared good. The evaluation of the plan conditions of the 2018 Surabaya City RDTRK and the 2018 Surabaya Management Drainage Plan with the built model resulted in flood area of 226.41 Ha. The implementation of RDTRK and SDMP Surabaya City tends not to accommodate the reduction in the area of flood inundation. The stages of the formulation of the concept of spatial planning for flood reduction resulted in several proposals, namely the allocation of green space from all Surabaya City government land assets and the provision of a maximum 60% requirement for the allocation of space on existing non-built land. Besides that, it is recommended to reduce the maximum KDB from 5-15% according to the land use. Proposal to increase channel capacity by deepening by 25% of existing conditions. Then involved a flood reduction instrument in the form of detention pond or bosem. The adoption of these recommendations has the potential to reduce the area of flood inundation by 222.62 Ha or 97.26%.

Keywords: Flooding, Spatial Planning and Kedurus Watershed

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR ISI

NO	JUDUL	HALAMAN
	ABSTRAK.....	i
	DAFTAR ISI	v
	DAFTAR TABEL	ix
	DAFTAR GAMBAR.....	xiii

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang.....	1
1.2	Rumusan Masalah.....	4
1.3	Tujuan	5
1.4	Kontribusi.....	5
1.5	Ruang Lingkup	6
1.5.1	Ruang Lingkup Wilayah	6
1.5.2	Ruang Lingkup Pembahasan	7
1.5.3	Ruang Lingkup Substansi	8
1.5.4	Batasan Penelitian.....	8
1.6	Alur Perumusan Masalah	10
1.7	Sistematika Penulisan	11

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Hubungan Banjir dan Aktivitas Pada Penggunaan Lahan	13
2.2	Pemodelan Banjir	13
2.2.1	Pengertian Permodelan Banjir.....	13
2.2.2	Permodelan Berbasis HEC-RAS	14
2.2.3	Steady Flow dan Unsteady Flow.....	17
2.2.4	Perhitungan Debit Rencana.....	18
2.3	Keterkaitan antara Water Sensitive City, Hidrologi Daerah Aliran Sungai, Banjir dan Tata Guna Lahan	21
2.4	Pengaturan Penggunaan Lahan.....	24
2.4.1	Pengaturan Penggunaan Lahan Konteks Penataan Ruang	24
2.4.2	Pengaturan Penggunaan Lahan pada Kawasan Banjir.....	24
2.5	Aturan Bangunan	26
2.5.1	Aturan Bangunan pada Kawasan Banjir	26

2.6	Sistem Drainase	27
2.6.1	Sistem Drainase Perkotaan.....	27
2.6.2	Pengaturan Sistem Drainase Pada Banjir Perkotaan	28
2.7	Sintesa Pustaka	29
2.8	Penelitian Sebelumnya.....	30

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Paradigma dan Pendekatan Penelitian	33
3.2	Alat yang Dibutuhkan	34
3.3	Data dan Metode Pengambilan Data	35
3.4	Populasi dan Sampel.....	35
3.5	Variabel Penelitian.....	36
3.6	Strategi Penelitian.....	38
3.7	Teknik Analisis.....	38
3.8	Tahap Analisis Data.....	40
3.8.1	Membangun Model Spasial Banjir Berdasarkan Kondisi Hidrologi Eksisting yang Menyebabkan Banjir Di DAS Kedurus	40
3.8.2	Mengevaluasi pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase yang ada dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus.	53
3.8.3	Merumuskan konsep tata ruang dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus	56

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Gambaran Umum Wilayah Penelitian	61
4.1.1	Kondisi Curah Hujan	61
4.1.2	Kondisi Banjir Eksisting.....	61
4.1.3	Kondisi Penggunaan Lahan Eksisting	63
4.1.4	Kondisi Koefisien Dasar Bangunan dan Koefisien Dasar Hijau Eksisting	64
4.1.5	Rencana Koefisien Dasar Bangunan dan Koefisien Dasar Hijau....	67
4.1.6	Rencana Penggunaan Lahan RDTRK di DAS Kedurus	69
4.2	Membangun Model Spasial Banjir Berdasarkan Kondisi Hidrologi Eksisting yang Menyebabkan Banjir Di DAS Kedurus	71
4.2.1	Mengidentifikasi Debit Puncak DAS Kedurus	71

4.2.2	Koreksi Geometri Sungai Utama Kedurus pada Digital Terain Model Lidar Surabaya.....	94
4.2.3	Membangun Peta Persebaran Koefisien Kekasaran Manning di DAS Kedurus 105	
4.2.4	Permodelan Spasial Banjir di DAS Kedurus berbasis HEC-RAS	109
4.3	Mengevaluasi pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase yang ada dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus.	121
4.3.1	Identifikasi Debit Puncak Akibat Penerapan Rencana Penggunaan Lahan dan Rencana Koefisien Dasar Bangunan	121
4.3.2	Koreksi Geometri Sungai Utama Kedurus Berdasarkan Rencana Penampang Sungai pada Surabaya Drainage Management Plan.....	130
4.3.3	Membangun Peta Persebaran Koefisien Kekasaran <i>Manning</i> berdasarkan Rencana Penggunaan Lahan dan Rencana Koefisien Dasar Bangunan	135
4.3.4	Pemodelan Spasial Banjir DAS Kedurus Untuk Evaluasi Rencana Penggunaan Lahan, Rencana Koefisien Dasar Bangunan Dan Rencana Saluran Drainase.	137
4.4	Merumuskan Konsep Tata Ruang Untuk Mengurangi Banjir Di DAS Kedurus	139
4.4.1	Analisis Sensitivitas Untuk Menilai Signifikasi Perubahan Variabel pada Perubahan Luas Genangan Banjir sebagai Dasar Perumusan Konsep	140
4.4.2	Menentukan Skenario Pengurangan Luas Genangan Banjir Berdasarkan Signifikasi Perubahan Variabel dan Kemungkinan Untuk Dilakukan.....	159
BAB 5	PENUTUP	191
5.1.1	Kesimpulan	191
5.1.2	Saran	192
	DAFTAR PUSTAKA.....	193

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR TABEL

NO	JUDUL	HALAMAN
Tabel 1.1	Wilayah Penelitian	6
Tabel 2.1	perbedaan permodelan banjir dengan pendekatan Steady Flow dan Unsteady Flow	18
Tabel 2.2	Sintesa Aturan Bangunan	27
Tabel 2.3	Sintesa Sistem Pengaturan Drainase	28
Tabel 2.4	Sintesa Tinjauan Pustaka	29
Tabel 2.5	Perbandingan Penelitian Sebelumnya	30
Tabel 3.1	Alat yang Dibutuhkan.....	34
Tabel 3.2	Data yang Dibutuhkan.....	35
Tabel 3.3	Populasi dan Sampel	36
Tabel 3.4	Variabel Penelitian	36
Tabel 3.5	Strategi Penelitian	38
Tabel 3.6	Analisis	39
Tabel 3.7	Klasifikasi Nilai Koefisien Aliran Cook Berdasarkan Klasifikasi Tutupan Lahan.....	42
Tabel 3.8	Klasifikasi Nilai Koefisien Aliran Cook Berdasarkan Klasifikasi Kemiringan Lereng	42
Tabel 3.9	Klasifikasi Nilai Koefisien Aliran Cook Berdasarkan Klasifikasi Kemampuan Infiltrasi Tanah.....	43
Tabel 3.10	Klasifikasi Nilai Koefisien Aliran Cook Berdasarkan Klasifikasi Kerapatan Aliran.....	43
Tabel 3.11	Klasifikasi Nilai Koefisien Aliran Cook.....	43
Tabel 3.12	Persyaratan Pada Beberapa Metode Analisis Frekuensi Curah Hujan	44
Tabel 3.13	Klasifikasi Nilai Koefisien C_p dan C_t berdasarkan Luas DAS	48
Tabel 3.14	Tabel Referensi Koefisien Manning.....	50
Tabel 3.15	Tingkat Bahaya Banjir Berdasarkan Ketinggian Genangan	52
Tabel 4.1	Rekapitulasi Indikator Genangan Wilayah Wiyung.....	62
Tabel 4.2	Kondisi Penggunaan Lahan	63
Tabel 4.3	Kondisi Koefisien Dasar Bangunan dan Koefisien Dasar Hijau di DAS Kedurus	65
Tabel 4.4	Rencana KDB dan KDH di DAS Kedurus	67
Tabel 4.5	Rencana Penggunaan Lahan RDTRK di DAS Kedurus.....	70
Tabel 4.6	Klasifikasi Tekstur Tanah di DAS Kedurus	72
Tabel 4.7	Klasifikasi Kerapatan Aliran DAS Kedurus	73
Tabel 4.8	Klasifikasi Tutupan Vegetasi	74
Tabel 4.9	Klasifikasi Kemiringan Lereng.....	75
Tabel 4.10	Hasil Overlay Seluruh Parameter Penentu Koefisien Run Off	76
Tabel 4.11	Curah Hujan per jam 25 November 2017 Stasiun Pengukuran Tanjung Perak.....	78
Tabel 4.12	Hasil Pengukuran Dispersi Stasiun Meteorologi Maritim Perak II Surabaya	81

Tabel 4.13 Kesesuaian Nilai Dispersi Terhadap Syarat Penentuan Jenis Sebaran	81
Tabel 4.14 Uji Chi Kuadrat	82
Tabel 4.15 Uji Smirnov-Kolmogorov.....	82
Tabel 4.16 Periode Ulang Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Meteorologi Maritim Perak I Surabaya	83
Tabel 4.17 Hujan Rancangan Per Jam berdasarkan Skenario Kala Ulang	85
Tabel 4.18 Tabel Parameter Hujan Efektif.....	85
Tabel 4.19 Konversi Tebal Hujan 27 November 2017 menjadi hujan yang masuk aliran.....	86
Tabel 4.20 Konversi Tebal Hujan Kala Ulang 2 Tahun menjadi Hujan yang masuk aliran.....	86
Tabel 4.21 Konversi Tebal Hujan Kala Ulang 5 Tahun menjadi Hujan yang masuk aliran.....	87
Tabel 4.22 Konversi Tebal Hujan Kala Ulang 10 Tahun menjadi Hujan yang masuk aliran.....	87
Tabel 4.23 Konversi Tebal Hujan Kala Ulang 20 Tahun menjadi Hujan yang masuk aliran.....	87
Tabel 4.24 Variabel Masukan untuk analisis Hirograf Snyder	88
Tabel 4.25 Perhitungan HSS Snyder	89
Tabel 4.26 Matriks Hidrograf Satuan Sintetis Untuk DAS Kedurus pada Tanggal 27 November 2017.....	90
Tabel 4.27 HSS Kala ulang 2, 5, 10, 20 Tahun	92
Tabel 4.28 Indikasi Kerusakan pada DTM Lidar Surabaya di DAS Kedurus	95
Tabel 4.29 Rekapitulasi Hasil Survei Kondisi Eksisting Saluran Drainase	99
Tabel 4.30 Hasil <i>Cross Section Editing</i> pada DTM Lidar Surabaya.	100
Tabel 4.31 Literatur Koefisien Kekasaran Manning untuk DAS Kedurus	105
Tabel 4.32 Penyesuaian Literature Koefisien Manning kedalam Data Penggunaan Lahan Eksisting	106
Tabel 4.33 Integrasi Koefisien Dasar Hijau pada Persebaran Penggunaan Lahan Eksisting sebagai Kekasaran Permukaan DAS Kedurus	107
Tabel 4.34 Kedalaman Banjir Per Skenario Kala Ulang.....	119
Tabel 4.35 Kedalaman Banjir Kala Ulang 20 Tahun Per Kelurahan.....	120
Tabel 4.36 Penyesuaian Klasifikasi Pembobotan Tutupan Vegetasi berdasarkan Rencana Penggunaan Lahan dan Rencana KDB	122
Tabel 4.37 Proses Overlay 4 Parameter Penentu Koefisien Limpasan <i>Run Off</i> ..	124
Tabel 4.38 Tabel Parameter Hujan Efektif.....	125
Tabel 4.39 Konversi Tebal Hujan Kala Ulang 2 Tahun menjadi Hujan yang masuk aliran dengan Run Off Rencana.....	126
Tabel 4.40 Konversi Tebal Hujan Kala Ulang 5 Tahun menjadi Hujan yang masuk aliran dengan Run Off Rencana.....	126
Tabel 4.41 Konversi Tebal Hujan Kala Ulang 10 Tahun menjadi Hujan yang masuk aliran dengan Run Off Rencana.....	127
Tabel 4.42 Konversi Tebal Hujan Kala Ulang 20 Tahun menjadi Hujan yang masuk aliran dengan Run Off Rencana.....	127

Tabel 4.43 Hidrograf Superposisi dengan Run Off Rencana Per Skenario Kala Ulang.....	128
Tabel 4.44 Penyesuaian SDMP pada DTM Lidar Surabaya.....	131
Tabel 4.45 Penyesuaian Koefisien Manning terhadap Rencana Penggunaan Lahan dan Rencana KDH	135
Tabel 4.46 Perbandingan Luas Genangan dari Parameter Eksiting dan Parameter Rencana	138
Tabel 4.47 Kedalaman Banjir Per Skenario Kala Ulang	139
Tabel 4.48 Matriks Perubahan Lahan dari Kondisi Eksisting menjadi Kondisi Sensitivitas 15%	141
Tabel 4.49 Hujan Masuk Aliran Akibat Penerapan Penggunaan Lahan Sensitivitas Kala Ulang 20 Tahun.....	143
Tabel 4.50 Tabel Luas Genangan Banjir Hasil Pemodelan Spasial Banjir Sensitivitas 1.....	145
Tabel 4.51 Hujan Masuk Aliran Akibat Perubahan Sensitivitas 2 Kala Ulang 20 Tahun	148
Tabel 4.52 Tabel Luas Genangan Banjir Hasil Pemodelan Spasial Banjir Sensitivitas 2.....	150
Tabel 4.53 Cross Sectin yang diaplikasikan dalam XS Interpolation pada HEC RAS 5.....	152
Tabel 4.54 Tabel Luas Genangan Banjir Hasil Pemodelan Spasial Banjir Sensitivitas 3.....	153
Tabel 4.55 Tabel Luas Genangan Banjir Hasil Pemodelan Spasial Banjir Sensitivitas 4.....	154
Tabel 4.56 Penilaian Setiap Pengujian Sensitivitas	157
Tabel 4.57 Penyesuaian Variabel Penggunaan Lahan terhadap lahan asset Pemerintah Kota Surabaya	160
Tabel 4.58 Pengaturan Variabel Penggunaan Lahan Skenario 1	163
Tabel 4.59 Pengaturan Variabel Kapasitas Saluran Skenario 2	166
Tabel 4.60 Hujan Masuk Saluran pada Skenario 1.....	169
Tabel 4.61 Tabel Luas Genangan Banjir Skenario 1	171
Tabel 4.62 Infrastruktur Hijau Berdasarkan Natural Water Retention Measurments (NMWRs).....	174
Tabel 4.63 Rekomendasi Lokasi Bozem Tambahan	175
Tabel 4.64 Rekomendasi Rencana Penggunaan Lahan Pengurangan Banjir di DAS Kedurus	176
Tabel 4.65 Hujan Masuk Saluran Skenario 2.....	177
Tabel 4.66 Tabel Luas Genangan Banjir Hasil Pemodelan Spasial Banjir Skenario 2.....	179
Tabel 4.67 Konsep Tata Ruang Pengurangan Banjir di DAS Kedurus secara keseluruhan.....	183
Tabel 4.68 Rekomendasi Rencana Penggunaan Lahan Pengurangan Banjir di DAS Kedurus	185
Tabel 4.69 Rekomendasi Koefisien Dasar Bangunan Pengurangan Banjir di DAS Kedurus	186

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

NO	JUDUL	HALAMAN
Gambar 1.1	Peta Wilayah Penelitian	7
Gambar 1.2	Konsep Water Sensitive City	8
Gambar 1.3	Alur Perumusan Masalah Penelitian	10
Gambar 2.1	Dampak Hidrologi dari Urbanisasi	23
Gambar 2.2	Pendekatan Penanganan Banjir Perkotaan	26
Gambar 3.1	Alur Proses Analisis Sasaran 1	40
Gambar 3.2	Tahapan Identifikasi Debit Puncak di DAS Kedurus	41
Gambar 3.3	Ilustrasi Metode Indeks ϕ Dan Metode Horton dalam Penentuan Hujan Efektif	47
Gambar 3.4	Konversi Hujan Per Jam Menjadi Hidrograf Superposisi	49
Gambar 3.5	Alur Tahapan Pada Sasaran 2	54
Gambar 4.1	Kondisi Curah Hujan Maksimum Harian Per Tahun Wilayah Penelitian Dari Tahun 1979 Hingga 2020	61
Gambar 4.2	Peta Penggunaan Lahan Eksisting	64
Gambar 4.3	Kondisi Koefisien Dasar Bangunan di DAS Kedurus	66
Gambar 4.4	Kondisi Koefisien Dasar Hijau di DAS Kedurus	66
Gambar 4.5	Peta Rencana Koefisien Dasar Bangunan	68
Gambar 4.6	Peta Rencana Koefisien Dasar Hijau	69
Gambar 4.7	Peta Rencana Penggunaan Lahan di DAS Kedurus	71
Gambar 4.8	Persebaran Tekstur Tanah di DAS Kedurus	72
Gambar 4.9	Peta Kerapatan Aliran	73
Gambar 4.10	Peta Koefisien Dasar Bangunan Eksisting	75
Gambar 4.11	Peta Kelerengan	76
Gambar 4.12	Peta Hasil Koefisien Run Off	77
Gambar 4.13	Hidrograf Satuan Sintetis DAS Kedurus	89
Gambar 4.14	Hidrograf Satuan Sintetis Untuk DAS Kedurus pada Tanggal 27 November 2017	92
Gambar 4.15	Hidrograf Satuan Sintetis DAS Kedurus Kala Ulang 2, 5, 10, 20 Tahun	94
Gambar 4.16	Kondisi eksisting kemiringan sungai atau river slope Sungai Kedurus dari DTM Lidar 0.33 x 0.33 meter	97
Gambar 4.17	Titik survei saluran drainase utama Kedurus	98
Gambar 4.18	Peta Persebaran Koefisien Kekasaran Manning di DAS Kedurus	106
Gambar 4.19	Peta Integrasi Koefisien Dasar Hijau kedalam Koefisien Kekasaran Manning di DAS Kedurus	109
Gambar 4.20	Pembangunan Mesh pada Permodelan Spasial Banjir DAS Kedurus	110
Gambar 4.21	Penentuan Lokasi Inlet dan Outlet	111
Gambar 4.22	Hasil Permodelan Spasial Banjir di DAS Kedurus berdasarkan parameter kondisi ekisting	112
Gambar 4.23	Lokasi Sampel Validasi Banjir 25 November 2017	113

Gambar 4.24 Hasil Pengujian RMSE pada Arc GIS 10.7S	114
Gambar 4.25 Kedalaman Banjir Per Skenario Kala Ulang	119
Gambar 4.26 Peta Penyesuaian Runoff referensi menjadi Runoff penyesuaian dengan Rencana Penggunaan Lahan dan KDB	123
Gambar 4.27 Hasil Overlay 4 Parameter Penentu Koefisien Limpasan <i>Run Off</i>	125
Gambar 4.28 Hidrograf Superposisi dengan Run Off Rencana Per Skenario Kala Ulang	129
Gambar 4.29 Penyesuaian Koefisien Manning terhadap Rencana Penggunaan Lahan dan Rencana KDH	136
Gambar 4.30 Hasil Permodelan Spasial Banjir di DAS Kedurus berdasarkan parameter Rencana	138
Gambar 4.31 Alur Perumusan Konsep Pengurangan Luas Genangan Banjir	140
Gambar 4.32 Perubahan Penggunaan Lahan Sensitivitas 15% dengan Penggunaan Lahan Eksisting	142
Gambar 4.33 Peta Run Off Penerapan Sensitivitas 1	143
Gambar 4.34 Hidrograff Sintentis Satuan Akibat Penerapan Penggunaan Lahan Sensitivitas Kala Ulang 20 Tahun	144
Gambar 4.35 Peta Koefisien Kekasaran Manning Akibat Penerapan Penggunaan Lahan Sensitivitas Kala Ulang 20 Tahun	144
Gambar 4.36 Hasil Model Spasial Banjir untuk Sensitivitas 1	145
Gambar 4.37 Perubahan Koefisien Dasar Bangunan Kondisi Sensitivitas 15% dari Kondisi Eksisting	146
Gambar 4.38 Perubahan Koefisien Dasar Hijau Kondisi Sensitivitas 15% dari Kondisi Eksisting	147
Gambar 4.39 Peta Run Off Penerapan Sensitivitas 2	148
Gambar 4.40 Hidrograf Sintetis Satuan Akibat Penerapan Sensitivitas 2 Kala Ulang 20 Tahun	149
Gambar 4.41 Peta Koefisien Kekasaran Manning Akibat Penerapan Sensitivitas 2 Kala Ulang 20 Tahun	150
Gambar 4.42 Hasil Model Spasial Banjir untuk Sensitivitas 2	151
Gambar 4.43 Hasil Model Spasial Banjir untuk Sensitivitas 3	153
Gambar 4.44 Hasil Model Spasial Banjir untuk Sensitivitas 5	154
Gambar 4.45 Pengaturan Variabel Penggunaan Lahan terhadap lahan asset Pemerintah Kota Surabaya	161
Gambar 4.46 Pengaturan Variabel Penggunaan Lahan terhadap Rencana Kawasan Lindung pada RDTRK	163
Gambar 4.47 Peta Pengaturan Variabel Penggunaan Lahan Skenario 1	164
Gambar 4.48 Peta Pengaturan Variabel Koefisien Dasar Bangunan Skenario 1	165
Gambar 4.49 Pengaturan Variabel pada Skenario 1 untuk Mengurangi Banjir di DAS Kedurus	168
Gambar 4.50 Peta Run Off Penyesuaian Variabel	169
Gambar 4.51 Hidrograf Sintetis Satuan pada Skenario 1	170
Gambar 4.52 Koefisien Manning Penerapan Penyesuaian Variabel	171
Gambar 4.53 Hasil Model Spasial Banjir untuk Skenario 1	172
Gambar 4.54 Rekomendasi Lokasi Bozem	175

Gambar 4.55 Peta Rekomendasi Rencana Penggunaan Lahan Pengurangan Banjir di DAS Kedurus	177
Gambar 4.56 Peta Run Off Skenario 2	177
Gambar 4.57 Hidrograf Sintetis Satuan Skenario 2.....	178
Gambar 4.58 Koefisien Manning Skenario 2.....	179
Gambar 4.59 Hasil Model Spasial Banjir untuk Skenario 2	180
Gambar 4.60 Peta Rekomendasi Rencana Penggunaan Lahan Pengurangan Banjir di DAS Kedurus.....	186
Gambar 4.61 Peta Rekomendasi Rencana Koefisien Dasar Bangunan Pengurangan Banjir di DAS Kedurus	187

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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 (Masitoh, Ma'rif, & Rudiarto, 2002) 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 (Gao, Chen, Luo, & Wang, 2020). 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) (da Silva Peixoto, Cavalcante, & Gomes, 2020), dan sebaliknya terjadi peningkatan volume limpasan air permukaan (*surface runoff*) sehingga menyebabkan terjadinya ketidak-seimbangan tata air atau juga disebut sebagai perubahan siklus hidrologi (Hu, Fan, & Zhang, 2020; Wang, Stephenson, & Qu, 2020). Perubahan tata guna lahan pada daerah aliran sungai memberikan pengaruh yang signifikan terhadap debit banjir (Jayadi, 2000). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Aryanto, 2010; Yang, Chen, Wang, & Xu, 2016), perubahan penutup lahan di seluruh sub-DAS memberikan kontribusi kenaikan volume air sebesar 9,84% dan kenaikan debit puncak sebesar 4,13%.

Kota Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia (Salamin, 2020). Kemajuan Surabaya mendorong peningkatan kegiatan perkotaan yang menyebabkan kebutuhan akan lahan yang semakin meningkat padahal ketersediaannya sangatlah terbatas (Kösters, Bichai, & Schwartz, 2020). Dalam RTRW Kota Surabaya menyebutkan bencana yang memiliki frekuensi dan dampak

signifikan adalah banjir dan kebakaran (Hadi, Hidayah, & Halik, 2020). Peta potensi banjir dalam dokumen RTRW Kota Surabaya membagi bencana banjir mejadi 3 lokasi yaitu Pantai Timur Surabaya, Pantai Utara Surabaya dan DAS Kedurus (Purwaningsih, 2018). Banjir yang terjadi pada DAS Kedurus diakibatkan oleh luapan Sungai Kedurus dan perubahan penggunaan lahan (Purwaningsih, 2018). Sehingga diperlukan penanganan untuk menurunkan bahaya banjir yang berpotensi terjadi.

Daerah Aliran Sungai Kedurus memiliki luas sebesar 6.239 Ha dan panjang sungai + 18 Km dari hulu hingga pertemuan dengan Kali Surabaya (Purwaningsih, 2018). Kawasan di sekitar aliran Kali Kedurus sering mengalami banjir ketika musim penghujan tiba. Di wilayah Kota Surabaya, banjir terparah terjadi di daerah Wiyung. Banjir yang terjadi mencapai ketinggian hingga 1 meter (Pamungkas & Purwitaningsih, 2019) serta banjir Sungai Kedurus membuat wilayah tergenang lebih dari 100 Ha. Dalam Surabaya Drainage Manajemen Plant 2018 menunjukan lokasi yang langganan banjir di daerah Wiyung adalah Kawasan Gunungsari dan sekitarnya, Perumahan Dukuh Karangan Jaya (I,II,III dan Dukuh Karangan PDAM), Jl. Kebraon II, Jl. Lidah Wetan Gg. II, Jl. Griya Babatan, Jl. Lakarsantri RW 1, Jl. Lontar Lidah Kulon, Perumahan Lembah Harapan dan Jl. Wiyung RW II. Banjir yang terjadi di wilayah tersebut memiliki tinggi rata-rata 0.5 meter dan durasi banjir 1 jam.

Masalah banjir tersebut dapat menjadi masalah pengembangan dan perencanaan RDTRK Unit Pengembangan Wiyung. Dalam RTRW Kota Surabaya Tahun 2014-2034, Unit Pengembangan Wiyung memiliki fungsi kegiatan utama untuk permukiman terutama pengembangan perumahan dan permukiman kepadatan sedang, pendidikan, industri, dan lindung terhadap alam (Starzec, Dziopak, & Słyś, 2020; Sumiati & Si, 2019). Dalam RDTRK UP Wiyung memiliki isu pengembangan wilayah yaitu kecenderungan tren perubahan penggunaan lahan dari lahan pertanian menjadi lahan permukiman kepadatan sedang yang berakibat meningkatnya potensi banjir di daerah ini. Adapun dalam UP Wiyung kelurahan yang memiliki potensi banjir tinggi adalah Kelurahan Jajar Tunggal, Kelurahan Babatan, Kelurahan Wiyung, Kelurahan Lidah Kulon, Kelurahan Lidah Wetan dan Kelurahan Balas Klumprik. Selain alasan di atas, pemilihan DAS Kedurus

karena keunikan wilayah banjir di perkotaan. Tujuannya adalah meningkatkan target ekonomi wilayah di DAS Kedurus tapi dengan tetap menjaga kemampuannya dalam mengantisipasi banjir.

Dalam hal rencana strategis RDTRK UP Wiyung, terdapat beberapa rencana pengembangan yang akan berdampak pada peningkatan banjir itu sendiri. Dari segi infrastruktur pada DAS Kedurus di UP Wiyung di adanya jaringan Jalan Lingkar Barat Tengah akan meningkatkan kegiatan permukiman dan perdagangan jasa di sekitarnya yang akan menurunkan fungsi resapan air kedalam tanah. Selain itu jika dilihat dari tujuan penataan ruang RDTRK UP Wiyung yaitu Ramah Investasi akan berakibat pada mudahnya developer pengembang perumahan untuk mendirikan kluster perumahan yang akan menurunkan fungsi resapan air di DAS Kedurus. Hal ini didukung dengan kondisi pola ruang eksisting yaitu perumahan formal di DAS Kedurus di UP Wiyung. Hal ini juga berlaku pada rencana pola ruang RDTRK UP.Wiyung akan memiliki rencana alokasi ruang permukiman kedapatan sedang (R3) pada sekitar DAS Kedurus. Akibat potensi banjir di DAS Kedurus yang berdampak pada terganggunya aktivitas perkotaan, maka diperlukan adanya langkah langkah untuk mengendalikan banjir di DAS Kedurus.

Dalam penataan ruang terdapat berbagai instrumen yang dapat digunakan untuk mengendalikan banjir. Beberapa diantaranya adalah pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan pengaturan sistem drainase. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Johnson, Suri, & Lipietz, 2020; Purwitaningsih & Pamungkas, 2017; Starzec et al., 2020; Wizar & Wali, 2020) terkait kajian pengurangan banjir di DAS Kedurus melalui pengaturan penggunaan lahan dapat menurunkan debit banjir mencapai 12,92% dari debit banjir pada penggunaan lahan eksisting. Juga didalam penelitiannya membahas terkait aturan bangunan dikhususkan pengaturan koefisien dasar bangunan (KDB) dan koefisien dasar hijau (KDH) (Yuliantari, Ir Dwita Hadi Rahmi, & Pramono, 2019). Hasil yang didapat adalah dengan menambahkan 10% KDH pada kawasan permukiman, maka akan menurunkan debit banjir sebesar 1,4%. Pengaturan sistem drainase dapat dilakukan dengan penyediaan jaringan drainase dan kolam retensi/bozem. Dari penelitian (Al Amin, 2016; Chalid & Prasetya, 2020; Kallioras, 2020) menyatakan bahwa sistem drainase yang baik dapat menurunkan banjir hingga 58,79% debit banjir. Sehingga

dari penelitian yang sudah dibahas diatas menunjukan bahwa pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase dapat digunakan untuk menurunkan debit banjir (Chalid & Prasetya, 2020; Johnson et al., 2020; Kallioras, 2020; Pamungkas & Purwitaningsih, 2019; Purwaningsih, 2018; Starzec et al., 2020; Wizar & Wali, 2020).

Fakta empirik di lapangan pengendalian banjir di Kota Surabaya masih berupa penambahan saluran drainase konvensional, dan pembangunan pompa air, dan pemaksimalan fungsi pintu air (Rohman, Wiguna, & Dewi, 2019). 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 (Pamungkas & Purwitaningsih, 2019).

Penelitian serupa pernah dilakukan oleh (Purwitaningsih & Pamungkas, 2017) terkait pengurangan banjir di DAS Kedurus dengan menggunakan instrumen pengaturan penggunaan lahan dan aturan bangunan yang di analisis menggunakan model SWAT. Hasil penelitiannya adalah dari seluruh wilayah DAS Kedurus dibagi menjadi 27 Sub-DAS yang mengalami banjir adalah Sub-DAS 1,2,3,5,6,8,12,13,15,22,24,27 dengan total volume luapan adalah 546.797,53 m³. Dengan kombinasi pengaturan penggunaan lahan dan aturan bangunan dapat menurunkan debit banjir sebesar 47,51%(Aryanto, 2010).

1.2 Rumusan Masalah

Fenomena urbanisasi atau perkembangan kawasan menjadi kota menyebabkan peningkatan lahan permukiman dan kegiatan ekonomi lainnya. Hal ini mengakibatkan alih fungsi lahan non terbangun menjadi lahan terbangun. Sehingga berdampak pada keterbatasan lahan serapan air. Alih fungsi lahan mengakibatkan volume air permukiman pada saat musim penghujan yang berdampak pada terjadinya banjir luapan sungai. Sebagian wilayah DAS Kedurus merupakan daerah rawan banjir dimana banjir selalu terjadi dengan kedalaman mencapai 1 meter. Padahal, daerah sekitar DAS Kedurus merupakan daerah yang memiliki fungsi vital bagi perkembangan perekonomian Kota Surabaya. Terdapat 3 instrumen penataan ruang yang dapat digunakan untuk mengurangi banjir yaitu

pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase. Dari penelitian sebelumnya 3 instrumen tersebut dinyatakan efektif dalam mengurangi banjir.

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, pertanyaan penelitiannya adalah “Bagaimana Konsep Tata Ruang Dalam Wujud Pengaturan Penggunaan Lahan, Aturan Bangunan dan Sistem Drainase Untuk Pengurangan Banjir Di Daerah Aliran Sungai Kedurus ?”

1.3 Tujuan

Berdasarkan pemaparan rumusan masalahnya, tujuan penelitian ini adalah “Merumuskan Konsep Tata Ruang Dalam Wujud Pengaturan Penggunaan Lahan, Aturan Bangunan dan Sistem Drainase Untuk Pengurangan Banjir Di Daerah Aliran Sungai Kedurus ?”

Untuk mencapai tujuan tersebut perlu disusun sasaran sebagai capaian setiap langkah untuk menuju tujuan besar. Adapun sasaran dalam penelitian adalah.

1. Membangun model spasial banjir berdasarkan kondisi hidrologi eksisting yang menyebabkan banjir di DAS Kedurus
2. Mengevaluasi pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase yang ada dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus.
3. Merumuskan konsep tata ruang dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus.

1.4 Kontribusi

Berikut kontribusi teori dari penelitian ini.

1. Memberikan pendekatan baru terkait penerapan konsep tata ruang dalam wujud pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase untuk mengurangi banjir di DAS Kedurus.

Berikut kontribusi terapan dari penelitian ini.

1. Menjadi masukan bagi pemerintah Kota Surabaya terkait pengurangan resiko bencana banjir melalui pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase
2. Menjadi masukan bagi Revisi Rencana Detail Tata Ruang di UP. Wiyung

1.5 Ruang Lingkup

1.5.1 Ruang Lingkup Wilayah

Adapun ruang lingkup wilayah pada penelitian ini ialah daerah banjir yang telah diidentifikasi oleh (Purwitaningsih & Pamungkas, 2017) di DAS Kedurus.

Tabel 1.1 Wilayah Penelitian

SUB-DAS	LUAS HA	HASIL PENELITIAN (Purwitangingsih, 2018)	DELINIASI
1	251.6184	Banjir	Wilayah Penelitian
2	105.3081	Banjir	Wilayah Penelitian
3	1375.8336	Banjir	
4	43.092	Tidak Banjir	
5	140.94	Banjir	
6	98.0829	Banjir	
7	99.9459	Tidak Banjir	
8	645.1083	Banjir	
9	300.1617	Tidak Banjir	
10	78.975	Tidak Banjir	
11	251.9748	Tidak Banjir	
12	25.5717	Banjir	
13	0.567	Banjir	
14	110.5245	Tidak Banjir	Wilayah Penelitian
15	227.2617	Banjir	Wilayah Penelitian
16	132.7266	Tidak Banjir	Wilayah Penelitian
17	3.6774	Tidak Banjir	Wilayah Penelitian
18	511.8147	Tidak Banjir	Wilayah Penelitian
19	117.7254	Tidak Banjir	Wilayah Penelitian
20	248.4432	Tidak Banjir	Wilayah Penelitian
21	561.3705	Tidak Banjir	Wilayah Penelitian
22	514.9656	Banjir	Wilayah Penelitian
23	225.9819	Tidak Banjir	
24	376.3665	Banjir	Wilayah Penelitian
25	311.1858	Tidak Banjir	
26	326.0817	Tidak Banjir	Wilayah Penelitian
27	184.7934	Banjir	

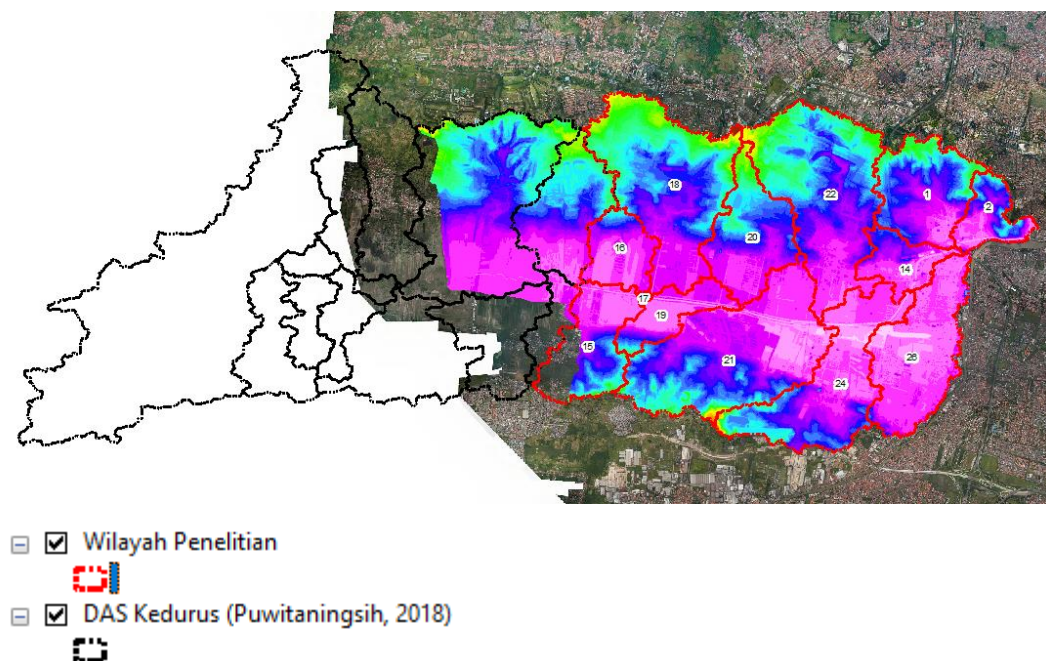
Sumber : (Purwitaningsih, 2017)

Wilayah penelitian yang digunakan adalah Sub DAS yang berada pada wilayah administrasi Kota Surabaya dan justifikasi adalah ketersediaan data Digitasi

Surface Model Akurasi 0.33 x 0.33 Meter. Wilayah penelitian berada pada Kecamatan Lakarsantri. Batas administrasi wilayah penelitian adalah sebagai berikut:

- Sebelah utara : Kec.Lakarsantri
- Sebelah timur : Kec. Wiyung
- Sebelah selatan : Kec. Karangpilang
- Sebelah barat : Kec. Menganti

Adapun peta batas administrasi wilayah penelitian dapat dilihat pada peta dibawah.

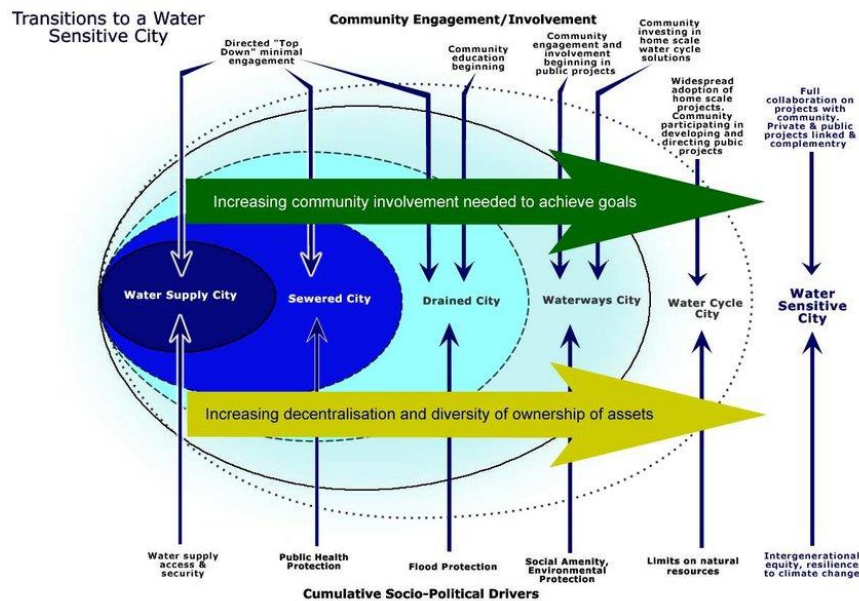


Gambar 1.1 Peta Wilayah Penelitian

1.5.2 Ruang Lingkup Pembahasan

Materi yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah konsep tata ruang untuk pengurangan banjir di daerah aliran sungai Kedurus yang terbatas dengan hanya menggunakan materi yang berkaitan dengan model hidrologi HEC-RAS. Konsep tata ruang dalam wujud pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase seperti apa yang dapat mengurangi banjir di DAS Kedurus. Konsep 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 ruang, serta teori permodelan yang masih terkait dengan penelitian ini yaitu *modelling* hidrologi menggunakan software HEC-RAS.



Gambar 1.2 Konsep Water Sensitive City

Sumber : (Dahlenburg & Morison, 2009)

1.5.3 Ruang Lingkup Substansi

Ruang lingkup substansi ini menjelaskan mengenai teori-teori pendukung dan penjabar pola pikir dalam penelitian. Penelitian ini mencakup lingkup keilmuan pembangunan berkelanjutan yang dilihat dari sisi ekologi perkotaan. Oleh karena itu, landasan teori dalam penelitian ini adalah teori bencana hidrologi dalam kaitannya kawasan rawan bencana banjir. selain itu juga dibahas teori tata ruang dalam kaitannya pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase.

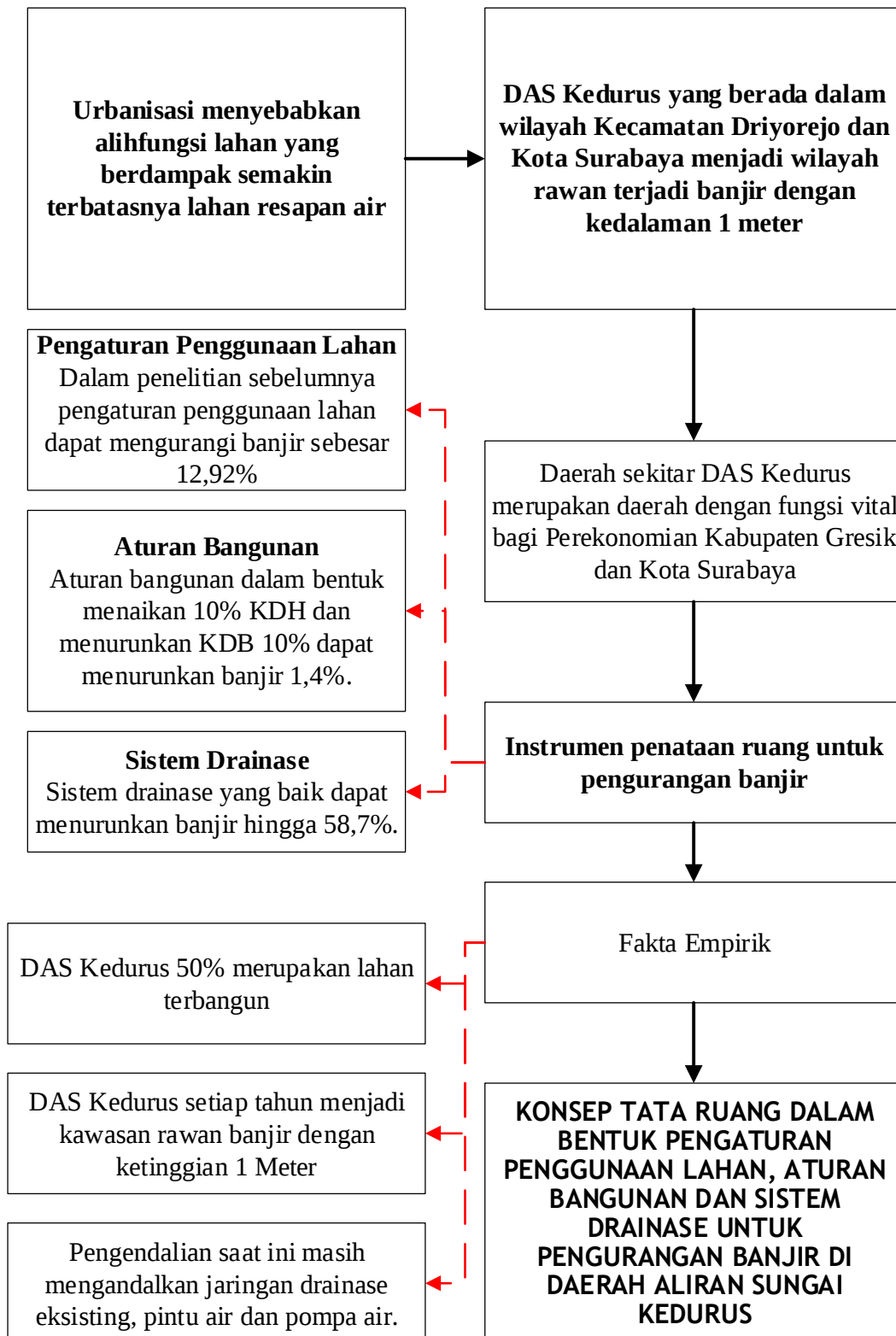
1.5.4 Batasan Penelitian

Untuk memfokuskan penelitian pada pencapaian tujuan, maka disusun asumsi-asumsi sebagai penelitian. Berikut batasan pada penelitian ini.

1. Konsep yang dirancang hanya fokus pada mengurangi banjir pada potensi curah hujan maksimal, sehingga batasan penelitiannya adalah tidak mengakomodasi konsep tata ruang pada kondisi musim kemarau

2. Koefisien Limpasan (Run Off) dan Koefisien Kekasaran (n-Manning) belum pernah dilakukan penilaiannya pada wilayah penelitaian DAS Kedurus, sehingga di asumsikan nilai koefisien limpasan dan koefisien kekasaran sama dengan pada penelitian sebelumnya di wilayah lain.
3. Kemampuan infiltrasi jenis tanah di DAS Kedurus belum pernah dilakukan penilaian baik oleh pemerintah setempat atau penelitian sebelumnya, sehingga di asumsikan kemampuan infiltrasi jenis tanah di DAS Kedurus sesuai dengan referensi pada penelitian sebelumnya di wilayah lain.
- 4.

1.6 Alur Perumusan Masalah



Gambar 1.3 Alur Perumusan Masalah Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini terdiri dari 5 (lima) bab pembahasan, antara lain:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang studi dalam pemilihan judul, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup wilayah, ruang lingkup pembahasan, ruang lingkup substansi, dan alur perumusan masalah.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Merupakan hasil studi literatur yang berupa dasar-dasar teori dan referensi yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI

Menjelaskan tentang pendekatan penelitian dalam hal ini paradigma penelitian yang akan digunakan untuk memahami dan menjawab penelitian terkait konsep tata ruang, metode penelitian, metode pengumpulan data, yang dilihat dari pengumpulan data primer dan sekunder dan teknik analisis dari sasaran yang ada.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan tentang hasil dari seluruh proses penelitian yang sudah dilakukan. Kemudian dilakukan interpretasi dan pembahasan dari hasil yang di peroleh sesuai dengan pertanyaan penelitian

BAB V PENUTUP

Menjelaskan tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hubungan Banjir dan Akitivitas Pada Penggunaan Lahan

Adanya fenomena banjir menyebabkan berkurangnya fungsi penggunaan lahan. Hal ini dibuktikan (Dahri & Abida, 2020; Imaduddina & Widodo, 2017; A. Nugroho, 2013) dalam penelitiannya terdapat bagian yang bertujuan untuk mengidentifikasi nilai gangguan setiap kelas penggunaan lahan terhadap setiap kelas ketinggian banjir. Hasil penelitiannya adalah ketinggian banjir dibawah 10 centimeter tidak mengganggu aktivitas seluruh kelas penggunaan lahan, ketinggian banjir 10-30 centimeter mengganggu tingkat sedang aktivitas penggunaan lahan industry, pelabuhan, permukiman. Sedangkan ketinggian banjir kelas 50-100 centimeter mengganggu tingkat tinggi pada penggunaan lahan permukiman, industry dan perdagangan jasa. Dari penelitian (A. Nugroho, 2013) ini dapat disimpulkan bahwa banjir tidak menjadi masalah bagi aktivitas pada penggunaan lahan dengan tingkat ketinggian 10 centimeter.

2.2 Pemodelan Banjir

2.2.1 Pengertian Permodelan Banjir

Secara umum pemodelan bahaya bencana banjir terbagi menjadi tiga pendekatan, yakni pendekatan hidrologi, pendekatan geomorfologi dan kombinasi dari keduanya (Falter et al., 2016; Kingma, 2002)

- Pendekatan hidrologi adalah model yang dibangun berdasarkan data-data statistik, fisik dan hidrograf (Falter et al., 2016). Biasanya model ini melibatkan penggunaan serangkaian informasi yang tidak lengkap tentang kondisi meteorologi, hidrologi dan kondisi daerah tangkapan air. Contoh pemodelan yang menggunakan pendekatan hidrologi adalah HEC-RAS, DUFLOW dan LISFLOOD (David, Beilicci, & Beilicci, 2016).
- Pendekatan geomorfologi merupakan model yang dibangun berdasarkan analisis geomorfologi terhadap bentuk lahan dan sistem fluvial, dengan didukung oleh informasi tentang kejadian banjir masa lalu dan informasi topografi skala detail (Manfreda et al., 2014). Pendekatan ini berasal dari fakta bahwa relief mikro yang terdapat pada dataran banjir menggambarkan

pola aliran air, dan juga fakta bahwa konfigurasi bentuk lahan dan distribusi sedimen fluvial saat ini, merupakan hasil bentukan dari sungai-sungai yang sama yang akan menyebabkan bencana banjir di masa depan.

- Pendekatan kombinasi antara hidrologi dan geomorfologi merupakan gabungan dari 2 pendekatan sebelumnya (Jacobson, Janke, Skold, & Management, 2011; Maddock, Harby, Kemp, & Wood, 2013). Inti dari pendekatan kombinasi adalah adanya analisa terhadap riwayat kejadian banjir, analisa data pemantauan terhadap faktor-faktor meteorologi dan hidrologi, dan juga adanya analisis geomorfologi yang bertujuan untuk menyimpulkan mengenai bekas kejadian banjir dilihat dari karakteristik geomorfologinya. Sehingga wilayah analisis dapat dibagi menjadi 3 bagian: area yang telah terdampak, area-area dengan karakteristik sama namun belum terdampak, dan area-area yang tidak mungkin terdampak.

(Kingma, 2002) juga menjelaskan langkah-langkah penilaian bahaya banjir, yang terdiri dari: (1) pemetaan geomorfologi detail yang terdiri dari data batas DAS, pola aliran dan identifikasi bentuk-bentuk lahan fluvial; (2) mengidentifikasi tingkat kerentanan pada setiap unit lahan; (3) mengkombinasikan data-data tersebut dengan data hidrologi (analisis frekuensi), data klimatologi dan data topografi; (4) menjalankan model hidrologi menggunakan bantuan perangkat lunak; dan (5) mengklasifikasikan tingkat bahaya banjir menjadi peta zonasi bahaya banjir.

2.2.2 Permodelan Berbasis HEC-RAS

Salah satu model yang digunakan dalam menentukan karakteristik bahaya banjir pada prinsip hidrolika saluran terbuka adalah HEC-RAS (Hydrology Center Engineering Centre- River Analysis System), yang merupakan bagian dari pendekatan hidrologi dalam memodelkan bahaya banjir (Khattak et al., 2016). Analisis hidrolika dalam model ini bertujuan untuk mengidentifikasi kapasitas alur sungai terhadap banjir (Grimaldi, Petroselli, Arcangeletti, & Nardi, 2013). HEC-RAS merupakan suatu sistem terpadu yang terdiri atas grafik antarmuka (GUI), komponen analisis hidrolika, penyimpanan data, dan kemampuan pengelolaan data secara spasial. HEC-RAS meliputi 3 komponen satu-dimensi analisis hidrolika, yaitu perhitungan profil permukaan air dari aliran permanen (steady flow), simulasi

aliran tidak permanen (unsteady flow), dan perhitungan sedimen transport (USACE, 2001).

Pada simulasi dengan metode aliran permanen, didasarkan atas persamaan *One Dimensional Energy* (Papaioannou, Loukas, Vasiliades, & Aronica, 2016). Pada metode ini, diasumsikan bahwa aliran sungai terbentuk sebagai fungsi gerakan akibat adanya perbedaan ketinggian antara segmen sungai dibagian atas dan bagian bawah. Menurunnya permukaan air di sepanjang saluran oleh pengaruh gradien sungai mencerminkan mencerminkan proses kehilangan energi, karena gaya gesek antara air dengan materi dasar sungai atau oleh gaya gesek lainnya. Perubahan gradient tersebut juga menyebabkan terjadinya konversi energi antara energi kinetik dengan energi potensial. Pada aliran yang mengalir, terjadi konversi dari energi potensial menjadi energi kinetik. Sedangkan pada aliran yang melambat, terjadi konversi dari energi kinetik menjadi energi potensial (USACE, 2016).

Formula perhitungan yang digunakan dalam model HEC-RAS, umumnya ditunjukkan secara matematis sebagai bentuk diferensial parsial, yang kemudian menjadi persamaan konversi massa (kontinuitas), konversi momentum, dan persamaan energi antara 2 tampang lintang. Persamaan-persamaan dasar tersebut, adalah sebagai berikut:

- Persamaan konversi massa (kontinuitas)

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$$

..... (2)

Dengan Q adalah debit aliran (m^3/s), x adalah jarak memanjang sungai (m), A adalah luas tampang basah (m^2), t adalah waktu (det), dan q_l adalah debit lateral dari samping kiri dan kanan sungai ($m^3/s/m$) (Wardhana, 2015).

- Persamaan momentum

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial (vQ)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0$$

..... (3)

Dengan α adalah koefisien koreksi kecepatan rerata tampang basah. G adalah kecepatan gravitasi, dan S_f adalah kemiringan garis energi (*Friction Slope*), dan y adalah ketinggian muka air (Wardhana, 2015).

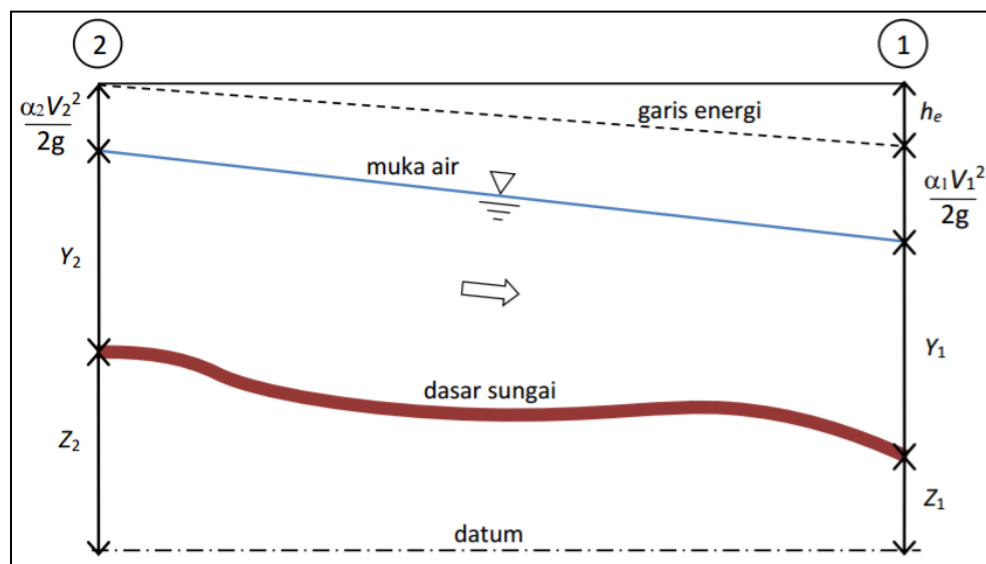
- Persamaan energi

HEC-RAS menghitung profil muka air di sepanjang alur secara urut pada setiap tampang lintang. Ketinggian muka air dihitung melalui persamaan energi *Standar Step Method* (Harjanto & Imammudin, 2017)

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

..... (4)

Dengan Y_1 , Y_2 adalah kedalaman aliran; Z_1 , Z_2 adalah elevasi dasar saluran; V_1 , V_2 adalah kecepatan rata-rata (debit dibagi luas tampang basah); α_1 , α_2 = koefisien; g adalah percepatan gravitasi; dan h_e adalah nilai kehilangan tinggi energi. Hubungan antara variabel dalam persamaan energi dapat digambarkan melalui Gambar 2.3.



Gambar 2.2 Diagram Persamaan Energi Antara Dua Tampang Lintang
(Sumber: (Harjanto & Imammudin, 2017))

Data masukan dalam HEC-RAS terdiri dari data aliran dan data geometrik, yang dapat diuraikan sebagai berikut:

- Data geometrik terdiri atas skema sistem sungai, yaitu penggambaran skema sungai berdasarkan keadaan lapangan (arah aliran sungai dan pertemuan antar sungai). Skema sistem sungai ini bisa didapatkan dari data spasial alur sungai RBI yang ditransformasikan ke dalam HEC-RAS. selain itu, data geometrik juga terdiri atas penampang geometrik, yakni kedudukan suatu

penampang, elevasi penampang, tebing kanan-kiri, palung utama dan tanggul. Koefisien kekasaran (manning), koefisien kontraksi dan ekspansi juga merupakan bagian dari data geometrik yang dibutuhkan.

- Data aliran, terdiri atas aliran rezim yang dapat berupa aliran subkritis, superkritis, atau gabungan. Sementara data utamanya adalah kondisi batas, berupa hidrograf aliran, kedalaman kritis, kedalaman normal, dan *Rating Curve*.

2.2.3 Steady Flow dan Unsteady Flow

Dalam permodelan banjir berbasis HEC-RAS memiliki 2 pendekatan yaitu *Steady Flow* dan *Unsteady Flow*. Menurut (Wibowo, 2007) Pilihan untuk melakukan simulasi aliran permanen (*steady flow analysis*) atau aliran tak permanen (*unsteady flow analysis*) bergantung kepada kasus yang ditangani atau kepada tujuan melakukan analisis. Simulasi aliran permanen dipilih apabila aliran yang akan disimulasikan (kasus yang ditinjau) memang aliran permanen. Untuk merancang saluran irigasi atau saluran tambak, cukup dilakukan simulasi aliran permanen. Untuk melakukan penelusuran banjir (*flood routing*) di sungai, perlu simulasi aliran tak permanen. Jika hanya ingin memperkirakan muka air banjir di sepanjang sungai, dapat dilakukan simulasi aliran permanen, dengan catatan bahwa muka air banjir yang hasil hitungan akan lebih tinggi daripada seharusnya (*over estimate*). Berbeda dengan pendapat (Oktaga, Suripin, & Darsono, 2014) bahwa dalam permodelan banjir kedua pendekatan ini dapat di gunakan sebagai alternative permodelan banjir. Hal tersebut disebabkan oleh tidak jarang ditemui kesulitan untuk memperoleh hasil analisis yang sempurna tanpa adanya keterangan error dan warning pada report program. Keterangan error dan warning dalam pemodelan unsteady non-uniform flow pada HEC-RAS umumnya dikarenakan tidak stabilnya profil muka air akibat pengaruh kerapatan jarak antar potongan melintang, perubahan bentuk potongan melintang yang ekstrim, maupun kemiringan dasar saluran yang curam. Berikut perbedaan permodelan banjir dengan pendekatan *Steady Flow* dan *Unsteady Flow* menurut (Oktaga et al., 2014) :

Tabel 2.1 perbedaan permodelan banjir dengan pendekatan Steady Flow dan Unsteady Flow

No	Pembanding	Pemodelan <i>unsteady flow</i>	Pemodelan <i>steady flow</i>
1	Metode	Berupa aliran tak permanen tak seragam dengan analisis perhitungan menggunakan persamaan kekekalan massa (continuity, conservation of mass) dan persamaan momentum	Berupa aliran berubah beraturan (gradually varied flow), kecuali di tempat-tempat struktur hidraulik seperti jembatan, gorong-gorong, dan bendung; di tempat-tempat tersebut aliran adalah rapidly varied flow dan HEC-RAS memakai persamaan momentum atau persamaan empiris, bukan persamaan energi untuk menghitung aliran.
2	Data yang diperlukan untuk pemodelan geometri sungai	Alur dan potongan melintang sungai. Perlu pembenahan geometri sungai bila terdapat report warning ataupun error.	Alur dan potongan melintang sungai
3	Data yang diperlukan untuk input aliran	Segmen hulu: hidrograf debit rencana. Segmen hilir: data pasang surut air laut	Segmen hulu: debit rencana maksimal Segmen hilir: data pasang surut air laut tertinggi. Pada tiap potongan melintang dibutuhkan data debit sebagai pendekatan pemodelan <i>unsteady nonuniform flow</i>
4	Pengaruh kestabilan model	Besaran debit dan Bentuk penampang / geometri potongan melintang	Tidak ada

Sumber : (Gilang Idfi, 2017; Oktaga, Suripin, & Darsono, 2016)

Dari hasil diskusi diatas diketahui permodelan banjir dengan pendekatan *unsteady flow* digunakan pada kondisi aliran sungai yang tidak normal (*overestimate*) atau kondisi banjir. Sehingga pada penelitian ini akan menggunakan permodelan banjir berbasis HEC-RAS dengan pendekatan *unsteady flow*. Selain itu dari penelitian sebelumnya yang membahas terkait pembandingan hasil dari pemodelan banjir perkotaan menghasilkan *steady flow* menghasilkan kedalaman banjir yang lebih tinggi.

2.2.4 Perhitungan Debit Rencana

Dalam permodelan banjir berbasis HEC-RAS terdapat 2 unsur penting yaitu kualitas data Digital Elevation Model (DEM) dan kualitas perhitungan debit

rencana (Ghifari, 2018). Debit rencana (QT) adalah debit dengan periode ulang tertentu (T) yang diperkirakan akan melalui suatu sungai atau bangunan air (Abdulhalim, Tanudjaja, & Sumarauw, 2018; Syahputra, 2015). Dalam pemodelan banjir di perkotaan dengan karakteristik ketersediaan data debit pengukuran lapangan yang tidak tersedia dibutuhkan perhitungan dengan pendekatan hidrograf satuan sintetik (Sherman, 1932). Pada tahun 1932, L.K. Sherman mengenalkan konsep hidrograf satuan, yang banyak digunakan untuk melakukan transformasi dari hujan menjadi debit aliran. Hidrograf satuan didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang tercatat di ujung hilir Daerah Aliran Sungai (DAS) yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar 1 mm yang terjadi secara merata di permukaan DAS dengan intensitas tetap dalam suatu durasi tertentu (Alby, 2018). Metode hidrograf satuan banyak digunakan untuk memperkirakan banjir rancangan. Metode ini relatif sederhana, mudah penerapannya, tidak memerlukan data kompleks dan memberikan hasil rancangan yang cukup teliti. Data yang diperlukan untuk menurunkan hidrograf satuan terukur di DAS yang ditinjau adalah data hujan otomatis dan pencatatan debit di titik kontrol. Ada 2 teknik yang sering digunakan untuk membangun hidrograf satuan yaitu hidrograf satuan terukur dan hidrograf satuan sintesis (Kristianto, Norken, Dharma, & Yekti, 2019; Riri, 2017; Sembiring, 2019; E. R. J. J. I. P. R. Syofyan, 2016). Hidrograf satuan terukur adalah hidrograf satuan yang dibangun menggunakan data terukur dari stasiun lapangan (Riri, 2017). Sedangkan hidrograf satuan sintesis adalah hidrograf yang dibangun dari data yang tidak terukur di lapangan (Riri, 2017). Pada penelitian ini akan menggunakan hidrograf satuan sintesis (HSS) karena tidak tersedia data *Automatic Water Level Recorder* (AWLR) dari saluran utama kedurus. Dari beberapa jenis model HSS terdapat 2 jenis yang paling sesuai dengan karakteristik sungai di Indonesia yaitu HSS Snyder dan HSS Nakayasu (Satiti & Jayadi, 2018).

- **HSS Snyder**

Parameter yang dikembangkan dalam metode Hidrograf Satuan Sintesis Snyder terdiri dari empat parameter yaitu waktu kelambatan, aliran puncak, waktu

dasar, dan durasi standar dari hujan efektif untuk hidrograf satuan dikaitkan dengan geometri fisik dari DAS dengan hubungan berikut :

$$T_p = C_t (L L_c)^{0,3} \quad (1)$$

$$Q_p = C_p A / t_p \quad (2)$$

$$T = 3 + (t_p / 8) \quad (3)$$

$$T_D = t_p / 5,5 \quad (4)$$

Apabila durasi hujan efektif t_r tidak sama dengan durasi standar T_D , maka :

$$t_{pR} = t_p + 0,25 (t_r - T_D) \quad (1)$$

$$Q_{pR} = Q_p t_p / t_{pR} \quad (2)$$

Dengan

t_D : durasi standar dari hujan efektif (jam) t_r : durasi hujan efektif (jam)

t_p : waktu dari titik berat durasi hujan efektif T_D ke puncak hidrograf satuan (jam)

t_{pR} : waktu dari titik berat durasi hujan t_r ke puncak hidrograf satuan (jam)

T : waktu dasar hidrograf satuan (hari)

Q_p : debit puncak untuk durasi t_D

Q_{pR} : debit puncak untuk durasi t_r

L : panjang sungai utama terhadap titik kontrol yang ditinjau (km)

L_c : jarak antara titik kontrol ke titik yang terdekat dengan titik berat DAS (km)

A : luas DAS (km²)

C_t : koefisien yang tergantung kemiringan DAS, yang bervariasi dari 1,4 sampai 1,7

C_p : koefisien yang tergantung pada karakteristik DAS, yang bervariasi antara 0,15 sampai 0,19

- **HSS Nakayasu**

Hidrograf satuan sintetis Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang (Sutapa, 2005) .Penggunaan metode ini memerlukan beberapa karakteristik parameter daerah alirannya, seperti :

1. Tenggang waktu dari permukaan hujan sampai puncak hidrograf (time of peak)

2. Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (time lag)
3. Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*)
4. Luas daerah aliran sungai
5. Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*)

Bentuk persamaan HSS Nakayasu adalah :

$$Qp = \frac{CA \cdot Ro}{3,6(0,3Tp + T_{0,3})}$$

dengan :

Qp = debit puncak banjir (m³/dt)

Ro = hujan satuan (mm)

Tp = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir(jam)

$T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30%dari debit puncak (jam)

CA = luas daerah pengaliran sampai outlet (km²)

Untuk menentukan Tp dan $T_{0,3}$ digunakan pendekatan rumus sebagai berikut :

$$Tp = tg + 0,8 tr \quad (1)$$

$$T_{0,3} = \alpha tg \quad (2)$$

$$Tr = 0,5 tg \text{ sampai } tg \quad (3)$$

Dari kedua jenis HSS ini, yang sesuai dengan karakteristik DAS Kedurus ialah HSS Snyder karena parameter data yang dibutuhkan sedikit dan tersedia di wilayah DAS kedurus.

2.3 Keterkaitan antara Water Sensitive City, Hidrologi Daerah Aliran Sungai, Banjir dan Tata Guna Lahan

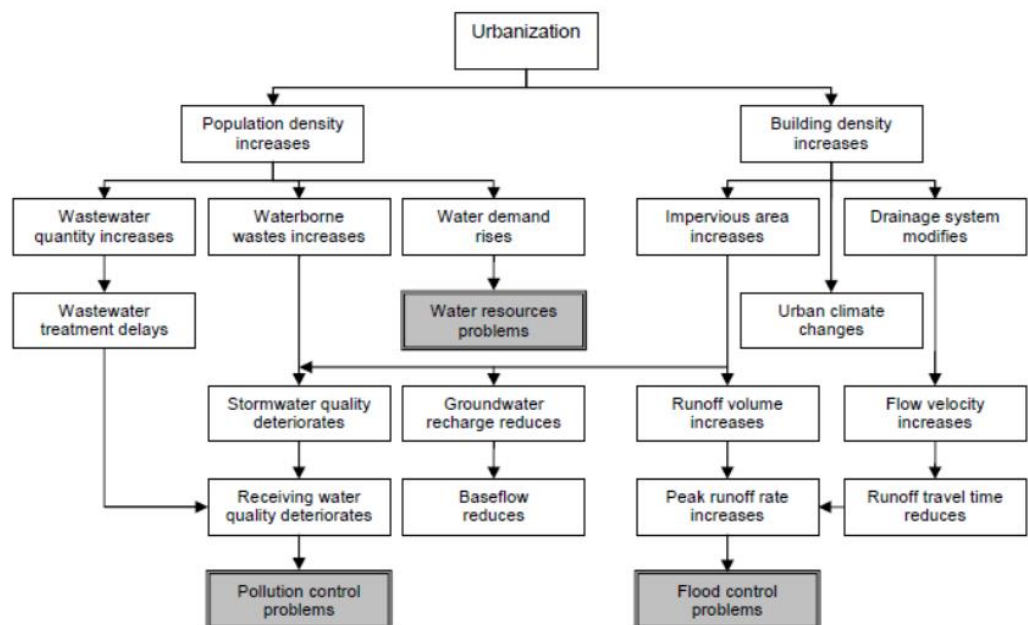
Secara ekologis, DAS sebagai suatu sistem kompleks sangat besar peranannya dalam hal pengaturan tata air (Baja, 2012). Hal ini juga didukung pada pembahasan subbab sebelumnya mengenai hidrologi DAS bahwa DAS merupakan suatu kesatuan ekosistem yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang 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

(Chesterfield 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 (Brown, Keath, & Wong, 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 menitik beratkan 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 (WSC, 2015) 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



Gambar 2.1 Dampak Hidrologi dari Urbanisasi

Sumber : (Santato, Bender, & Schaller, 2013)

2.4 Pengaturan Penggunaan Lahan

2.4.1 Pengaturan Penggunaan Lahan Konteks Penataan Ruang

Pengaturan penggunaan lahan adalah suatu kawasan yang didefinisikan karena memiliki fungsi dan ciri/karakteristik yang spesifik (Barnett, 1982). Tujuan dari penyelenggaraan pengaturan penggunaan lahan adalah menjamin kegiatan pemanfaatan ruang yang dilaksanakan dapat mencapai standar kualitas lokal minimum.

Pada konteks penataan ruang, aturan yang diterapkan tersebut dikenal dengan peraturan zonasi, yang mengatur pengaturan pola ruang, pengaturan pemanfaatan lahan dan prosedur pelaksanaan pembangunan. Di negara lain, peraturan zonasi dikenal juga dengan istilah lain: seperti *Land Development Code*, *Zoning Code*, *Zoning Ordinance*, *Zoning Resolution*, *Urban Code*, dan *Planning Act* (Gonzalez, 2012).

Setiap zona pola ruang berisi arahan pemanfaatan lahan/penggunaan lahan. Penggunaan lahan dapat diartikan sebagai intervensi manusia terhadap lahan, baik secara permanen maupun secara berkala untuk memenuhi kebutuhan hidup (Arsyad, 1989). Pengaturan pola dapat dikelompokkan menjadi dua kategori utama, yakni zona pertanian dan zona non-pertanian. Zona pola ruang pertanian dibedakan secara luas berdasarkan penyediaan air dan tanamannya. Jenis penggunaan lahan pertanian adalah sawah, ladang, perkebunan, dan hutan. Sedangkan zona pola ruang non-pertanian dapat dibedakan menjadi permukiman, industri, sarana pelayanan umum, dan penggunaan rekreasi (Arsyad, 2000).

2.4.2 Pengaturan Penggunaan Lahan pada Kawasan Banjir

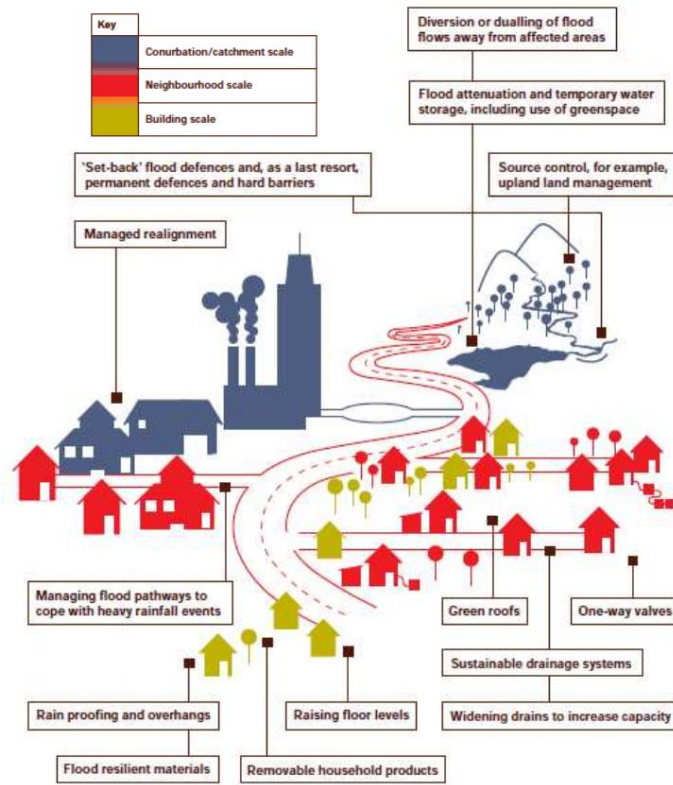
Menurut (Malingreau & Christiani, 1981) penggunaan lahan terdiri dari daerah bervegetasi yang didalamnya dibagi lagi menjadi daerah pertanian dan daerah bukan pertanian; daerah tak bervegetasi berupa lahan terbuka; permukiman dan lahan bukan pertanian berupa permukiman, industri, dan jaringan jalan; 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.

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 dan 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.
- 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, 006). 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.



Gambar 2.2 Pendekatan Penanganan Banjir Perkotaan

Sumber : (Hung, Shaw, Kobayashi, & Journal, 2007)

2.5 Aturan Bangunan

2.5.1 Aturan Bangunan pada Kawasan Banjir

Aturan bangunan dalam kawasan rawan bencana dapat di implementasikan dalam bentuk pengaturan Intensitas Pemanfaat Ruang

2.5.1.1 Intensitas Pemanfaatan Ruang

Intensitas pemanfaatan ruang (IPR) merupakan aturan batasan-batasan dalam memanfaatkan ruang. IPR yang dapat digunakan untuk mengurangi banjir adalah ketentuan koefisien dasar bangunan (KDB). Koefisien Dasar Bangunan atau KDB merupakan angka persentase perbandingan antara luas seluruh lantai dasar bangunan yang dapat dibangun dengan luas lahan yang tersedia. KDB adalah batas maksimal lahan yang diperbolehkan untuk dibangun dalam suatu tapak/site. KDB

merupakan peraturan yang menentukan seberapa besar luas lantai dasar bangunan Anda yang boleh dibangun. Nilai KDB antara satu wilayah dengan wilayah lainnya tidak sama. Hal ini disesuaikan dengan konteks wilayah perencanaan. KDB tinggi diaplikasikan pada kawasan yang memiliki kemampuan pengembangan tinggi. Sedangkan KDB rendah diaplikasi pada kawasan dengan batas pengembangan salah satunya banjir. Pembatasan KDB Rendah ditujukan untuk meningkatkan resapan air sebagai pengurangan banjir. Koefisien Dasar Bangunan di Indonesia dibagi menjadi tiga kategori, nyaitu $KDB < 30\%$, $KDB 30\%-60\%$, 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.

Tabel 2.2 Sintesa Aturan Bangunan

Sumber	Indikator	Variabel
Permen No. 20- PRT-M-2011	KDB	Batas pengembangan pada kavling terbangunan untuk meningkatkan resapan air.

2.6 Sistem Drainase

2.6.1 Sistem Drainase Perkotaan

Menurut Suripin (2004:7) dalam bukunya yang berjudul Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah.

Drainase yaitu suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut. Dari sudut pandang yang lain, drainase adalah salah satu unsur dari prasarana umum yang dibutuhkan masyarakat kota dalam rangka menuju kehidupan kota yang aman, nyaman, bersih, dan sehat. Prasarana drainase

disini berfungsi untuk mengalirkan air permukaan ke badan air (sumber air permukaan dan bawah permukaan tanah) dan atau bangunan resapan. Selain itu juga berfungsi sebagai pengendali kebutuhan air permukaan dengan tindakan untuk memperbaiki daerah becek, genangan air dan banjir.

2.6.2 Pengaturan Sistem Drainase Pada Banjir Perkotaan

Terdapat berbagai pengaturan pada sistem drainase untuk mengurangi banjir pada perkotaan menurut Suripin (2004:7) berikut diantaranya :

1. Normalisasi Saluran Drainase

Normalisasi Saluran Drainase adalah salah satu untuk mengembalikan fungsi saluran drainase eksisting kembali seperti fungsi semula, atau mengembalikan kemampuan saluran drainase pada kemampuan seharusnya dari saluran drainase. Normalisasi dapat dilakukan dengan,

- a. Memperlebar Saluran
- b. Memperdalam Saluran
- c. Mempertinggi Saluran

2. Penambahan Saluran Drainase

Jika normalisasi saluran drainase telah dilakukan akan tetapi tetap terjadi banjir maka dilakukan penambahan saluran drainase sesuai dengan kemampuan kawasan mengakomodasi.

3. Pembuatan Polder Station

Pembuatan Polder Station dilakukan untuk menahan air sementara agar tidak meluap kedaerah yang lebih tinggi. Cara yang dilakukan adalah

- a. Pembuatan Kolam Retensi
- b. Tanggul Keliling
- c. Pompa Genset
- d. Bangunan Pintu

Tabel 2.3 Sintesa Sistem Pengaturan Drainase

Sumber	Indikator	Variabel
Suripin (2004:7)		Normalisasi Saluran Drainase

Sumber	Indikator	Variabel
	Sistem Pengaturan Drainase	Penambahan Saluran Drainase
		Pembuatan Polder Station

2.7 Sintesa Pustaka

Tabel 2.4 Sintesa Tinjauan Pustaka

Aspek	Sub Aspek	Indikator	Variabel
Penataan Ruang Kota dan Bencana Banjir	Penataan Ruang Kota dan Bencana Banjir	Banjir menghambat agenda pembangunan kota	Terjadinya kerusakan akibat banjir menjadi indikasi bahwa terjadi kesalahan
Definisi Banjir	Pengertian Banjir	Banjir Luapan	Meluapnya aliran sungai melebihi penampang sungai yang menimbulkan luapan
	Faktor yang mempengaruhi banjir	Ketinggian	Topografi
		Tutupan Lahan	Areal Terbangun
			Saluran Drainase
	Identifikasi Kawasan Rawan Banjir	Kondisi Sungai	Penampang Sungai
			Topografi
			Debit Sungai
Pengaturan Penggunaan Lahan	Faktor yang mempengaruhi Pengaturan Penggunaan Lahan di DAS Kedurus	Klimatologi	Curah Hujan
		Penggunaan Lahan	Permukiman
			Industri
			Perdagangan dan Jasa
			Fasilitas Umum
			Sawah
			Perkebunan
			RTH
			Semak Belukar
			Tegalan
			Lahan tidak Terbanguna
			Danau, Waduk dan Badan Air.
Aturan Bangunan	Faktor Batasan-batasn/persyaratan pada kawasan rawan bencana banjir	Intensitas Pemanfaatan Ruang	Koefisien Dasar Bangunan (KDB)
Sistem Drainase	Pengaturan Sistem Drainase Perkotaan	Sistem Pengaturan Drainase	Normalisasi Saluran Drainase
			Penambahan Saluran Drainase
			Pembuatan Polder Station

2.8 Penelitian Sebelumnya

Pada bagian ini akan di paparkan penelitian sebelumnya yang terkait. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi keaslian usulan penelitian dan pembaruan yang ditawarkan.

Tabel 2.5 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

No	Penulis, Tahun, Judul	Metode	Keluaran
Penelitian Sebelumnya Yang Pernah Dilakukan Di Lokasi Penelitian			
1	Santika, 2017, Skenario Pengurangan Banjir Berdasarkan Tata Guna Lahan Di Daerah Aliran Sungai Kedurus Menggunakan Model Hidrologi Swat	ArcSWAT	Merumuskan skenario tata guna lahan di DAS Kedurus untuk mengurangi Banjir
2	Pamungkas, 2019 Are we planning Surabaya to be a Low-risk City? A case study of the effect of Urban Spatial Plan in the Kedurus Catchment Area on Flood Risk Reduction	ArcSWAT	Mengevaluasi rencana detail tata ruang Surabaya dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus.
	Pamungkas, 2019 A combination of green and grey infrastructures approaches in flood reduction: Kedurus Case Study, Indonesia	Arc SWAT	Mengevaluasi penerapan green infrastructure (lahan infiltrasi) dan grey infrastructure (jaringan drainase) dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus
Penelitian Sebelumnya dengan Metode ataupun Tujuan yang Sejenis			
1	Tarigan, 2016, Modeling Effectiveness of Management Practices for Flood Mitigation using GIS Spatial Analysis Functions in Upper Ciliwung Watershed	Raster spatial analysis functions of GIS Hydrological Model (RSGIS-HM), dan Netlogo Hydrological Model (NL-HM) Metode validasi menggunakan Nash-Suthcliff Efficiency of 8.0	Model kejadian banjir di DAS Ciliwung dan simulasi dampak dari praktek manajemen terdiskret terhadap pengurangan air larian (runoff) permukaan

No	Penulis, Tahun, Judul	Metode	Keluaran
2	Dewandaru, 2014, Studi Penanggulangan Banjir Kali Lamong Terhadap Genangan di Kabupaten Gresik	Analisis debit puncak dengan hidrograf satuan sintetik Nakayashu, dan analisis hidrolika bahaya banjir dengan HEC-RAS	Model evaluasi efektivitas bangunan tanggul sungai dan arahan penanggulangan banjir secara struktural
3	Arifin, 2012, Penentuan Zonasi Daerah Tingkat Kerawanan Banjir di Kota Gorontalo Provinsi Gorontalo Untuk Mitigasi Bencana	Analisis tumpang susun dan skoring terhadap variabel kemiringan lereng, curah hujan, geomorfologi dan penggunaan lahan	Peta zonasi kerawanan banjir di Kota Gorontalo beserta arahan deskriptif untuk penanggulangannya
4	Sari, 2013, Aplikasi Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografi Untuk Pemetaan Zona Rawan Banjir Di Sub Daerah Aliran Sungai Celeng Kecamatan Imogiri Kabupaten Bantul	Analisis tumpang susun dan skoring terhadap variabel kemiringan lereng, infiltrasi tanah, kerapatan aliran, curah hujan dan penggunaan lahan	Peta Zona rawan banjir Genangan dan Limpasan Sub-DAS Celeng
5	Ghifari, 2018, Zonasi Ruang Berbasis Pengurangan Risiko Bencana Pada Kawasan Bahaya Bencana Banjir Di Das Wae Apu, Pulau Buru	Analisis Permodelan Banjir yang dikombinasi dengan analisis tumbang tindih dan trianggulasi	Peta Zonasi Ruang Berbasis Pengurangan Resiko Bencana Pada Kawasan Bahaya Bencana Banjir

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan mengenai metode yang akan digunakan dalam penelitian ini. Hal ini penting karena dijadikan pedoman dalam melakukan urutan-urutan langkah dalam melakukan penelitian. Prosedur penelitian merupakan urutan langkah-langkah yang harus dikerjakan dalam penelitian, alat/teknik analisa adalah alat yang digunakan dalam pengolahan data, sedangkan desain penelitian merupakan segala proses yang diperlukan dalam suatu penelitian. Hal hal yang dibahas meliputi sifat penelitian, pendekatan dan jenis penelitian, variabel penelitian, tahapan penelitian, teknik pengumpulan data, dan teknik analisa data.

3.1 Paradigma dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan paradigma penelitian *Posivistik*. *Posivistik* adalah suatu aliran filsafat yang menyatakan ilmu alam sebagai satu-satunya sumber pengetahuan yang benar dan menolak aktifitas yang berkenaan dengan metafisik (Crossan, 2003). Tidak mengenal adanya spekulasi, semua didasarkan pada data empiris. Selain itu positivistik adalah aliran berpikir yang hanya mengakui kebenaran rasional, empirik, inderawi, objektif. Penelitian ini akan membahas terkait data numerik yang dianalisis dengan teknik analisis kuantitatif. Penelitian ini akan mengidentifikasi kondisi hidrologi dari DAS Kedurus dengan data numerik curah hujan, profil sungai, topografi, luasan per penggunaan lahan dan koefisien dasar bangunan. Kemudian mengevaluasi rencana tata ruang terkait terkait pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan jaringan drainase, kemudian memberi rekomendasi perbaikan terkait penggunaan lahan, aturan bangunan dan jaringan drainase.

1. Kajian teori atau literatur sebagai landasan teoritis meliputi urbanisasi dan definisi bencana banjir, identifikasi kawasan banjir, pengaturan pola ruang dan aturan khusus pada kawasan rawan bencana banjir
2. Operasionalisasi variabel yang didapatkan dari hasil kajian dan sintesis teori melalui perumusan definisi operasional variabel; penentuan parameter / tolok ukur variabel; serta penentuan sampel penelitian.

3. Eksplorasi empirik di lapangan sebagai landasan empiris dengan pengujian validitas dan reliabilitas hasil eksplorasi empiris untuk mengetahui kawasan rawan bencana banjir.

3.2 Alat yang Dibutuhkan

Alat merupakan instrumen dalam penelitian ini. Alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini terbagi menjadi perangkat keras dan perangkat lunak. Berikut ini disajikan menurut nama dan fungsinya pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Alat yang Dibutuhkan

No	Nama Alat	Fungsi
Kebutuhan Dasar		
1	Laptop	Digunakan untuk mengolah data, menginstal perangkat-perangkat lunak yang dibutuhkan, dan untuk mengetik laporan
2	Printer	Untuk mencetak kuisioner survei, laporan hasil penelitian dan peta-peta, serta keperluan cetak lainnya
3	Kamera Digital	Untuk mendokumentasikan hasil survei
4	Alat tulis dan buku	Untuk mencatat hasil wawancara dan temuan di lapangan
5	Microsot Office Word	Untuk mengetik dan menyusun laporan
6	Microsoft Office Excel	Untuk mengolah data tabulasi
7	Microsoft Office Powerpoint	Untuk menyusun bahan presentasi
Kebutuhan Per Tahapan		
Sasaran 1 : Membangun Model Spasial Banjir Berdasarkan Kondisi Hidrologi Eksisting yang Menyebabkan Banjir Di DAS Kedurus		
8	HEC-RAS	Sebagai <i>software</i> untuk mengabungkan data debit banjir dan profil sungai untuk membuat peta kondisi banjir
9	Microsot Excel	Perhitungan Debit Rancangan
10	ArcGIS 10.5	Sebagai <i>software</i> untuk pengolahan data spasial
Sasaran 2 : Mengevaluasi pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase yang ada dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus.		
11	HEC-RAS	Sebagai <i>software</i> untuk mengabungkan data debit banjir dan profil sungai untuk membuat peta kondisi banjir
12	Microsot Excel	Perhitungan Debit Rancangan
13	ArcGIS 10.5	Sebagai <i>software</i> untuk pengolahan data spasial
Sasaran 3: Merumuskan konsep tata ruang dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus.		
14	HEC-RAS	Sebagai <i>software</i> untuk mengabungkan data debit banjir dan profil sungai untuk membuat peta kondisi banjir
15	Microsot Excel	Perhitungan Debit Rancangan

No	Nama Alat	Fungsi
16	ArcGIS 10.5	Sebagai <i>software</i> untuk pengolahan data spasial

3.3 Data dan Metode Pengambilan Data

Deksripsi mengenai jenis data, metode pengambilan data dan sumber data menurut sub tujuan penelitian, disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Data yang Dibutuhkan

No	Jenis Data	Metode Pengambilan	Sumber Data
Sasaran 1 Membangun Model Spasial Banjir Berdasarkan Kondisi Hidrologi Eksisting yang Menyebabkan Banjir Di DAS Kedurus			
1	Peta Penggunaan Lahan 1:1000	Survei Instansional	Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman, Cipta Karya Kota Surabaya
2	Elevasi Ground (Digital Terrain Model) Lidar Surabaya Resolusi 0.3 x 0.3 Meter	Survei Instansional	Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman, Cipta Karya Kota Surabaya
3	Data Penampang Sungai	Survei Lapangan	Survey Primer
4	Data Curah Hujan Harian 1978-2020 Pada Stasiun Pengamatan	Survei Instansional	BMKG Jawa Timur Terkait
5	Data Historis Banjir • Kedalaman banjir • Durasi banjir	Survei Instansional	Dinas PU Pematusan dan Bina Marga Kota Surabaya
6	Data Curah Hujan Ekstrim ketika terjadi banjir 31 Mei 2016	Survei Instansional	BMKG Juanda dan Perak
Sasaran 2 Mengevaluasi pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase yang ada dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus..			
7	Rencana Detail Tata Ruang UP Wiyung	Survei Instansional	Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman, Cipta Karya Kota Surabaya
8	Citra Satelit 1:1000	Survei Instansional	Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman, Cipta Karya Kota Surabaya
Sasaran 3 Merumuskan konsep tata ruang dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus.			
9	-	-	-

3.4 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian merupakan keseluruhan subjek dan obyek penelitian yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu berdasarkan

ketentuan peneliti (Arikunto, 2010) Sedangkan sampel adalah sebagian atau wakil dari populasi yang dianggap dapat mewakili karakteristik dari populasi yang diteliti (Arikunto, 2010). Maka dari definisi tersebut, berikut justifikasi populasi dan sampel per tahapan penelitian.

Tabel 3.3 Populasi dan Sampel

No	Populasi	Sampel
Sasaran 1 Membangun Model Spasial Banjir Berdasarkan Kondisi Hidrologi Eksisting yang Menyebabkan Banjir Di DAS Kedurus		
1	Data Banjir Lapangan	Sampel Pengukuran Riwayat Ketinggian Banjir sebagai Validasi Model Spasial Banjir
Sasaran 2 : Mengevaluasi pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase yang ada dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus.		
3	-	-
Sasaran 3 Merumuskan konsep tata ruang dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus.		
4	-	-

Populasi dari penelitian ini merupakan seluruh lokasi yang tergenang dalam model spasial banjir hujan pada tanggal 25 November 2017. Sedangkan untuk sampel adalah beberapa lokasi yang di pilih berdasarkan *spatial random sampling* dengan bantuan software Arc Map 10.7. Jumlah sampel 47 lokasi diambil dari kombinasi data survey genangan dokumen Surabaya Drainage Management Plan 2018 dan Berita Online.

3.5 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang ditetapkan peneliti untuk dipelajari, sehingga diperoleh informasi mengenai hal tersebut dan dapat diolah menjadi kesimpulan/keluaran (Sugiyono, 2013). Variabel dalam penelitian ini disajikan menurut sub tujuannya pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Variabel Penelitian

Sasaran	Indikator	Variabel	Definisi Operasional
Membangun model spasial banjir berdasarkan kondisi hidrologi eksisting yang menyebabkan	Klimatologi	Curah Hujan	Curah Hujan Maksimum Harian
	Intensitas Penggunaan Lahan	Permukiman	Luas area dalam satuan ha
		Industri	Luas area dalam satuan ha
		Perdagangan dan Jasa	Luas area dalam satuan ha
		Fasilitas Umum	Luas area dalam satuan ha

banjir di DAS Kedurus		Sawah	Luas area dalam satuan ha
		Perkebunan	Luas area dalam satuan ha
		RTH	Luas area dalam satuan ha
		Semak Belukar	Luas area dalam satuan ha
		Tegalan	Luas area dalam satuan ha
		Lahan tidak Terbanguna	Luas area dalam satuan ha
		Danau, Waduk dan Badan Air.	Luas area dalam satuan ha
	Distribusi Spasial Penggunaan Lahan	Permukiman	Lokasi Penggunaan Lahan
		Industri	Lokasi Penggunaan Lahan
		Perdagangan dan Jasa	Lokasi Penggunaan Lahan
		Fasilitas Umum	Lokasi Penggunaan Lahan
		Sawah	Lokasi Penggunaan Lahan
		Perkebunan	Lokasi Penggunaan Lahan
		RTH	Lokasi Penggunaan Lahan
		Semak Belukar	Lokasi Penggunaan Lahan
		Tegalan	Lokasi Penggunaan Lahan
		Lahan tidak Terbanguna	Lokasi Penggunaan Lahan
		Danau, Waduk dan Badan Air.	Lokasi Penggunaan Lahan
	Intensitas Pemanfaatan Ruang	KDB	Rasio lahan terbangun dengan lahan non terbangun
	Profil Sungai	Lebar Permukaan Saluran	Lebar permukaan saluran dalam m
		Kedalaman Saluran	Kedalaman saluran dalam m
		Lebar Dasar Saluran	Lebar dasar saluran dalam m
Mengevaluasi pengaturan penggunaan lahan, aturan	-	-	-

bangunan dan sistem drainase yang ada dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus.			
Merumuskan konsep tata ruang dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus.	-	-	-

3.6 Strategi Penelitian

Strategi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi dan kualitatif. Hal ini karena disesuaikan dengan paradigma positivistik dan kebutuhan alat analisis yang digunakan. Berikut penjelasan strategi penelitian yang digunakan berdasarkan.

Tabel 3.5 Strategi Penelitian

Sasaran	Stategi	Penjelasan
Membangun model spasial banjir berdasarkan kondisi hidrologi eksisting yang menyebabkan banjir di DAS Kedurus	Simulasi	Pada tahap ini akan dibangun model spasial banjir untuk identifikasi kondisi hidrologi banjir di DAS Kedurus dengan menggabungkan antara simulasi debit sungai, perhitungan kapasitas sungai eksisting yang menghasilkan kawasan banjir di DAS Kedurus
Mengevaluasi pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase yang ada dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus..	Simulasi	Pada tahap ini akan dilakukan evaluasi terhadap rencana pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase yang ada di analisis dengan kondisi kapasitas sungai rencana, dan iklim eksisting
Merumuskan konsep tata ruang terkait pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase yang efektif dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus.	Simulasi	Pada tahap ini akan dilakukan perbaikan atas pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase yang ada untuk di analisis efektivitasnya mengurangi banjir

3.7 Teknik Analisis

Berikut deskripsi teknik analisis, alat analisis dan output yang dihasilkan setiap tahapannya.

Tabel 3.6 Analisis

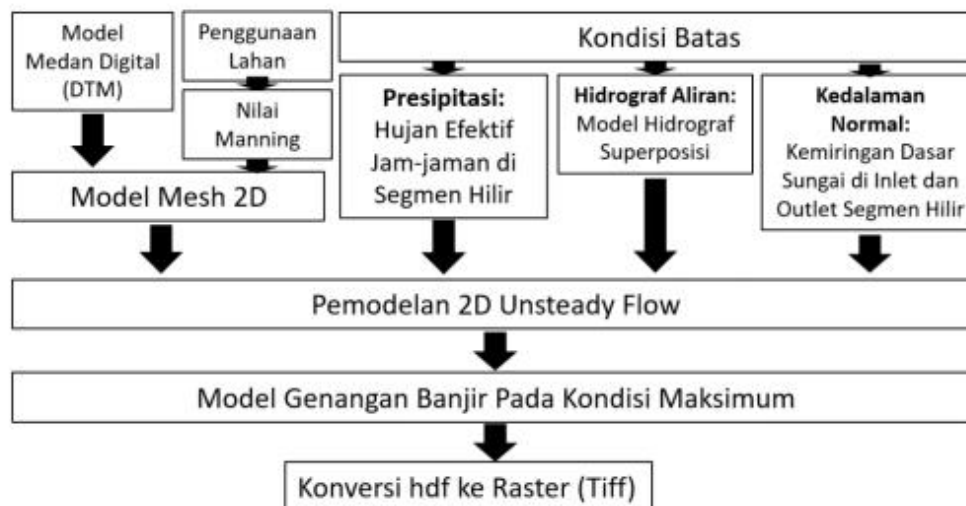
Sasaran	Tujuan	Alat Analisis		Hasil Analisis
Membangun model spasial banjir berdasarkan kondisi hidrologi eksisting yang menyebabkan banjir di DAS Kedurus	Membangun model spasial banjir kawasan banjir dengan penggunaan lahan eksisting, aturan bangunan eksisting dan sistem drainase eksisting	1) 2)	HEC-RAS Arc GIS	Peta Kedalaman Banjir di DAS Kedurus kondisi eksisting
Mengevaluasi pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase yang ada dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus.	Mengevaluasi rencana detail ruang terkait seberapa efisien mengurangi banjir di DAS Kedurus	1) 2)	HEC-RAS Arc GIS	- Peta Kedalaman Banjir di DAS Kedurus dampak penerapan RDTRK UP Wiyung - Persentase pengurangan banjir akibat Penerapan Rencana Tata Ruang Detail UP Wiyung
Merumuskan konsep tata ruang terkait pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase yang efektif dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus.	Merumuskan perbaikan terhadap rencana pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase yang efektif mengurangi banjir dan implementatif	1) 2)	HEC-RAS Arc GIS	- Peta perbaikan pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase - Peta Kedalaman Banjir di DAS Kedurus dampak perbaikan 3 instrumen yang di uji.

3.8 Tahap Analisis Data

3.8.1 Membangun Model Spasial Banjir Berdasarkan Kondisi Hidrologi

Eksisting yang Menyebabkan Banjir Di DAS Kedurus

Dalam sasaran 1 ini dibagi menjadi 3 tahapan besar dalam proses pembangunan model spasial banjir di DAS Kedurus yaitu pertama mengidentifikasi debit puncak DAS Kedurus, kedua proses koreksi geometri Sungai Utama Kedurus pada Digital Terrain Model Lidar Surabaya, ketiga membangun peta persebaran koefisien kekasaran Manning di DAS Kedurus, keempat permodelan spasial banjir di DAS Kedurus. Tahapan tersebut sesuai tahapan proses pemodelan spasial banjir yang dilakukan oleh (Ghifari, 2018).



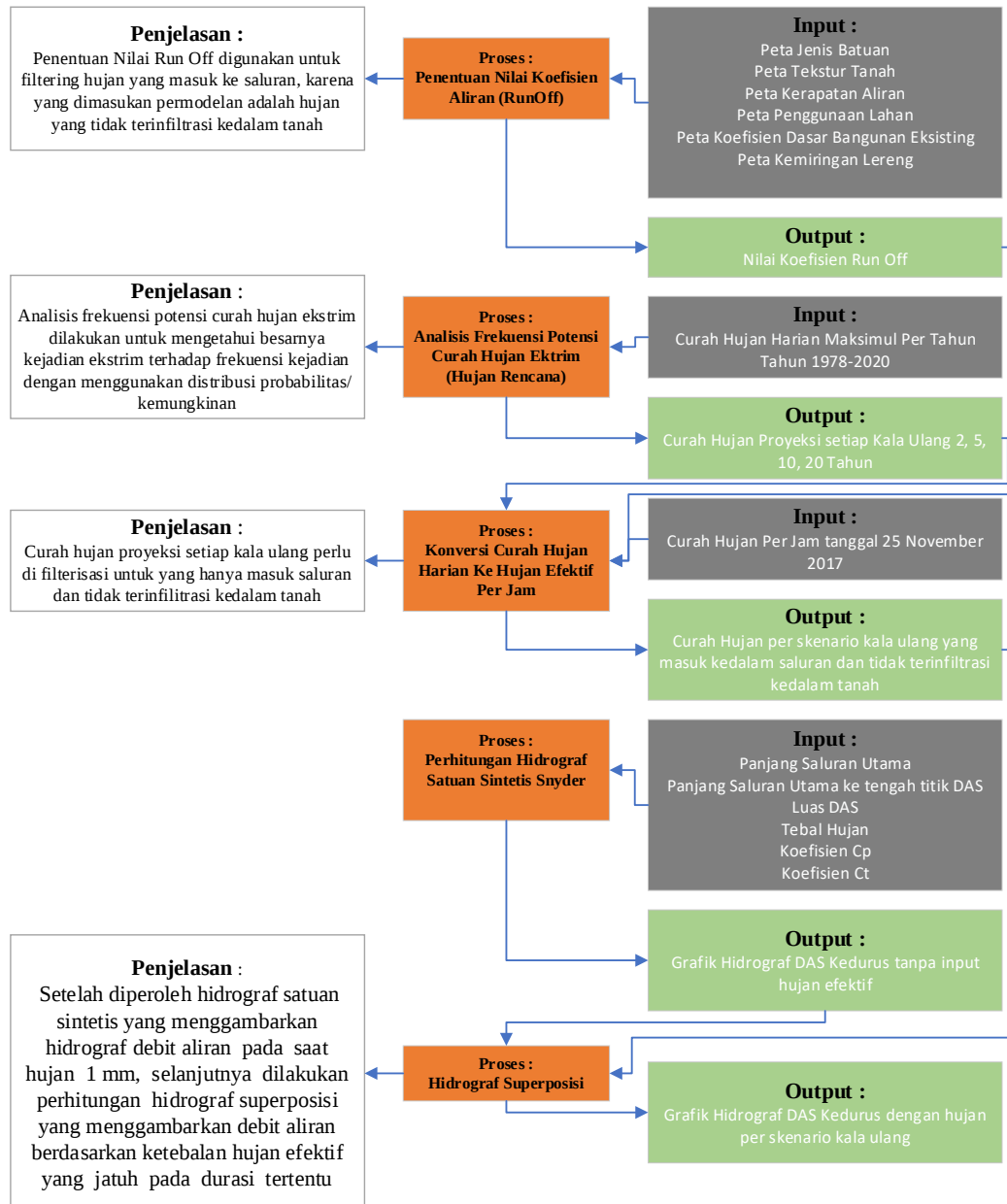
Gambar 3.1 Alur Proses Analisis Sasaran 1

Sumber : (Ghifari, 2018)

Beriku tahapan analisis data yang digunakan:

3.8.1.1 Identifikasi Debit Puncak DAS Kedurus

Identifikasi debit puncak atau Q_p diperlukan untuk mengetahui beban maksimal volume hujan yang terlimpas kedalam saluran. Karena tidak tersedia data pengukuran lapangan di sungai Kedurus terkait debit puncak ketika terjadi banjir, maka digunakan perhitungan hidrograf sintetis satuan untuk mengkonversi curah hujan kawasan penelitian menjadi debit puncak. Untuk lebih detailnya tahapan dalam identifikasi debit puncak di DAS Kedurus dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 3.2 Tahapan Identifikasi Debit Puncak di DAS Kedurus

a. Analisis Koefisien Aliran

Koefisien aliran merupakan faktor penting dalam penentuan debit puncak, karena tidak seluruh presipitasi yang jatuh di dalam DAS terkonversi menjadi debit sungai, terdapat peranan relief, infiltrasi tanah, dan kondisi tutupan lahan yang mempengaruhi persentase presipitasi yang terkonversi menjadi aliran (Asdak, 2002; Castillo, Gomez-Plaza, & Martinez-Mena, 2003; Viglione, Merz, Blöschl, & Sciences, 2009). Pada penelitian ini dipilih koefisien aliran *Cook* untuk menggambarkan persen curah hujan yang menjadi limpasan permukaan di

suatu daerah tangkapan air (Cook, 1946). Data-data masukan yang diperlukan dalam determinasi nilai koefisien Cook, adalah tutupan lahan, kemiringan lereng, tekstur tanah, dan kerapatan aliran (Loveridge, Rahman, & assessment, 2014; A. S. Rahman, Haddad, & Rahman, 2013). Masing-masing data masukan memiliki klasifikasi skor/harkat dan juga bobot perhitungan berdasarkan luas cakupannya. Berikut ini adalah klasifikasi nilai koefisien aliran cook pada masing-masing data masukan.

Tabel 3.7 Klasifikasi Nilai Koefisien Aliran Cook Berdasarkan Klasifikasi Tutupan Lahan

Penggunaan Lahan	Nilai Koefisien C
Area Terbuka	0.04
Fasilitas Kesehatan	0.05
Fasilitas Olahraga	0.05
Fasilitas Pendidikan	0.05
Fasilitas Peribadatan	0.05
Fasilitas Sosial	0.05
Fasilitas Transportasi	0.05
Hankam	0.05
Industri	0.08
Pariwisata	0.07
Perairan	0.01
Perkantoran dan Perekonomian	0.095
Perkebunan	0.017
Permukiman	0.06
Pertanian dan Peternakan	0.01
Transportasi	0.095

Sumber : (Linsley Jr, Kohler, & Paulhus, 1975; Meijerink, 1970; A. J. B. L. J. o. E. Rahman, 2013) yang disesuaikan dengan data penggunaan eksisting.

Tabel 3.8 Klasifikasi Nilai Koefisien Aliran Cook Berdasarkan Klasifikasi Kemiringan Lereng

Kelas Lereng	Konfigurasi Relief	Kemiringan Lereng (%)	Nilai Koefisien C
I	Datar	0 - < 5	0,28 – 0,35
II	Bergelombang	>5 - <10	0,20 – 0,28
III	Bergelombang terjal	>10 - <30	0,14 – 0,20
IV	Medan terjal dan kasar	> 30	0,08 – 0,14

Sumber : (Linsley Jr et al., 1975; Meijerink, 1970; A. J. B. L. J. o. E. Rahman, 2013)

Tabel 3.9 Klasifikasi Nilai Koefisien Aliran Cook Berdasarkan Klasifikasi Kemampuan Infiltrasi Tanah

Klasifikasi Infiltrasi Tanah	Jenis Tanah	Nilai Koefisien C
Tidak ada penutup tanah efektif, lapisan tanah tipis, kapasitas infiltrasi diabaikan	Aluvial, Planosol, Hidromorf Kelabu, Laterik Air Tanah	0,12 – 0,16
Tingkat infiltrasi rendah, tekstur tanah lempung atau tanah lain yang kapasitas infiltrasinya rendah	Latosol, Tanah Hutan Coklat, Tanah Mediteran	0,08 – 0,12
Normal, tekstur tanah geluh dan tingkat infiltrasi hampir sama dengan tipe perairan	Andosol, Laterik, Grumosol, Podsol, Podsollic	0,06 – 0,08
Tinggi, tanah dengan tekstur pasir atau tanah lain yang cepat meresap air	Regosol, Litosol, Organosol, Renzina	0,04 – 0,06

Sumber : (Linsley Jr et al., 1975; Meijerink, 1970; A. J. B. L. J. o. E.

Rahman, 2013)

Tabel 3.10 Klasifikasi Nilai Koefisien Aliran Cook Berdasarkan Klasifikasi Kerapatan Aliran

Kerapatan Aliran (km/km ²)	Kriteria	Klasifikasi	Nilai Koefisien C
>5	Tinggi	Depresi permukaan dangkal, daerah pengaliran curam, tidak ada rawa	0,12 – 0,16
>2 - <5	Rendah	Sistem drainase baik	0,08 – 0,12
>1 - <2	Normal	Normal, depresi permukaan dipertimbangkan, ada danau, empang, atau rawa <2% daerah pengaliran	0,06 – 0,08
<1	Diabaikan	Drainase jelek, timbunan air permukaan besar	0,04 – 0,06

Sumber : (Linsley Jr et al., 1975; Meijerink, 1970; A. J. B. L. J. o. E.

Rahman, 2013)

Tahap selanjutnya adalah dilakukan operasi tumpang susun aritmatika (Overlay Aritmatic) untuk menghasilkan nilai koefisien aliran keseluruhan (A. J. B. L. J. o. E. Rahman, 2013). Nilai koefisien aliran Metode Cook selanjutnya dapat diinterpretasikan berdasarkan klasifikasi berikut ini :

Tabel 3.11 Klasifikasi Nilai Koefisien Aliran Cook

Kelas	Kriteria	Nilai Koefisien C	Nilai Koefisien C (%)
I	Rendah	0,00 – 0,25	0 – 25
II	Normal	0,26 – 0,50	26 – 50
III	Tinggi	0,51 – 0,75	51 – 75

IV	Ekstrim	0,76 – 1,00	76 – 100
----	---------	-------------	----------

Sumber : (Meijerink, 1970)

Persentase yang ditunjukkan pada Tabel diatas merupakan persentase dari tebal hujan yang terkonversi menjadi aliran permukaan, dikarenakan sebagian dari tebal hujan yang jatuh terinfiltrasi ke dalam tanah.

3.8.1.2 Perhitungan Hujan Proyeksi

Perhitungan hujan rancangan merupakan serangkaian tahapan yang dimulai dari Analisis frekuensi curah hujan menggunakan parameter statistik, penentuan dan pengujian jenis sebaran yang sesuai, serta perhitungan curah hujan harian maksimum untuk hujan rancangan pada kala ulang tertentu. Analisis parameter statistik frekuensi curah hujan dilakukan dengan pengukuran dispersi, melalui perhitungan parameter seperti $(X_i - \bar{X})$, $(X_i - \bar{X})^2$, $(X_i - \bar{X})^3$, $(X_i - \bar{X})^4$ yang dilakukan untuk jenis distribusi Normal dan Gumbel (Z. J. J. T. S. I. Syofyan, 2014). Sedangkan untuk pengukuran dispersi pada metode Log-Normal dan Log-Pearson III, digunakan perhitungan parameter statistic logaritma seperti $(\log X_i - \log \bar{X})$, $(\log X_i - \log \bar{X})^2$, $(\log X_i - \log \bar{X})^3$, $(\log X_i - \log \bar{X})^4$ (Z. J. J. T. S. I. Syofyan, 2014). Parameter-parameter yang akan diukur adalah rata-rata hitung, simpangan baku (S), Koefisien Kurtosis (Ck), Koefisien Skewness (Cs), dan Koefisien Variasi (Cv) (Z. J. J. T. S. I. Syofyan, 2014). Selanjutnya data hujan yang digunakan sebagai masukan dalam pengukuran dispersi adalah data hujan harian maksimum dari Stasiun Meteorologi Maritim Perak II Surabaya. Selanjutnya dilakukan penentuan jenis sebaran berdasarkan persyaratan pada masing-masing metode analisis frekuensi.

Tabel 3.12 Persyaratan Pada Beberapa Metode Analisis Frekuensi Curah Hujan

Jenis Sebaran	Syarat
Distribusi Normal	$C_k \sim 3$; $C_s \sim 0$
Distribusi Log-Normal	$C_v \sim 0.06$; $C_s \sim 3C_v + C_v^2$
Distribusi Gumbel	$C_s \sim 1.1396$; $C_k \sim 5.4002$
Distribusi Log-Pearson III	$C_s \sim 0$; $C_v \sim 0.05$

Sumber : (Soemarto, 1999)

Selanjutnya dilakukan pengujian kecocokan sebaran pada metode-metode distribusi yang memenuhi persyaratan. Terdapat dua cara untuk melakukan pengujian kecocokan sebaran, yakni dengan metode Chi-Square dan metode

Smirnov-Kolmogorov. Apabila sebuah metode sebaran memenuhi syarat dan lolos uji kecocokan sebaran, maka metode tersebut yang akan diproses dalam penentuan curah hujan rancangan. Perhitungan curah hujan rancangan dilakukan pada Periode ulang yang dihitung pada masing-masing metode analisis frekuensi curah hujan adalah periode ulang 2, 5, 10, 20, dan 50 tahun, dikarenakan data curah hujan yang tersedia memiliki rentan waktu 30 tahun. Berikut ini merupakan formula perhitungan hujan rancangan pada metode distribusi normal, distribusi LogNormal, distribusi gumbel, dan distribusi Log-Pearson III.

Rumus metode Distribusi Normal (Harto, 1993)

$$X_T = \bar{X} + K_T S$$

Dengan keterangan:

- XT : Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T
- X : Nilai rata-rata hitung variat
- S : Deviasi standar nilai variat
- KT : Faktor frekuensi

Rumus metode distribusi Log Normal (Harto, 1993)

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S$$

Dengan keterangan:

- YT : Perkiraan nilai ang diharapkan terjadi dengan periode ulang T
- Y : Nilai rata-rata hitung variat
- S : Deviasi standar nilai variat
- KT : Faktor frekuensi

Rumus metode Distribusi Log Pearson Tipe III (Iqra, 2017) :

$$Y_T = \bar{Y} + K.s$$

Dengan keterangan:

- YT : Perkiraan nilai ang diharapkan terjadi dengan periode ulang T
- Y : Nilai rata-rata hitung variat
- S : Deviasi standar nilai variat
- K_G : variabel standar untuk X yang besarnya tergantung nilai koefisien G

Rumus metode Distribusi Gumbel (Upomo & Kusumawardani, 2016)

$$X_T = \bar{X} + S \times K$$

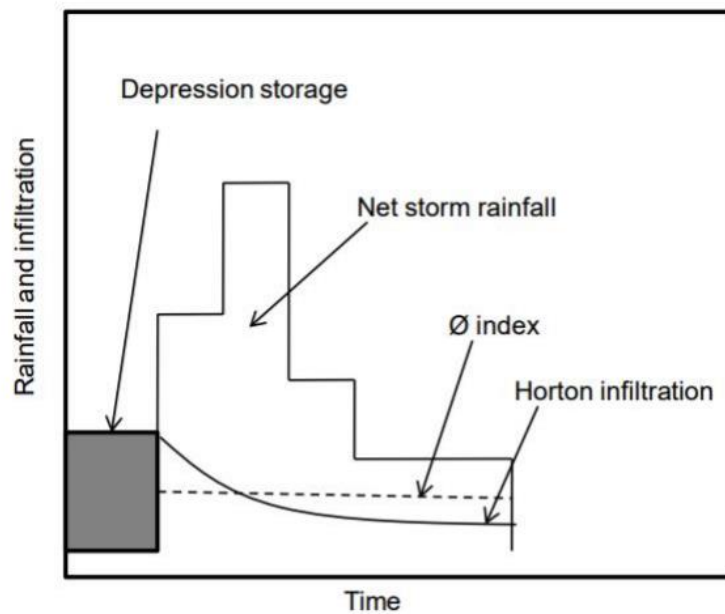
$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

Dengan keterangan:

- X_T : hujan rencana (mm)
 $\bar{X}$: nilai rata-rata dari hujan
 S : Standar deviasi dari data hujan
 K : Faktor frekuensi Gumbel
 Y_t : reduced variate (lampiran tabel)
 S_n : reduced standar (lampiran tabel)
 Y_n : reduced mean (lampiran tabel)

b. Analisis Hujan Efektif Per Jam

Nilai hujan efektif yang dihasilkan berdasarkan koefisien aliran, merupakan nilai hujan harian, oleh karena itu perlu dilakukan konversi menjadi distribusi hujan per jam. Persentase distribusi hujan per jam didasarkan pada perhitungan hujan per jam yang telah ada pada stasiun terdekat dari wilayah penelitian, sehingga diharapkan memiliki pola curah hujan yang sama dengan pola curah hujan di wilayah penelitian (Prasetyo, 2009). Dikarenakan pada stasiun-stasiun pengamatan hujan yang terletak di dalam DAS Kedurus, hanya mengumpulkan tebal hujan harian. Berdasarkan pola tersebut, dapat diketahui sebaran hujan per jam pada hujan wilayah dan hujan rancangan. Kemudian perhitungan hujan efektif menggunakan metode indeks Phi (Φ), yakni mencari hujan efektif, dengan menemukan terlebih dahulu perbedaan persentase koefisien aliran terhadap tebal hujan harian. Sehingga digunakan asumsi bahwa kemampuan infiltrasi adalah konstan (Hromadka, 1996). Terdapat metode lain seperti metode infiltrasi Horton, namun memerlukan pengukuran kapasitas infiltrasi dan konstanta empirik untuk dapat menghasilkan kurva infiltrasi yang dapat menggambarkan nilai hujan efektif, sehingga kurang sesuai digunakan pada penelitian ini dikarenakan keterbatasan data yang tersedia. Ilustrasi metode indeks Φ dan metode Horton dapat dilihat pada Gambar dibawah.



Gambar 3.3 Ilustrasi Metode Indeks Ø Dan Metode Horton dalam Penentuan Hujan Efektif

Sumber :(Hromadka, 1996)

c. Perhitungan Hidrograf Aliran

Nilai debit puncak dihitung melalui persamaan hidrograf satuan sintetis Snyder. Metode ini digunakan karena luas DAS dalam penelitian ini > 1000 km² dan bukan berada di kawasan urban, serta memiliki data curah hujan dan debit yang terbatas. Metode HSS Snyder memiliki persamaan sebagai berikut (Gray, 1970; Chow. *et al*, 1988; Bedient. *et al*, 1992):

$$t_p = 0,75 \cdot C_t \cdot (L \cdot L_c)^{0,3} \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$t_r = \frac{t_p}{5,5}$$

..... (5)

$$Q_p = 2,75 \cdot \frac{C_p \cdot A}{t_p}$$

(6)

$$T_b = 72 + 3 \cdot t_p \text{ atau } T_b = \frac{5,56}{q_{pR}}$$

..... (7)

Dengan Keterangan:

- t_p : waktu kelambatan (time lag) (jam)
 Q_p : debit puncak (m³/detik)
 T_b : waktu dasar (jam)
 q_{pR} : debit per satuan luas (m³/detik/km²)
 A : luas DAS (km²)
 L : panjang aliran sungai utama (km)
 L_c : panjang sungai utama diukur dari outlet ke mendekati titik berat DAS (km)
 C_p : Koefisien Aliran berdasarkan morfometri DAS
 C_t : Koefisien Snyder berdasarkan kelerengan DAS

Hidrograf sintetis Snyder mengalami beberapa modifikasi untuk versi yang digunakan di Indonesia, dikarenakan penyesuaian terhadap kondisi daerah aliran sungai di Indonesia (Soemarto, 1999). (Natakusumah, Hatmoko, & Harlan, 2011). Nilai koefisien C_p dan C_t ditentukan secara empirik dan berdasarkan luas DAS, melalui klasifikasi seperti yang ditampilkan pada tabel dibawah :

Tabel 3.13 Klasifikasi Nilai Koefisien C_p dan C_t berdasarkan Luas DAS

Luas DAS (km ²)	C_t	C_p
0-50	~ 1,10	~ 0,69
50-300	~ 1,25	~ 0,63
> 300	~ 1,40	~ 0,56

Sumber : (McEnroe, Wade, & Smith, 1999; Miller & Landforms, 1990)

Berdasarkan perhitungan diatas model HSS Snyder menghasilkan hidrograf satuan sintetis yang berbentuk segitiga, sehingga perlu penyempurnaan bentuk hidrograf melalui persamaan Alex Seyev.

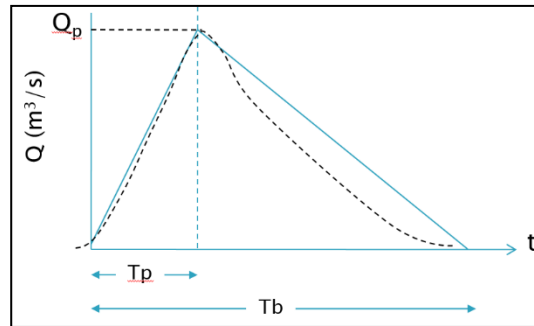
$$Q = Q_p \times 10^{\frac{-a(1-x)^2}{x}} \dots \dots \dots (8)$$

$$x = \frac{t}{T_p} \dots \dots \dots (9)$$

Dengan Keterangan:

- T_p : waktu mencapai debit puncak (jam)
 t : waktu (jam)
 Q_p : debit puncak (m³/detik)

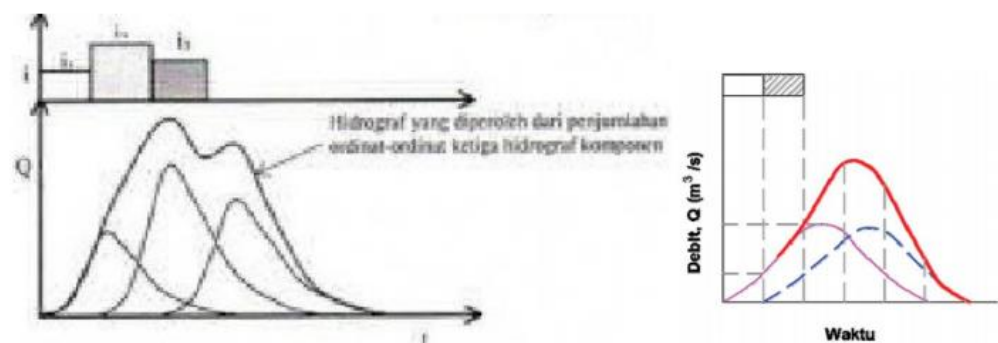
Setelah dilakukan penyempurnaan, bentuk hidrograf akan tampak seperti ilustrasi berikut ini :



Gambar 3.3. Ilustrasi Hidrograf HSS Snyder dengan Penyempurnaan Alex Seyer
(Sumber: (BSN, 2016))

3.8.1.3 Perhitungan Hidrograf Superposisi

Oleh karena prinsip hidrograf satuan adalah memodelkan debit banjir pada kondisi hujan efektif 1 mm, maka untuk mendapatkan nilai debit puncak yang sesuai dengan hujan efektif, dilakukan perhitungan hidrograf. superposisi. Perhitungan hidrograf superposisi merupakan metode yang disarankan untuk menghitung debit banjir dari data hujan harian maksimum apabila data yang tersedia hanya berupa data hujan dan karakteristik DAS (Natakusumah et al., 2011; Ramirez, de Campos Velho, & Ferreira, 2005; Subramanya, 2013). Prinsip hidrograf superposisi yaitu hidrograf limpasan langsung gabungan yang disebabkan oleh beberapa kejadian hujan pada waktu (t) yang berbeda, merupakan penjumlahan dari tiap-tiap hidrograf satuan.



Gambar 3.4 Konversi Hujan Per Jam Menjadi Hidrograf Superposisi

Sumber : (BSN, 2016; Soemarto, 1999)

Hidrograf Superposisi yang didapatkan melalui perhitungan ini merupakan Hidrograf Superposisi pada outlet segmen DAS Kedurus yang merupakan outlet dari seluruh Sub DAS yang berada di segmen DAS Hulu. Outlet tersebut akan

didefinisikan sebagai inlet pada pemodelan hidrolika. Sehingga proses ini dilakukan pada Segmen Hulu yang outletnya berbatasan dengan Inlet Segmen Hilir yang terdampak banjir, yakni pada Sub DAS Kedurus.

Data debit ini selanjutnya menjadi input pada pemodelan hidrolika di perangkat lunak HECRAS. Luas Sub DAS yang terdampak banjir berdasarkan kejadian banjir terakhir di tahun 2017 dan menjadi deleniaasi wilayah analisis di HECRAS adalah 70 Km.

3.8.1.4 Koreksi Digital Terrain Model Lidar Surabaya dengan Penampangan Sungai Lapangan

Data DTM dari Lidar Surabaya dengan resolusi 0.33 x 0.33 meter diolah menjadi variabel kondisi topografi sebagai input pemodelan hidrolika di HEC RAS dan juga sebagai variabel karakteristik DAS dalam pengolahan data debit. Hasil DEM Lidar 0.33 x 0.33 meter dari Dinas Perumahan Rakyat, Kawasan Permukiman dan Cipta Karya Surabaya digunakan karena memiliki akurasi vertikal yang cukup baik (0.33 m) dikoreksi dengan data penanmpangan lapangan dari penelitian (Purwitaningsih, 2017). Pemodelan hidrolika, data DTM diolah menjadi layout sungai (tampak atas sungai dan penampang melintang sungai).

3.8.1.5 Membangun peta persebaran koefisien kekasaran Manning

Dalam pemodelan banjir dipelrukan koefisien kekasaran Manning yang menunjukkan hubungan antara kelas penggunaan lahan dengan proses terjadinya banjir. koefisien kekasaran manning menunjukkan besaran suatu jenis penggunaan lahan mampu menahan laju limpasan air, semakin kasar nilai koefisien manning maka semakin baik kelas penggunaan lahan dalam menahan laju banjir.(Yang et al., 2016). Di karenakan sebelumnya tidak ada penelitian tentang identifikasi nilai koefisien kekasaran Manning di wilayah penelitian, maka digunakan referensi secara global untuk menilai koefisien kekasaran Manning di wilayah penelitian. Literatur yang digunakan dalam justifikasi koefisien kekasaran Manning di DAS Kedurus adalah dari (Guo, Han, & Bai, 2010; Li & Zhang, 2001) sebagai berikut :

Tabel 3.14 Tabel Referensi Koefisien Manning

Penggunaan Lahan

Landuse Classification	roughness coefficient
Urban land (incl. rural road, town land, rural residence and mining land, highway)	0.016
Bare land (incl. saline alkali land, swamp, sand land, bare rock, construction site and threshing ground)	0.025
Water surface (incl. river, lake, reservoir, aquaculture)	0.027
Grassland (incl. reed and mudflat)	0.030
Cultivated land (incl. pasture, irrigation and water conservancy works, ridge, confined feeding operations and green house)	0.035
Heavy brush	0.075
Forest	

Sumber : (Guo et al., 2010; Li & Zhang, 2001)

Nilai koefisien kekasaran Manning tidak langsung digunakan, akan tetapi dikombinasikan dengan koefisien dasar hijau. Hal ini karena dari suatu blok penggunaan lahan tidak seluruhnya terbangun, ada rasio keterbangunannya yang diukur dengan koefisien dasar hijau.

3.8.1.6 Pemodelan Spasial Banjir

Tahap ini merupakan tahap modeling bahaya banjir. Input data adalah hasil analisis debit dengan metode HSS Snyder, data layout sungai dan data topografi yang diolah dari data DEM. Penyiapan data masukan dan keluaran pada Perangkat Lunak HEC-RAS, digunakan ekstensi HEC-GeoRAS pada Perangkat Lunak ArcGIS. Ekstensi ini mampu membuat data masukan berupa data geometrik yang berasal dari DEM yang telah berformat TIN. Data geometrik yang dihasilkan adalah garis tengah aliran sungai, penggal sungai (reach), tebing sungai, arah aliran sungai dan penampang melintang sungai. Selain itu, nilai koefisien *manning* juga diinput melalui ekstensi ini. Data-data tersebut melalui HEC-GeoRAS akan dikemas menjadi sebuah file berformat RAS, sebagai masukan data geometrik di HEC-RAS (USACE, 2016)

Selanjutnya dilakukan pemodelan hidrolika melalui HEC-RAS. Analisis hidrolika terdapat dua jenis aliran, yakni *Steady Flow* dan *Unsteady Flow*. *Steady flow* adalah aliran yang komponen inputnya yaitu kecepatan aliran dan debit, tidak berubah terhadap waktu, sedangkan *Unsteady Flow* merupakan aliran yang komponen inputnya berubah terhadap waktu (Chow & Kao, 1992) Berdasarkan input data yang tersedia yakni data debit jam-jaman hasil HSS Snyder-Alex Seyer,

maka metode yang digunakan adalah metode aliran *Unsteady Flow*. Metode *Steady Flow* tidak direkomendasikan untuk pemodelan bahaya banjir karena akan terjadi *Over Estimate* pada model yang dihasilkan. Kondisi-kondisi lainnya dijelaskan melalui asumsi pemodelan hidrolika yang disajikan pada tabel dibawah.

Tabel 3.5 Asusmsi Dalam Analisis Hidrolika Bahaya Banjir

Asumsi Pemodelan Hidrolika	
1	Penampang sungai dimodelkan berdasarkan ekstraksi dari data DEM pada sepanjang sungai yang mengalir pada wilayah terdampak bencana banjir
2	Angka koefisien <i>manning</i> disesuaikan dengan kondisi eksisting sungai (SNI 2830:2008), berdasarkan penampakan pada citra satelit dan data dokumentasi lapangan
3	Debit yang digunakan adalah hasil analisis debit melalui HSS Snyder-Alex Seyev
4	Metode kedalaman kritis sebagai kondisi batas
5	Pemodelan aliran sungai dilakukan dengan metode <i>Unsteady Flow</i>
6	Dalam pemodelan dipilih tipe aliran <i>mixed</i> , yang merupakan gabungan antara tipe aliran subkritis dan superkritis

Keluaran yang dihasilkan dari HEC-RAS berupa profil aliran pada setiap penampang melintang sungai, sehingga dapat diketahui karakteristik banjir genangan yang terjadi (USACE, 2001). Hasil dari Perangkat Lunak HEC-RAS tersebut selanjutnya dikonversikan melalui ekstensi HEC-GeoRAS menjadi informasi spasial berupa sebaran lokasi terdampak, luasan dan kedalaman banjir (USACE, 2001).

Selanjutnya model bahaya banjir yang dihasilkan dapat divalidasi melalui survei riwayat ketinggian banjir di wilayah penelitian. Model bahaya banjir yang akan didapatkan, selanjutnya diekspor menjadi format ESRI shapefile. Model bahaya banjir disajikan dalam bentuk zonasi bahaya banjir berdasarkan tingkat kedalaman genangan. Klasifikasi tinggi genangan banjir yang digunakan adalah berdasarkan (Anna & Cholil, 2011; Coto, 2002; FEMA, 2014) disajikan pada tabel dibawah.

Tabel 3.15 Tingkat Bahaya Banjir Berdasarkan Ketinggian Genangan

Ketinggian Genangan	Keterangan	Interpretasi
0 cm	Aman	Tidak ada gangguan dan ancaman
> 0 - 10 cm	Tingkat bahaya rendah	Terganggunya akses sosial ekonomi
> 10 - 50 cm	Tingkat bahaya menengah	
> 50 - 100 cm	Tingkat bahaya agak tinggi	Terganggunya kesehatan manusia dan akses sosial ekonomi
> 100 - 150 cm	Tingkat bahaya tinggi	

Ketinggian Genangan	Keterangan	Interpretasi
> 150 cm	Ekstrim	Dapat menyebabkan kehilangan jiwa, terganggunya kesehatan manusia dan terganggunya akses sosial dan ekonomi

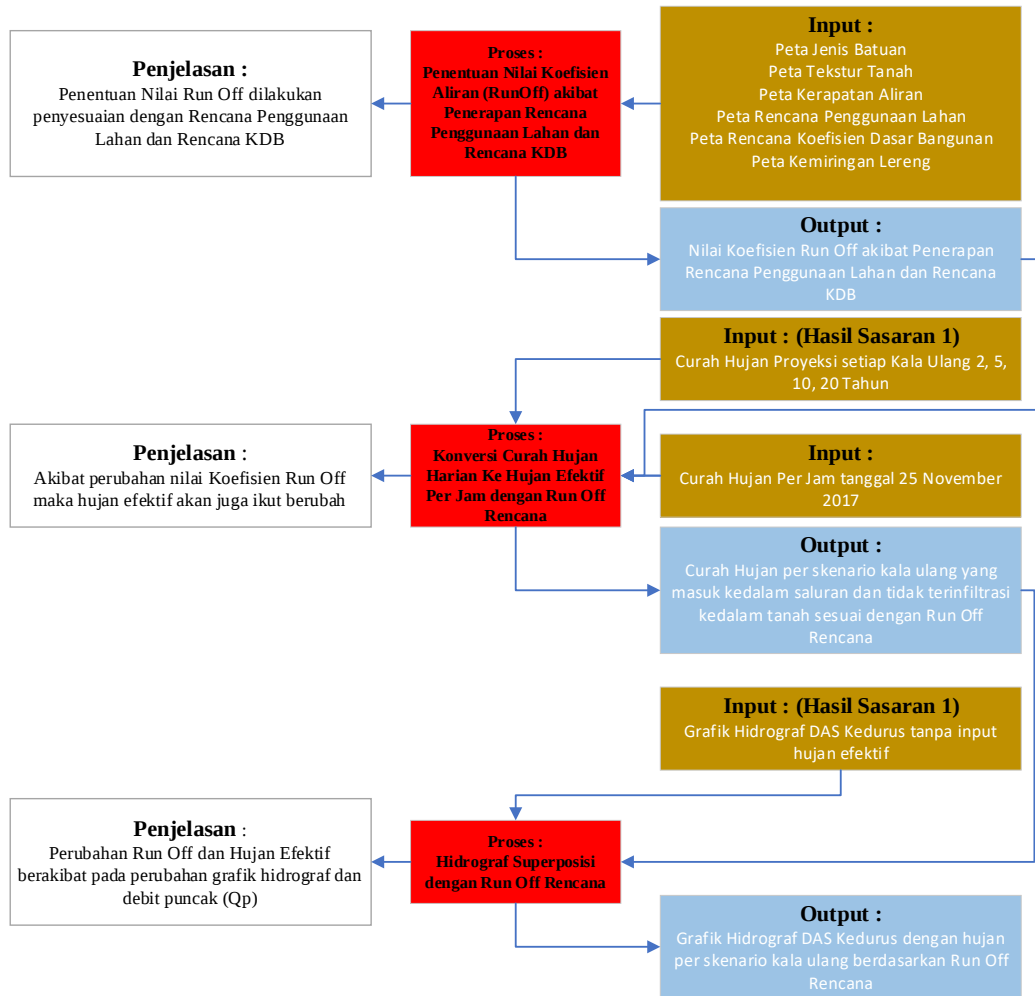
Sumber : (Anna & Cholil, 2011; Coto, 2002; FEMA, 2014)

3.8.2 Mengevaluasi pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase yang ada dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus.

Setelah didapatkan model spasial banjir dengan parameter kondisi eksisting. Kemudian dilakukan evaluasi perencanaan terkait pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase. Dokumen perencanaan yang di acu untuk pengaturan penggunaan lahan adalah Rencana Detail Tata Ruang Unit Pengembangan Wiyung dengan walidata Dinas Perumahan Rakyat Kawasan Permukiman dan Cipta Karya Tata Ruang Kota Surabaya. Sedangkan untuk sistem drainase menggunakan dokumen Surabaya Drainage Management Plant dengan walidata Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematusan. Secara umum tahapan pada sasaran ini sama dengan sasaran 1, akan tetapi dilakukan penyesuaian dengan kondisi rencana sesuai dokumen yang diacu. tahapan 1 merupakan identifikasi debit puncak akibat penerapan Rencana Penggunaan Lahan dan Rencana KDB, tahapan 2 merupakan koreksi geometri sungai utama Kedurus berdasarkan rencana penampang sungai pada Surabaya Drainage Management Plan, tahapan 3 merupakan membangun peta persebaran koefisien kekasaran *mannig* berdasarkan Rencana Penggunaan Lahan dan Rencana KDB dan tahapan terakhir adalah pemodelan spasial banjir DAS Kedurus untuk evaluasi rencana penggunaan lahan, rencana KDB dan rencana saluran drainase.

3.8.2.1 Identifikasi Debit Puncak Akibat Penerapan Rencana Penggunaan Lahan dan Rencana Koefisien Dasar Bangunan

Identifikasi debit puncak dilakukan untuk mengetahui beban debit yang di akibatkan penerapan rencana penggunaan lahan dan rencanan koefisien dasar bangunan. Alat analisis yang digunakan sama dengan pada sasaran 1 tetapi hanya merubah 3 tahap, selebihnya menggunakan hasil pada sasaran 1. Untuk lebih detailnya tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 3.5 Alur Tahapan Pada Sasaran 2

3.8.2.1.1 Penentuan Nilai Koefisien Aliran (RunOff) akibat Penerapan Rencana Penggunaan Lahan dan Rencana Koefisien Dasar Bangunan

Penentuan Koefisien Aliran Runoff pada tahapan ini menggunakan pendekatan sama dengan sasaran 1 yaitu koefisien aliran Cook. Dari 4 parameter, 3 parameter menggunakan klasifikasi pembobotan yang sama dengan sasaran 1. Hanya parameter tutupan vegetasi yang disesuaikan dengan rencana penggunaan lahan dan rencana dasar bangunan. Acuan nilai koefisien run off untuk setiap kelas rencana penggunaan lahan berasal dari (McCuen, 1989). Dari nilai Runoff setiap klasifikasi rencana penggunaan lahan, kemudian dikalikan dengan rencana koefisien dasar bangunan per blok rencana penggunaan lahan. Berikut hasil penyesuaian klasifikasi dan pembobotan tutupan vegetasi berdasarkan rencana penggunaan lahan.

3.8.2.1.2 Konversi Curah Hujan Harian Ke Hujan Efektif Per Jam dengan Run Off Rencana

Perubahan nilai koefisien run off akan berdampak pada hujan efektif yang masuk ke saluran. Pada tahap ini dilakukan perhitungan ulang terhadap nilai hujan efektif dan Index Ø. Hujan efektif didapatkan dengan mengalikan koefisien run off dengan curah hujan. Sedangkan index Ø dengan mengurangi curah hujan harian hingga mencapai nilai hujan efektif.

3.8.2.1.3 Hidrograf Superposisi dengan Run Off Rencana

Perubahan hujan efektif akan mempengaruhi grafik hidrograf superposisi dan debit puncak (Qp) per scenario kala ulang. Perubahannya akan terjadi pada hujan efektif per jamnya. Semakin besar hujan efektif per jam akan berdampak pada debit per jamnya dan debit puncaknya.

3.8.2.2 Koreksi Geometri Sungai Utama Kedurus Berdasarkan Rencana Penampang Sungai pada Surabaya Drainage Management Plan

Rencana Penampang Sungai pada SDMP 2018 akan aplikasikan pada data Digital Terrain Model Lidar Surabaya 0.33 x 0.33 meter. Aplikasi SDMP dalam DTM menggunakan Cross Section Editor pada Software HEC RAS 5.0 . Nilai pada *section* yang akan dirubah sesuai dengan nilai pada SDMP 2018.

3.8.2.3 Membangun peta persebaran koefisien kekasaran manning berdasarkan Rencana Penggunaan Lahan dan Rencana Koefisien Dasar Bangunan

Koefisien kekasaran manning akan dibuat berdasarkan data rencana penggunaan lahan dan koefisien dasar hijau. Untuk nilai koefisien kekasaran manning per kelas rencana penggunaan lahan akan mereferensi pada (Guo et al., 2010; Li & Zhang, 2001). Selanjutnya nilai tersebut akan dikalikan dengan koefisien dasar hijau karena semakin besar lahan non terbangun semakin besar nilai koefisien dasar hijau.

3.8.2.4 Pemodelan Spasial Banjir DAS Kedurus Untuk Evaluasi Rencana Penggunaan Lahan, Rencana Koefisien Dasar Bangunan Dan Rencana Saluran Drainase.

Koefisien kekasaran manning akan dibuat berdasarkan data rencana penggunaan lahan dan koefisien dasar hijau. Untuk nilai koefisien kekasaran

manning per kelas rencana penggunaan lahan akan mereferensi pada (Guo et al., 2010; Li & Zhang, 2001). Selanjutnya nilai tersebut akan dikalikan dengan koefisien dasar hijau karena semakin besar lahan non terbangun semakin besar nilai koefisien dasar hijau.

3.8.2.5 Pemodelan Spasial Banjir DAS Kedurus Untuk Evaluasi Rencana Penggunaan Lahan, Rencana Koefisien Dasar Bangunan Dan Rencana Saluran Drainase.

Pada tahap terakhir ini menggunakan pengaturan untuk software HEC RAS 5.0 sama dengan sasaran 1 pada sub bab 4.2.4. Perbedaan pengaturan hanya pada nilai grafik hidrograf disesuaikan dengan Run Off Rencana, Terrain model menggunakan hasil koreksi DTM dengan SDMP 2018 dan peta koefisien manning menggunakan data rencana penggunaan lahan dan koefisien dasar bangunan.

3.8.3 Merumuskan konsep tata ruang dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus

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 :

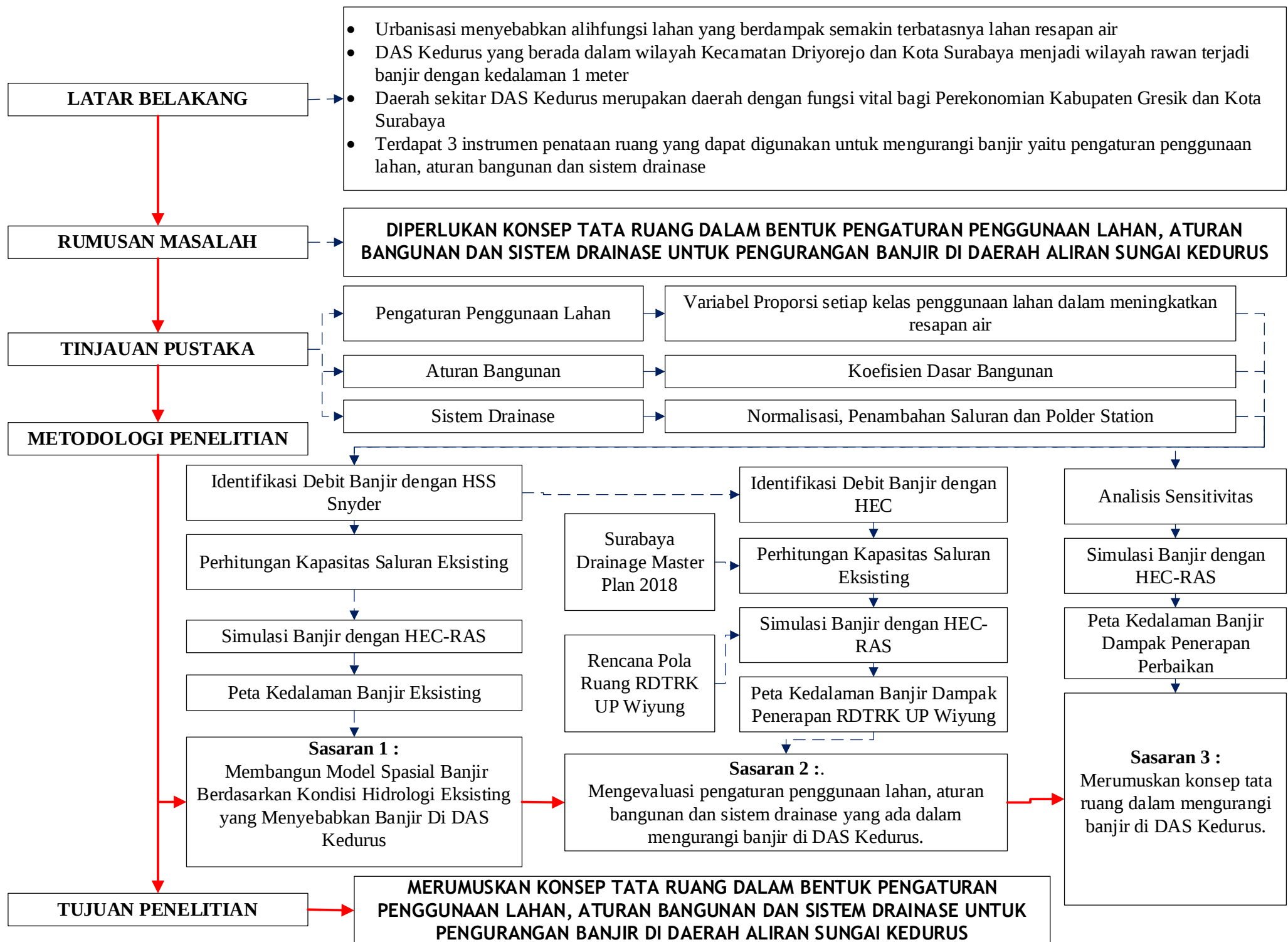
1. Menetapkan parameter untuk mengetahui dampak-dampak yang dihasilkan apabila terjadi perubahan variabel. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi banjir, oleh karena itu, parameter yang digunakan adalah 3 variabel utama yang digunakan yaitu : penggunaan lahan, aturan bangunan (KDB) dan saluran drainase.
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). Variabel intensitas penggunaan lahan, koefisien dasar bangunan dan kapasitas saluran drainase akan dirubah sebesar 15% dari kondisi eksisting saat ini. Pada variabel intensitas penggunaan lahan akan di naikan luasan penggunaan lahan pertanian atau area terbuka menjadi 15%. Variabel koefisien dasar bangunan akan diturunkan menjadi 15% untuk lahan terbangun. Variabel kapasitas sungai akan di tingkatkan menjadi 15%. Selain

meningkatkan variabel juga dilakukan pengujian sensitivitas kombinasi variable. Kombinasi pertama adalah pada variabel intensitas penggunaan lahan meningkatkan lahan pertanian dan area terbuka sebesar 15% dan pada variable koefisien dasar bangunan diturunkan sebesar 15% pada lahan terbangun. Selanjutnya kombinasi kedua adalah variabel intensitas penggunaan lahan meningkatkan lahan pertanian dan area terbuka sebesar 15% dan pada variable koefisien dasar bangunan diturunkan sebesar 15% pada lahan terbangun serta pada variabel kapasitas saluran drainase dinaikan sebesar 15%. Hasil dari tahap ini adalah dampak perubahan variable pada hasil permodelan baik dalam hal nilai koefisien Run Off, Debit Puncak dan Luas Genangan. Sehingga diketahui variabel mana yang diprioritas dengan dampak paling signifikan untuk mengurangi banjir.

Pengujian Sensitivitas	Parameter Perubahan	Perubahan Dilakukan
1	Intensitas Penggunaan Lahan	Menaikan Luas Pertanian dan Area Terbuka seluas 15% dari kondisi saat ini
2	Koefisien Dasar Bangunan	Menurunkan KDB Lahan Terbangun seluas 15% dari kondisi saat ini
3	Kapasitas Saluran Drainase	Meningkatkan kapasitas saluran drainase sebesar 15% dari kondisi saat ini
4	Penggunaan Lahan Dan Koefisien Dasar Bangunan Serta Saluran Drainase	Menaikan Luas Pertanian dan Area Terbuka seluas 15% dari kondisi saat ini dan menurunkan KDB Lahan Terbangun seluas 15% dari kondisi saat ini serta meningkatkan kapasitas saluran drainase sebesar 15% dari kondisi saat ini

3. Tahap terakhir adalah menyusun konsep penanganan banjir berdasarkan 3 variabel tersebut yang logis untuk dilakukan berdasarkan dampak yang paling besar dalam mengurangi banjir.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

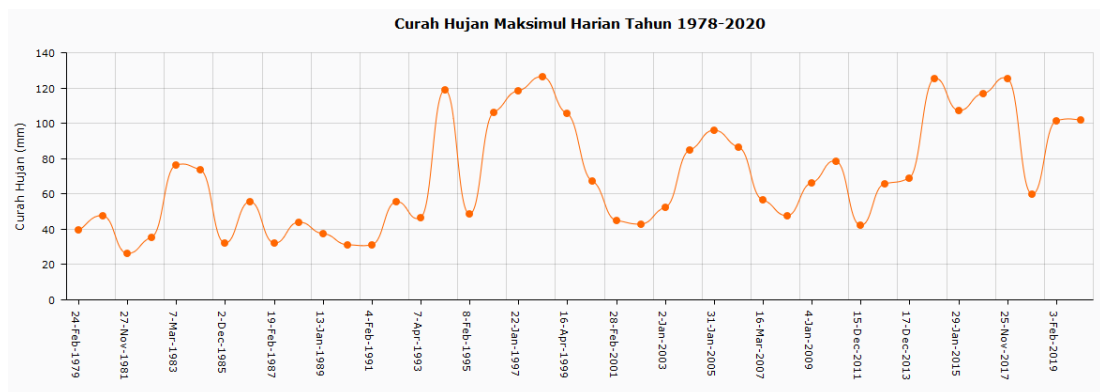
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

4.1.1 Kondisi Curah Hujan

Kondisi curah hujan kawasan penelitian di ambil dari Stasiun Meteorologi Maritim Perak I Surabaya, karena stasiun pengukuran ini berada pada lokasi paling dekat dengan kawasan dan berhasil merekam data curah hujan per jam saat terjadi banjir pada tanggal 25 November 2017. Berikut kondisi curah hujan maksimum harian per tahun wilayah penelitian dari tahun 1979 hingga 2020.



Gambar 4.1 Kondisi Curah Hujan Maksimum Harian Per Tahun Wilayah Penelitian Dari Tahun 1979 Hingga 2020

Sumber : Stasiun Meteorologi Maritim Perak I Surabaya, 2020

Dari tabel dan grafik diatas diketahui bahwa dari tahun 1979 hingga tahun 2020, curah hujan maksimum harian pertahun mengalami fluktuatif. Curah hujan maksimum harian ektrim dalam artian memiliki curah hujan maksimum harian diatas 100 mm adalah pada tahun 1994, 1996, 1997,1998, 2014, 2015, 2016, 2017, 2019, 2020. Pola tersebut menunjukkan terjadinya proses kala ulang curah hujan. Selain itu pola yang terjadi dari data diatas menunjukkan bahwa semakin tahun curah hujan semakin tinggi salah satunya disebabkan oleh pemanasan global.

4.1.2 Kondisis Banjir Eksisting

Kondisi banjir eksisting didapatkan dari survei genangan tahun 2017 dokumen Surabaya Drainage Management Plant 2018 yang menunjukkan hasil

luas, lama dan tinggi genangan di wilayah penelitian yang ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Indikator Genangan Wilayah Wiyung

No	Lokasi Genangan	Hasil survey 2017		
		Luas (Ha)	Tinggi (cm)	Lama (menit)
1	Gunungsari dan sekitarnya	54.50	15	18
2	Jl. Gunungsari	15.00	12	15
3	Jl. Mayjend Sungkono - Darmo park I	1.55	10	30
4	Dukuh Karangan Jaya (I,II,III dan dukuh karangan pdam)	21.00	60	120
5	Jl. Kebraon II	0.04	10	60
6	Jl. Mayjend. Sungkono - POM bensin	0.36	10	60
7	Jl. Lidah Wetan Gg. II	8.20	15	60
8	Jl. Abdul Wahab Siamin	0.07	35	60
9	Jl. Wiyung V - VI	15.00	80	120
10	Jl. Griya Babatan	3.00	15	60
11	Jl. Hayam Wuruk	0.25	10	60
12	Jl. Kesatrian	0.09	15	30
13	SMP 40	0.19	20	60
14	Jl. Adityawarman	0.99	10	180
15	Jl. Mayjend Sungkono - makam pahlawan	0.01	10	30
16	Jl. Brawijaya	0.04	15	18
17	Jl. Kedurus I - IV	127.00	10	60
18	Jl. Lakarsantri RW 1	0.05	30	120
19	Jl. Jajar Tunggal	1.09	15	120
20	Pakis Argosari	0.23	20	30
21	Jl. Lontar Lidah Kulon	0.31	10	60
22	Perum. Lembah Harapan	0.34	10	60
23	Jl. Karangpilang Kesatria	0.07	10	30
24	Jl. Lakarsantri (jembatan perbatasan)	0.14	30	60
25	Jl Gajah Mada Baru sampai Yon Raider	0.06	20	120
26	Perum. Pondok Rosan	0.50	20	60
27	Perum. GSI	1.23	10	60
28	Jl. Wiyung RW II	0.14	10	60
29	Jl. Warugunung	0.05	15	30
30	Jl. Banjar Melati	0.21	15	30
31	Jl. Bangkingan	0.06	20	120
TOTAL		251.77	587.00	2001.00

RATA RATA	18.94	64.55
------------------	--------------	--------------

Sumber : Surabaya Drainage Management Plant 2018

Dari tabel diatas diketahui bahwa selama rekaman data tahun 2017, di area wiyung banjir menyebabkan 251,7 Ha kawasan terendam dengan ketinggian rata-rata 18.94 cm serta dengan durasi 64.55 menit. Hal ini menunjukkan bahwa wilayah yang terendam cukup luas dengan kondisi yang berbeda-beda.

Jika dikaitkan dengan data curah hujan maksimal harian ditahun 2017 menunjukkan nilai 113.8 mm. Sehingga jika wilayah penelitian terjadi hujan dengan curah hujan harian diatas nilai tersebut sudah dipastikan akan terjadi banjir dengan kedalaman, luas dan durasi yang lebih besar. Data banjir eksisting lapangan tersebut akan dijadikan sebagai pembanding untuk validasi model spasil banjir.

4.1.3 Kondisi Penggunaan Lahan Eksisting

Data penggunaan lahan eksisting dalam penelitian ini digunakan untuk menghitung koefisien run off dan koefisien kekasaran manning. Data tersebut didapatkan dari Peta Dasar RTDRK UP Wiyung Dinas Perumahan Rakyat Kawasan Permukiman dan Cipta Karya Kota Surabaya tahun 2018. Berikut kondisi penggunaan lahan eksisting wilayah penelitian.

Tabel 4.2 Kondisi Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	Luas	
	Ha	%
Area Terbuka	518.01	18.73
Fasilitas Kesehatan	1.26	0.05
Fasilitas Olahraga	34.77	1.26
Fasilitas Pendidikan	47.57	1.72
Fasilitas Peribadatan	3.14	0.11
Fasilitas Sosial	1.55	0.06
Fasilitas Transportasi	0.08	0.00
Hankam	14.13	0.51
Industri	7.36	0.27
Pariwisata	0.01	0.00
Perairan	86.28	3.12
Perkantoran dan Perekonomian	28.99	1.05
Perkebunan	10.67	0.39
Permukiman	1,278.31	46.21
Pertanian dan Peternakan	491.30	17.76
Transportasi	242.64	8.77

Grand Total	2,766.07	100.00
-------------	----------	--------

Sumber : Peta Dasar RTDRK UP Wiyung, DPRKPCCKTR Kota Surabaya, 2018



Gambar 4.2 Peta Penggunaan Lahan Eksisting

Sumber : Peta Dasar RTDRK UP Wiyung, DPRKPCCKTR Kota Surabaya, 2018

Dari tabel diatas diketahui bahwa dominasi penggunaan lahan eksisting di wilayah penelitian adalah permukiman dengan 46.21%. Dominasi penggunaan lahan terbangun akan berdampak pada peningkatan koefisien *Runoff*, sehingga air hujan yang terlimpas kesaluran drainase akan semakin besar. Jika sistem saluran tidak mampu menampung volume limpasan maka akan terjadi banjir. Akan tetapi luasan area terbuka masih cukup luas dengan 18.73%. Area tersebut dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kapasitas saluran dengan menambahkan tampungan air.

4.1.4 Kondisi Koefisien Dasar Bangunan dan Koefisien Dasar Hijau

Eksisting

Koefisien Dasar Bangunan atau KDB merupakan angka persentase perbandingan antara luas seluruh lantai dasar bangunan yang dapat dibangun dengan luas lahan yang tersedia, Data KDB digunakan sebagai parameter penentuan koefisien *Runoff* dan koefisien kekasaran *Manning*. Data KDB didapatkan dari intepretasi Foto Udara Lidar Surabaya. Teknik pembuatan peta KDB ini dengan mebandingkan peta blok penggunaan lahan dengan peta bangunan di wilayah penelitian. Sehingga peta KDB menggambarkan rasio keterbangunan

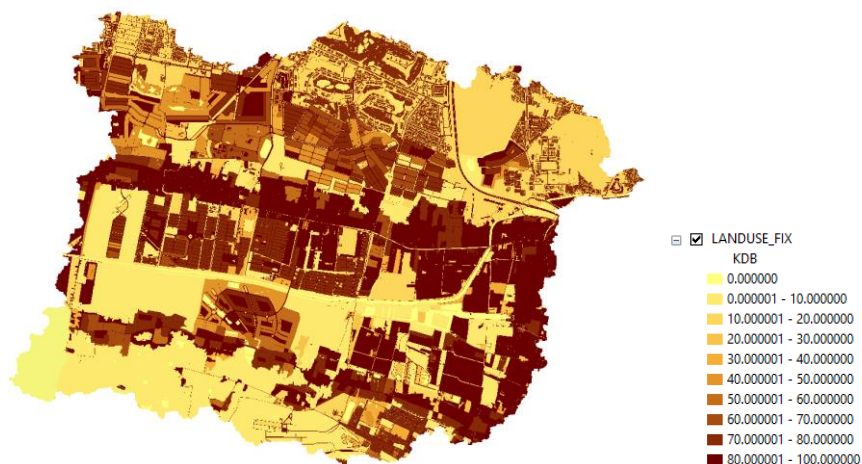
per blok. Sedangkan koefisien dasar hijau diperoleh dari data koefisien dasar bangunan karena koefisien dasar hijau merupakan kebalikan dari koefisien dasar bangunan. (Dirapratama, 2015; Septiani, Subiyanto, & Amarrohman, 2020). Berikut data koefisien dasar bangunan dan kondisi koefisien dasar hijau di DAS Kedurus.

Tabel 4.3 Kondisi Koefisien Dasar Bangunan dan Koefisien Dasar Hijau di DAS Kedurus

Penggunaan Lahan	Koefisien Dasar Bangunan	Koefisien Dasar Hijau	Luas Ha	% Luas
Area Terbuka	40	60	47.92	1.73
	30	70	49.81	1.8
	20	80	126.85	4.59
	10	90	293.43	10.61
Fasilitas Kesehatan	50	50	1.26	0.05
Fasilitas Olahraga	90	10	0.36	0.01
	80	20	0.43	0.02
	70	30	1.46	0.05
	50	50	32.52	1.18
Fasilitas Pendidikan	80	20	8.1	0.29
	70	30	16.18	0.58
	60	40	23.29	0.84
Fasilitas Peribadatan	80	20	2.93	0.11
	70	30	0.21	0.01
Fasilitas Sosial	80	20	1.55	0.06
Fasilitas Transportasi	90	10	0.08	0
Hankam	80	20	14.13	0.51
Industri	90	10	6.88	0.25
	80	20	0.48	0.02
Pariwisata	90	10	0.01	0
Perairan	0	100	86.28	3.12
Perkantoran dan Perekonomian	90	10	28.99	1.05
Perkebunan	30	70	0.28	0.01
	20	80	3.94	0.14
	10	90	6.45	0.23
Permukiman	90	10	642.95	23.24
	80	20	370.02	13.38
	70	30	98.05	3.54
	60	40	49.82	1.8

	50	50	117.47	4.25
Pertanian dan Pernakan	30	70	12.95	0.47
	20	80	27.14	0.98
	10	90	451.21	16.31
Transportasi	100	0	242.64	8.77
TOTAL			2,766. 08	100

Sumber : Intrepetasi Foto Udara Lidar Surabaya Resolusi 0.33 x 0.33 meter, 2018



Gambar 4.3 Kondisi Koefisien Dasar Bangunan di DAS Kedurus

Sumber : Intrepetasi Foto Udara Lidar Surabaya Resolusi 0.33 x 0.33 meter, 2018



Gambar 4.4 Kondisis Koefisien Dasar Hijau di DAS Kedurus

Sumber : Intrepetasi Foto Udara Lidar Surabaya Resolusi 0.33 x 0.33 meter, 2018

Dari tabel dan gambar diatas diketahui bahwa dominasi nilai koefisien dasar hijau di DAS Kedurus ialah nilai 90 dan sebaliknya dominasi koefisien dasar

bangunan ialah nilai 10. Dari hasil tersebut diketahui bahwa kondisi keterbangunan di DAS Kedurus masih relatif rendah. Hal ini dapat diartikan bahwa dari nilai KDH tersebut, potensi menahan laju banjir di DAS Kedurus cukup tinggi.

4.1.5 Rencana Koefisien Dasar Bangunan dan Koefisien Dasar Hijau

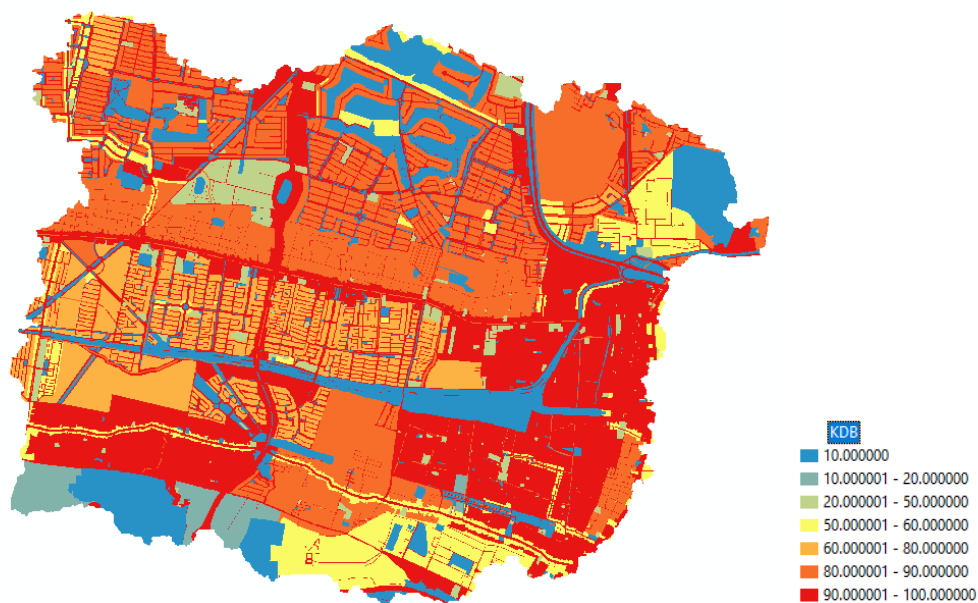
Data KDB (Koefisien Dasar Bangunan) dan KDH (Koefisien Dasar Hijau) didapatkan dari <http://petaperuntukan.cktr.web.id> pada fitur informasi perijinan. Sebagai mekanisme perijinan untuk pemanfaatan ruang di Kota Surabaya. Fungsi KDB dan KDH sebagai bentuk akibat penerapan RDTRK yang mempengaruhi nilai koefisien limpasan *Runoff* dan koefisien kekasaran *Manning*. Berikut detail dari rencana KDB dan KDH di DAS Kedurus

Tabel 4.4 Rencana KDB dan KDH di DAS Kedurus

Kawasan	Zona	Sub_Zona	Kode	KDB	KDH	Luas Ha	Luas %
Badan Air dan Jalan	Jalan	Jalan		100	0	552.10	16.3
	Saluran	Saluran		90	10	26.70	0.8
	Sungai	Sungai		10	90	27.40	0.8
Kawasan Budidaya	Industri	Aneka Industri	I-4	60	40	11.36	0.3
	Perdagangan dan Jasa	Skala Lokal/Lingkungan	K-6	60	40	96.82	2.9
		Skala Regional/Kota/UP	K-5	100	0	173.42	5.1
	Perkantoran	Kantor Pemerintah	KT-1	50	50	14.83	0.4
	Perumahan	Rumah Kepadatan Rendah	R-4	90	10	307.95	9.1
		Rumah Kepadatan Sedang	R-3	80	20	337.88	10.0
				90	10	146.34	4.3
				100	0	212.10	6.2
		Rumah Kepadatan Tinggi	R-2	80	20	20.59	0.6
				90	10	416.81	12.3
				100	0	218.37	6.4
	Peruntukan Khusus	Instalasi Utilitas	KH-5	60	40	2.59	0.1
		Pertahanan dan Keamanan	KH-1	60	40	173.16	5.1
	Ruang Terbuka Hijau	Jalur Hijau	RTH-2	10	90	0.08	0.0
	Sarana Pelayanan Umum	Kesehatan	SPU-3	50	50	2.14	0.1
		Olahraga	SPU-4	50	50	2.71	0.1
		Pendidikan	SPU-1	50	50	62.65	1.8
		Peribadatan	SPU-6	50	50	5.06	0.1

		Sarana Pelayanan Umum Lainnya	SPU-7	50	50	17.47	0.5
		Sosial Budaya	SPU-5	50	50	8.89	0.3
		Transportasi	SPU-2	50	50	0.19	0.0
Kawasan Lindung	Perlindungan Bawahan	Hutan Kota	PB-1	20	80	68.50	2.0
		Waduk/Bozem	PB-2	10	90	49.01	1.4
	Perlindungan Setempat	Sempadan Sungai	PS-2	10	90	24.43	0.7
		Sempadan SUTT	PS-4	10	90	34.38	1.0
		Sempadan Waduk/Bozem	PS-3	10	90	11.39	0.3
	Ruang Terbuka Hijau	Jalur Hijau	RTH-2	10	90	39.77	1.2
		Makam	RTH-3	10	90	71.72	2.1
		Taman dan Lapangan	RTH-1	10	90	257.02	7.6
Grand Total						3,393.83	100.0

Sumber : <http://petaperuntukan.cktr.web.id>, 2020



Gambar 4.5 Peta Rencana Koefisien Dasar Bangunan

Sumber : <http://petaperuntukan.cktr.web.id>, 2020



Gambar 4.6 Peta Rencana Koefisien Dasar Hijau

Sumber : <http://petaperuntukan.cktr.web.id>, 2020

Berdasarkan gambar dan tabel diatas, diketahui dominasi KDB 100% pada kelas rencana penggunaan lahan jalan dengan luas 552.10 Ha atau 16.3%. Diurutan kedua adalah perumahan kepadatan tinggi dengan KDB 90% dengan luas 416.81 Ha atau 12.3%. kondisi ini akan berdampak pada peningkatan nilai *Runoff* dan penurunan nilai *Manning* sehingga potensi banjir akan semakin besar.

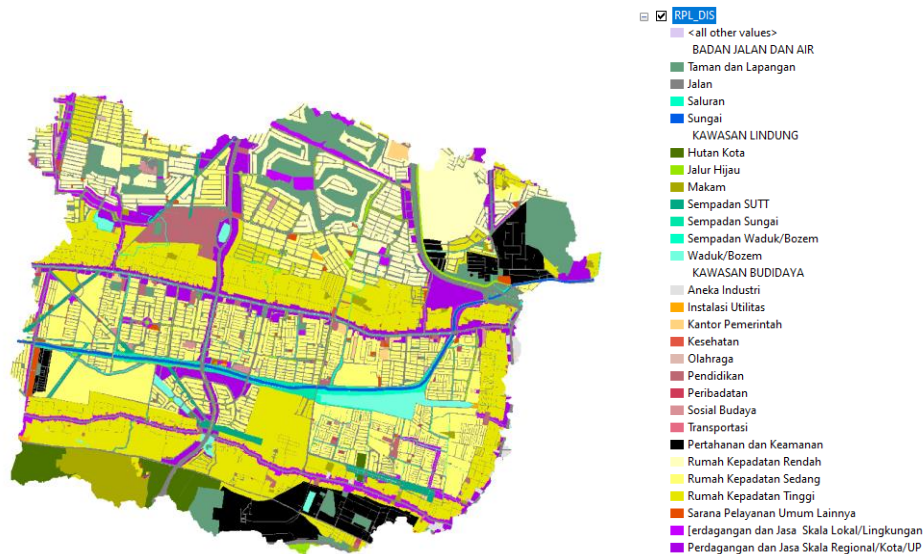
4.1.6 Rencana Penggunaan Lahan RDTRK di DAS Kedurus

Data Rencana Penggunaan Lahan RDTRK (Rencana Detail Tatat Ruang Kawasan) di DAS Kedurus didasarkan pada UP Wiyung, UP Sambikerep dan UP Dukuh Pakis. Dari 3 Unit pengembangan tersebut tidak digunakan semua, melainkan dilakukan *clipping* hanya pada wilayah yang beririsan dengan deliniasi wilayah penelitian. Berikut detail kondisi rencana penggunaan lahan RDTRK di DAS Kedurus.

Tabel 4.5 Rencana Penggunaan Lahan RDTRK di DAS Kedurus

Kawasan	Zona	Sub Zona	Kode	Luas Ha
Badan Air dan Jalan	Jalan			552.10
	Saluran			26.70
	Sungai			27.40
Kawasan Budidaya	Industri	Aneka Industri		11.36
	Perdagangan dan Jasa	Skala Lokal/Lingkungan	K-6	96.82
		Skala Regional/Kota/UP	K-5	173.42
	Perkantoran	Kantor Pemerintah	KT-1	14.83
	Perumahan	Rumah Kepadatan Rendah	R-4	307.95
		Rumah Kepadatan Sedang	R-3	696.32
		Rumah Kepadatan Tinggi	R-2	655.77
	Peruntukan Khusus	Instalasi Utilitas	KH-5	2.59
		Pertahanan dan Keamanan	KH-1	173.16
	Ruang Terbuka Hijau	Jalur Hijau	RTH-2	0.08
	Sarana Pelayanan Umum	Kesehatan	SPU-3	2.14
		Olahraga	SPU-4	2.71
		Pendidikan	SPU-1	62.65
		Peribadatan	SPU-6	5.06
		Sarana Pelayanan Umum Lainnya	SPU-7	17.47
		Sosial Budaya	SPU-5	8.89
		Transportasi	SPU-2	0.19
Kawasan Lindung	Perlindungan Bawahan	Hutan Kota	PB-1	68.50
		Waduk/Bozem	PB-2	49.01
	Perlindungan Setempat	Sempadan Sungai	PS-2	24.43
		Sempadan SUTT	PS-4	34.38
		Sempadan Waduk/Bozem	PS-3	11.39
	Ruang Terbuka Hijau	Jalur Hijau	RTH-2	39.77
		Makam	RTH-3	71.72
		Taman dan Lapangan	RTH-1	257.02
Grand Total				3,393.83

Sumber : RDTRK Kota Surabaya validata Dinas Perumahan Rakyat Kawasan Permukiman Cipta Karya Kota Surabaya, 2018



Gambar 4.7 Peta Rencana Penggunaan Lahan di DAS Kedurus

Sumber : RDTRK Kota Surabaya walidata Dinas Perumahan Rakyat Kawasan Permukiman Cipta Karya Kota Surabaya, 2018

Dari tabel diatas diketahui bahwa dominasi rencana penggunaan lahan di DAS Kedurus adalah perumahan terutama dengan kepadatan sedang dan tinggi seluas 696.32 Ha dan 655.77 Ha. Hal ini akan berdampak pada peningkatan nilai koefisien *run off* dan penurunan nilai koefisien kekasaran *manning*.

4.2 Membangun Model Spasial Banjir Berdasarkan Kondisi Hidrologi Eksisting yang Menyebabkan Banjir Di DAS Kedurus

4.2.1 Mengidentifikasi Debit Puncak DAS Kedurus

4.2.1.1 Penentuan Nilai Koefisien Aliran (RunOff)

Penentuan nilai koefisien aliran dilakukan dengan metode koefisien aliran Cook, dilakukan dengan masukan peta tingkat kemampuan infiltrasi tanah, kerapatan aliran, tutupan vegetasi, dan kemiringan lereng (Rahman, 2013). Wilayah analisis merupakan DAS Kedurus.

A. Parameter Kemampuan Infiltrasi

Parameter kemampuan infiltrasi didekati dengan pengamatan data tekstur tanah. Karakteristik tekstur dan jenis tanah mempengaruhi kemampuan infiltrasi tanah terhadap presipitasi yang jatuh di DAS. Dikarenakan keterbatasan data eksplorasi tanah di DAS Kedurus, maka parameter tekstur tanah diinterpretasikan berdasarkan peta tekstur tanah dari RTRW Kota Surabaya. Jenis tanah di DAS

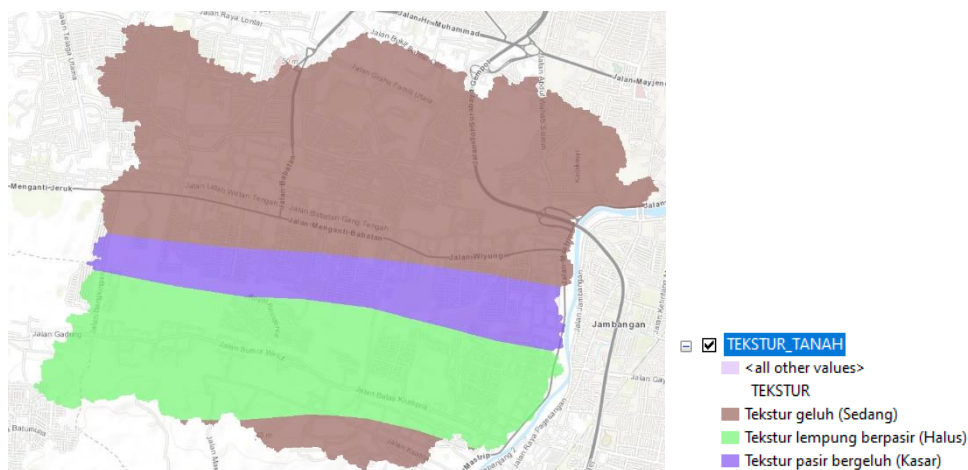
Kedurus sendiri berasal dari 3 bahan induk utama, yakni Batuan Alluvium, Batuan Sedimen Plio-Plistosen dan Batuan Sedimen Plistosen. Untuk jenis tanah di kawasan seluruhnya terdiri dari jenis tanah Grumosol. Secara rinci persebaran tekstur tanah di DAS Kedurus dapat dilihat pada Tabel dibawah.

Tabel 4.6 Klasifikasi Tekstur Tanah di DAS Kedurus

Jenis Batuan	Jenis Tanah	Tekstur	Skor	Luas Ha
Batuan Alluvium	Grumosol	Tekstur lempung berpasir (Halus)	0.08	1071.44
Batuan Sedimen Plio-Plistosen	Grumosol	Tekstur geluh (Sedang)	0.06	1956.17
Batuan Sedimen Plistosen	Grumosol	Tekstur pasir bergeluh (Kasar)	0.04	460.264

Sumber : (Ghifari, 2018)

Persebaran tekstur tanah di wilayah penelitian secara spasial dapat dilihat pada Gambar



Gambar 4.8 Persebaran Tekstur Tanah di DAS Kedurus

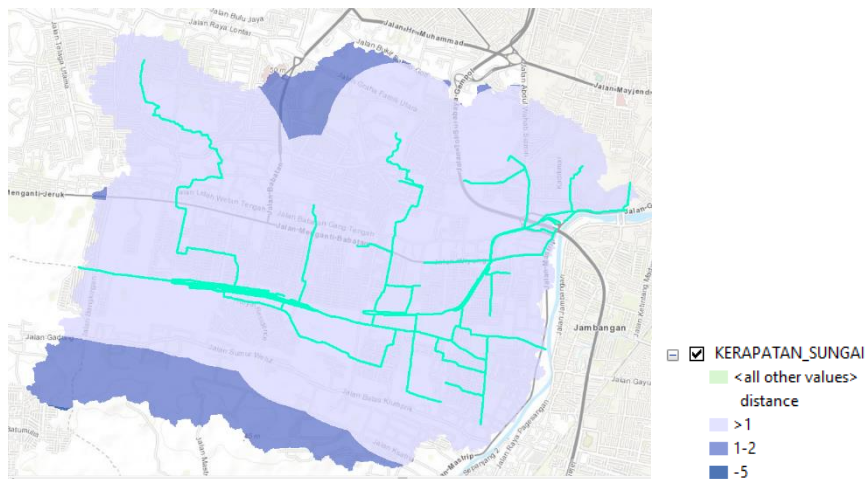
B. Parameter Kerapatan Aliran

Kerapatan aliran merupakan indeks banyaknya anak sungai dalam suatu DAS, yang dinyatakan melalui perbandingan antara panjang keseluruhan sungai dengan luas area yang dicakupi. Semakin besar kerapatan aliran, semakin baik sistem drainase suatu DAS, namun koefisien aliran akan semakin tinggi. Menurut Rahman (2013) kerapatan aliran dikelompokkan menjadi $<1 \text{ km/km}^2$ (diabaikan), $>1 - <2 \text{ km/km}^2$ (termasuk normal), $>2 - <5 \text{ km/km}^2$ (termasuk rendah), $>5 \text{ km/km}^2$ (termasuk tinggi).

Tabel 4.7 Klasifikasi Kerapatan Aliran DAS Kedurus

Kerapatan Aliran (Km/Km ²)	Kelas	Klasifikasi	Skor	Luas Ha
>1	Diabaikan	Diabaikan	Diabaikan	3074.03
1-2	Normal	Normal, depresi permukaan dipertimbangkan	0.06	469.74
2-5	Rendah	Sistem draianse baik	0.08	0.98

Berdasarkan hasil perhitungan, kerapatan aliran di DAS Kedurus didominasi oleh kerapatan aliran normal dan sebagian kecil kerapatan aliran sedang. Berpengaruh pada waktu konsentrasinya panjang dan laju aliran permukaannya besar. Waktu yang diperlukan air dari titik terjauh untuk sampai di outlet DAS relatif cepat.



Gambar 4.9 Peta Kerapatan Aliran

C. Parameter Tutupan Vegetasi

Besar kecilnya koefisien aliran permukaan suatu DAS juga dipengaruhi oleh karakteristik penggunaan lahan eksisting pada DAS tersebut (Asdak, 2002). Berdasarkan tutupan lahan, dapat dinilai besarnya vegetasi penutup yang berada di setiap tutupan lahan tersebut. Seperti diketahui, jenis penggunaan lahan di wilayah penelitian terdiri. Selain mempertimbangkan distribusi tutupan penggunaan lahan, juga mempertimbangkan koefisien dasar bangunan. Aplikasi koefisien dasar bangunan pada distribusi penggunaan lahan akan menyesuaikan

dengan persentasi pada koefisien dasar bangunan di setiap kelas penggunaan lahan. Pemberian skor terhadap kelas koefisien dasar bangunan pada setiap kelas penggunaan lahan dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 4.8 Klasifikasi Tutupan Vegetasi

Penggunaan Lahan	Nilai Run Off Penggunaan Lahan	Koefisien Dasar Bangunan	Nilai Run Off Akhir (Run Off Landuse X Kdb)	Luas Ha
Area Terbuka	0.04	10	0.004	293.43
		20	0.008	126.85
		30	0.012	49.81
		40	0.016	47.92
Fasilitas Kesehatan	0.05	50	0.025	1.26
Fasilitas Olahraga	0.05	50	0.025	32.52
		70	0.035	1.46
		80	0.04	0.43
		90	0.045	0.36
Fasilitas Pendidikan	0.05	60	0.03	23.29
		70	0.035	16.18
		80	0.04	8.10
Fasilitas Peribadatan	0.05	70	0.035	0.21
		80	0.04	2.93
Fasilitas Sosial	0.05	80	0.04	1.55
Fasilitas Transportasi	0.05	90	0.045	0.08
Hankam	0.05	80	0.04	14.13
Industri	0.08	80	0.064	0.48
		90	0.072	6.88
Pariwisata	0.07	90	0.063	0.01
Perairan	0.01	0	0	86.28
Perkantoran dan Ekonomi	0.095	90	0.0855	28.99
Perkebunan	0.017	10	0.0017	6.45
		20	0.0034	3.94
		30	0.0051	0.28
Permukiman	0.06	50	0.03	117.47
		60	0.036	49.82
		70	0.042	98.05
		80	0.048	370.02
		90	0.054	642.95
Pertanian dan Peternakan	0.01	10	0.001	451.21
		20	0.002	27.14

		30	0.003	12.95
Transportasi	0.095	100	0.095	242.64
LUAS HA				2,766.08



Gambar 4.10 Peta Koefisien Dasar Bangunan Eksisting

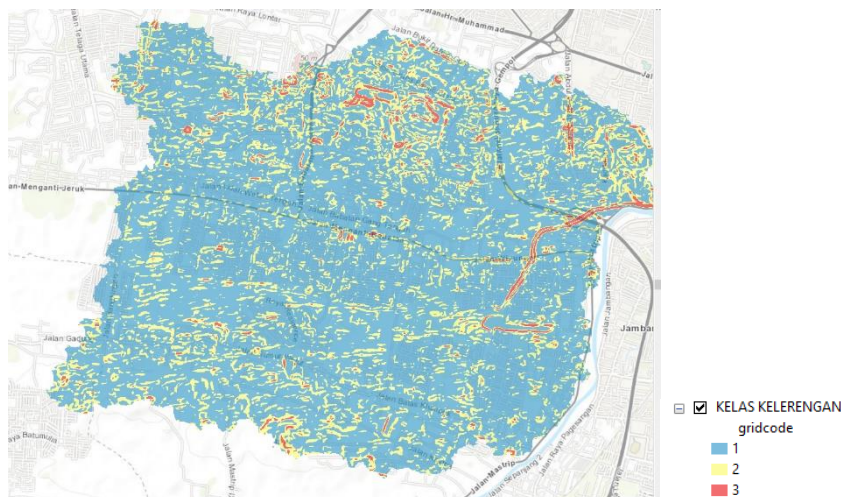
D. Parameter Kemiringan Lereng

Berdasarkan hasil pembuatan peta kemiringan lereng dengan memanfaatkan Slope Analysis di ArcGIS, maka diperoleh kemiringan lereng wilayah penelitian yang dapat diklasifikasikan seperti pada Tabel Dibawah.

Tabel 4.9 Klasifikasi Kemiringan Lereng

Kelas Lereng	Klasifikasi Kelerengan %	Skor	Luas_Ha
I	0-5	0.28	2640.94
II	5-10	0.2	743.219
III	10-30	0.14	74.540

Pada DAS Kedurus di dominasi dengan kelerengan kelas 1 dengan kemiringan 0-5%. Sehingga berkontribusi terhadap koefisien aliran yang cukup tinggi dan kadang menjadi aliran banjir.



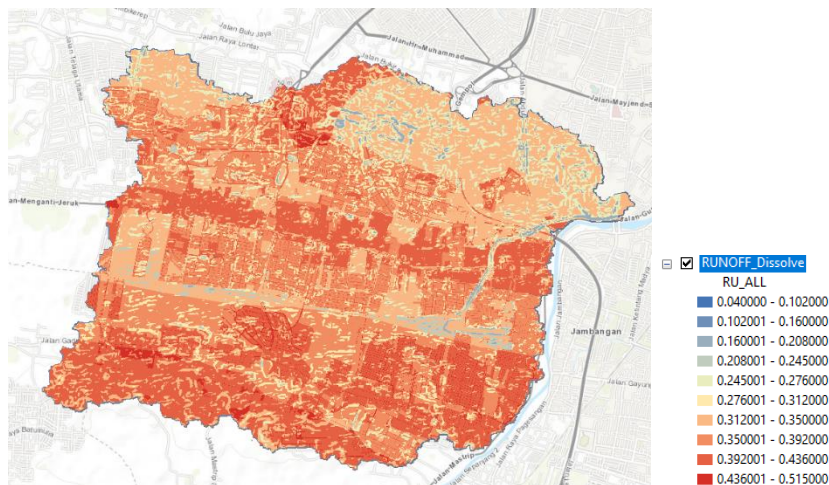
Gambar 4.11 Peta Kelerengan

Setelah didapatkan skor untuk setiap parameter penentu aliran permukaan, selanjutnya dilakukan perhitungan skor total aliran permukaan melalui *superimpose* antara parameter tekstur tanah, kerapatan aliran, penggunaan lahan, dan kemiringan lereng di DAS Kedurus. Setiap area pertampalan, dilakukan penjumlahan seluruh skor pada setiap parameter, lalu dikalikan dengan persentase luas area tersebut terhadap luas Segmen Hulu DAS. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel dibawah.

Tabel 4.10 Hasil Overlay Seluruh Parameter Penentu Koefisien Run Off

Skor Run Off	Luas (Ha)	Persentase Luas	Run Off Akhir (Skor X % Luas)
0.04	0.020595	0.000006	0
0.0434	0.119972	0.000034	0.000001
0.044	0.027915	0.000008	0
0.0451	0.004506	0.000001	0
0.048	0.014325	0.000004	0
0.052	0.04008	0.000011	0.000001
0.06	8.892753	0.002549	0.000153
0.0634	0.238762	0.000068	0.000004
0.064	0.174163	0.00005	0.000003
0.068	0.227428	0.000065	0.000004
0.072	0.093403	0.000027	0.000002
0.08	0.631658	0.000181	0.000014
0.082	0.105851	0.00003	0.000002
0.0834	0.065609	0.000019	0.000002
0.084	0.49385	0.000142	0.000012
0.088	0.144835	0.000042	0.000004

0.09	0.071488	0.00002	0.000002
0.092	0.000831	0	0
0.094	1.097392	0.000315	0.00003
0.096	0.108023	0.000031	0.000003
0.1	0.299164	0.000086	0.000009
0.102	0.116201	0.000033	0.000003
0.108	0.433379	0.000124	0.000013
0.112	0.027491	0.000008	0.000001
0.114	2.561432	0.000734	0.000084
0.12	2.810404	0.000806	0.000097
0.121	0.210362	0.00006	0.000007
0.124	2.144257	0.000615	0.000076
0.1255	0.026059	0.000007	0.000001
0.128	0.044872	0.000013	0.000002
0.132	0.21127	0.000061	0.000008
0.134	1.819257	0.000522	0.00007
0.135	0.138452	0.00004	0.000005
0.14	1.801488	0.000516	0.000072
0.141	1.135394	0.000326	0.000046
0.144	0.323706	0.000093	0.000013
0.1455	0.088444	0.000025	0.000004
Selengkapnya Terlampir			
63.07	3,488.15	100.00	0.36



Gambar 4.12 Peta Hasil Koefisien Run Off

Berdasarkan informasi yang disajikan pada tabel diatas, DAS Kedurus memiliki koefisien aliran total sebesar 0,36 yang artinya 36% dari tebal hujan yang jatuh, terkonversi menjadi aliran permukaan, dan sisanya sebesar 64% yang terserap oleh tanah melalui infiltrasi. Hal ini disebabkan oleh distribusi penggunaan

lahan yang di dominasi penggunaan lahan terbangun dan koefisien dasar bangunan yang di dominasi dengan nilai diatas 50% . Walaupun demikian, berdasarkan klasifikasi nilai koefisien Cook, nilai 0,36 termasuk dalam kategori normal karena berada pada rentang nilai 0,26 -0,50.

4.2.1.2 Identifikasi Hujan Wilayah

Hujan wilayah diperlukan dalam suatu rancangan pengendalian banjir (Sosrodarsono & Takeda, 2006) dalam penelitian ini digunakan sebagai masukan dalam perhitungan hidrograf superposisi terhadap metode hidrograf satuan sintetis Snyder (Nasional, 2016)). Curah hujan yang diperlukan untuk kepentingan tersebut adalah curah hujan ekstrem yang menyebabkan banjir di DAS Kedurus. Data yang terekam adalah kejadian banjir di DAS Kedurus spada Tahun 2017 sesuai dengan survei genangan dokumen Surabaya Drainage Management Plan. Sehingga data yang dibutuhkan dari stasiun meteorologi BMKG Maritim Perak adalah curah hujan per jam pada tangga 25 November 2017 sesuai dengan hujan maksimum dalam setahun yaitu 113.8 mm sebagai berikut :

Tabel 4.11 Curah Hujan per jam 25 November 2017 Stasiun Pengukuran Tanjung Perak

Waktu	Jumlah Hujan Tiap Jam
07.00 – 08.00	-
08.00 – 09.00	-
09.00 – 10.00	-
10.00 – 11.00	-
11.00 – 12.00	-
12.00 – 13.00	-
13.00 – 14.00	-
14.00 – 15.00	-
15.00 – 16.00	-
16.00 – 17.00	13.4
17.00 – 18.00	56.6
18.00 – 19.00	34.7
19.00 – 20.00	7.2
20.00-21.00	1.2
21.00-22.00	0.5
23.00-24.00	0.2
24.00-01.00	-
01.00-02.00	-
02.00-03.00	-
03.00-04.00	-
04.00-05.00	-
05.00-06.00	-

06.00-07.00	-
24 Jam	113.8

Sumber : BMKG Maritim Tanjung Perak, 2016

Dari data diatas diketahui, bahwa pada tanggal 25 November 2017 memiliki curah hujan yang tinggi dengan 113.8 mm/hari yang dapat menimbulkan banjir. Hujan terjadi selama 7 jam penuh dengan puncaknya pada jam 17.00 – 18.00 WIB dengan 56.6 mm/hari.

4.2.1.3 Analisis Frekuensi Potensi Curah Hujan Ektrim (Proyeksi Curah Hujan)

Analisis frekuensi potensi curah hujan ektrim dilakukan untuk mengetahui besarnya kejadian ektrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas/kemungkinan. Perhitungan frekuensi curah hujan dilakukan dengan menggunakan beberapa metode yang terdiri dari Metode Distribusi Normal, Metode Distribusi Log Normal, Metode Distribusi Gumbel, dan Metode Distribusi Log Pearson III (Soemarto, 1999). Masukan data hujan yang digunakan adalah data hujan harian maksimum setiap tahunnya dari Stasiun Klimatologi Maritim BMKG Tanjung Perak 1.

Periode ulang yang dihitung pada masing-masing metode analisis frekuensi curah hujan adalah periode ulang 2,5,10 dan 20 tahun dikarenakan data curah hujan yang tersedia memiliki rentan waktu 1978 hingga 2019.

Tahun	Tanggal Hujan	Curah Hujan (mm)	Peringkat	Probabilitas $P=m/(N+1)$	Ln Curah Hujan
Tahun 1979	24-Feb-1979	39.6	35	0.81	3.7
Tahun 1980	18-Dec-1980	47.5	29	0.67	3.9
Tahun 1981	27-Nov-1981	26.1	42	0.98	3.3
Tahun 1982	14-Mar-1982	35.3	37	0.86	3.6
Tahun 1983	7-Mar-1983	76.0	16	0.37	4.3
Tahun 1984	7-Feb-1984	73.6	17	0.40	4.3
Tahun 1985	2-Dec-1985	32.0	38	0.88	3.5
Tahun 1986	7-Jan-1986	55.3	24	0.56	4.0
Tahun 1987	19-Feb-1987	31.8	39	0.91	3.5
Tahun 1988	5-Feb-1988	43.9	32	0.74	3.8
Tahun 1989	13-Jan-1989	37.3	36	0.84	3.6
Tahun 1990	28-Dec-1990	31.0	41	0.95	3.4
Tahun 1991	4-Feb-1991	31.1	40	0.93	3.4

Tahun 1992	15-Mar-1992	55.2	25	0.58	4.0
Tahun 1993	7-Apr-1993	46.4	30	0.70	3.8
Tahun 1994	19-Jan-1994	118.8	4	0.09	4.8
Tahun 1995	8-Feb-1995	48.2	27	0.63	3.9
Tahun 1996	25-Jan-1996	105.8	8	0.19	4.7
Tahun 1997	22-Jan-1997	118.3	5	0.12	4.8
Tahun 1998	2-Mar-1998	126.2	1	0.02	4.8
Tahun 1999	16-Apr-1999	105.3	9	0.21	4.7
Tahun 2000	16-Nov-2000	67.1	19	0.44	4.2
Tahun 2001	28-Feb-2001	44.6	31	0.72	3.8
Tahun 2002	4-Apr-2002	42.8	33	0.77	3.8
Tahun 2003	2-Jan-2003	52.1	26	0.60	4.0
Tahun 2004	13-Mar-2004	84.4	14	0.33	4.4
Tahun 2005	31-Jan-2005	95.7	12	0.28	4.6
Tahun 2006	3-Mar-2006	86.5	13	0.30	4.5
Tahun 2007	16-Mar-2007	56.3	23	0.53	4.0
Tahun 2008	3-Mar-2008	47.6	28	0.65	3.9
Tahun 2009	4-Jan-2009	65.9	20	0.47	4.2
Tahun 2010	24-Jan-2010	78.4	15	0.35	4.4
Tahun 2011	15-Dec-2011	41.8	34	0.79	3.7
Tahun 2012	25-Dec-2012	65.5	21	0.49	4.2
Tahun 2013	17-Dec-2013	68.7	18	0.42	4.2
Tahun 2014	4-Jan-2014	124.9	3	0.07	4.8
Tahun 2015	29-Jan-2015	106.9	7	0.16	4.7
Tahun 2016	27-Dec-2016	116.8	6	0.14	4.8
Tahun 2017	25-Nov-2017	113.8	2	0.05	4.8
Tahun 2018	20-Jan-2018	59.5	22	0.51	4.1
Tahun 2019	3-Feb-2019	101	11	0.26	4.6
Tahun 2020	29-Feb-2020	101.8	10	0.23	4.6
Jumlah Data =		42			42
Nilai Rerata (Mean) =		69.5			4.1
Standar Deviasi =		31.33			0.4647
Koefisien Skewness =		0.47			-0.03
Koefisien Kurtosis =		-1.12			-1.18
Koefisien Variasi =		0.457			0.112
Nilai Tengah =		62.5			4.1

Metode distribusi normal dan Gumbel memiliki perhitungan nilai dispersi yang terdiri dari standar deviasi, koefisien skewness, koefisien kurtosis, koefisien variasi, dan nilai tengah berdasarkan data normal. Sedangkan metode distribusi LogNormal dan Log Pearson III memiliki perhitungan nilai dispersi berdasarkan

nilai Logaritma dari setiap data masukan (Soemarto, 1999). Berdasarkan perhitungan statistik dasar ini, dapat teridentifikasi uji dispersi dari setiap metode distribusi yang sesuai dalam menggambarkan data masukan pada penelitian ini. Hasil perhitungan dispersi dapat dilihat pada Tabel dibawah.

Tabel 4.12 Hasil Pengukuran Dispersi Stasiun Meteorologi Maritim Perak II Surabaya

Dispersi	Hasil Dispersi	
	Parameter Statistik	Parameter Statistik Logaritma
Standar Deviasi (S) =	31.33343	0.464743
Koefisien Skewness (Cs) =	0.476482	-0.03801
Koefisien Kurtosis (Ck) =	-1.12298	-1.18223
Koefisien Variasi (Cv) =	0.451006	0.112304

Kemudian dilakukan pengujian nilai dispersi terhadap syarat penentuan jenis sebaran sebagai berikut :,

Tabel 4.13 Kesesuaian Nilai Dispersi Terhadap Syarat Penentuan Jenis Sebaran

Jenis Sebaran	Syarat	Hasil	Keterangan
Distribusi Normal	$Ck \sim 3$; $Cs \sim 0$	$Ck = -1.12298$; $Cs = 0.476482$	Tidak Memenuhi
Distribusi Log Normal	$Cv \sim 0,06$; $Cs \sim 3Cv + Cv^2 = 0.221$	$Cv = 0.451$; $Cs = 0.476$	Memenuhi
Distribusi Gumbel	$Cs \sim 1,1396$; $Ck \sim 5,4002$	$Cs = 0.476482$; $Ck = -1.12$;	Tidak Memenuhi
Distribusi Log Pearson III	$Cs \sim 0$; $Cv \sim 0.05$	$Cs = 0.476482$; $Cv = 0.451$	Tidak Memenuhi

Sumber : (Soemarto, 1999)

Dari hasil uji kesesuaian nilai dispersi pada berbagai jenis sebaran, yang paling mendekati persyaratan adalah metode distribusi Log-Normal. Sehingga disimpulkan bahwa distribusi data yang dapat digunakan untuk memproyeksikan hujan rancangan berdasarkan data curah hujan harian maksimum dari Stasiun Meteorologi Maritim Perak I Surabaya, adalah distribusi Log-Normal. Selanjutnya dilakukan uji kecocokan distribusi pada keempat jenis sebaran melalui Uji Chi Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov, hasilnya dipaparkan dibawah ini.

A. Uji Chi-Kuadrat

Uji Chi Kuadrat merupakan pengujian hipotesis mengenai perbandingan antara frekuensi curah hujan observasi yang benar-benar terjadi dengan frekuensi harapan/ekspektasi. Hasil uji Chi-Kuadrat pada keempat jenis sebaran ditampilkan pada tabel dibawah

Tabel 4.14 Uji Chi Kuadrat

Jenis Sebaran	Parameter Uji Chi Kuadrat			Keterangan
	ChiKuadrat (λh) ²	Chi Kritik (λh) ² cr	Derajat Kebebasan (dk)	
Distribusi Normal	5.333	5.991	2	Di Terima
Distribusi Log Normal	4.000	5.991	2	Di Terima
Distribusi Gumbel	6.667	5.991	2	Di Tolak
Distribusi Log Pearson III	5.000	3.841	1	Di Tolak

Dari hasil uji Chi-Kuadrat pada metode distribusi Normal, Log-Normal dan Gumbel memiliki nilai derajat kebebasan sebesar 2 dan Log-Pearson III sebesar 1 dengan α 5% . Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa metode distribusi Normal dan Log-Normal diterima, atau lolos dalam uji ini, dikarenakan nilai $(\lambda h)^2 = 5.333$ (Normal) ; 4.000 (Log Normal) $< (\lambda h)^2_{cr} = 5,991$. Sedangkan metode distribusi normal dan Log-Pearson III ditolak, karena nilai ChiKuadrat melebihi nilai Chi-Kritik, dan memiliki selisih yang lebih besar dari toleransi derajat kebebasan yang diberikan.

B. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering disebut sebagai uji kecocokan non parametrik, karena dalam pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Hasil uji Smirnov-Kolmogorov pada keempat jenis sebaran ditampilkan pada tabel dibawah.

Tabel 4.15 Uji Smirnov-Kolmogorov

Jenis Sebaran	Parameter Uji Smirnov-Kolmogorov		
	Delta Maksimum (Dmax)	Delta Kritik (Dcr)	Keterangan
Distribusi Normal	0.125	0.240	Diterima
Distribusi Log Normal	0.135	0.240	Diterima
Distribusi Gumbel	0.152	0.240	Diterima
Distribusi Log Pearson III	0.152	0.240	Diterima

Dari hasil uji Smirnov-Kolmogorov, pada data hujan harian maksimum 42 tahun, didapatkan nilai Dcr sebesar 0,240. Syarat diterimanya hasil uji Smirnov Kolmogorov adalah nilai $D_{max} < D_{cr}$, sementara dari hasil yang didapatkan, keempat jenis distribusi memiliki nilai Dmax pada kisaran 0,125-0,152 masih lebih kecil dari nilai Dcr. Sehingga dapat disimpulkan bahwa keempat jenis sebaran dapat diterima.

Berdasarkan serangkaian uji kesesuaian nilai dispersi dan uji kecocokan/kesesuaian melalui metode Chi-Square dan Smirnov-Kolmogorov, dapat disimpulkan bahwa jenis sebaran terbaik untuk menggambarkan distribusi data curah hujan harian maksimum di Stasiun Meteorologi Maritim Perak I Surabaya, adalah Metode Distribusi Log-Normal, dikarenakan sebagai satu-satunya jenis distribusi yang lolos/diterima dari ketiga jenis pengujian pada data curah hujan yang menjadi masukan. Oleh karena itu dalam menghitung curah hujan pada setiap periode ulang banjir (2, 5, 10, dan 20 tahun), digunakan formula dari metode Distribusi Log Normal, dan hasilnya ditampilkan pada Tabel dibawah

Tabel 4.16 Periode Ulang Curah Hujan Harian Maksimum Stasiun Meteorologi Maritim Perak I Surabaya

P(x >= Xm) Probabilitas	T Kala-Ulang	Karakteristik Debit (m ³ /dt) Menurut Probabilitasnya LOG-NORMAL	
		XT	KT
0.5	2	73.7998	-0.19259
0.2	5	103.8745	0.802668
0.1	10	124.1962	1.475169
0.05	20	143.9432	2.128652

Dari tabel di atas diketahui bahwa kala ulang 1 tahun curah hujan rencana sebesar 43.85 mm, untuk kala ulang 2 tahun curah hujan rencana sebesar 73.79 mm, untuk kala ulang 5 tahun curah hujan rencana 103.87 mm, untuk kala ulang 10 tahun sebesar 124.19 mm dan untuk kala ulang 20 tahun sebesar 143.93 mm.

4.2.1.4 Konversi Curah Hujan Harian Ke Hujan Efektif Per Jam

Curah hujan wilayah yang menggambarkan tebal hujan pada saat 25 Nov 2017 dan juga curah hujan rancangan pada berbagai periode ulang, merupakan data hujan dengan satuan hari, sedangkan untuk menjadi masukan pada perhitungan debit hidrograf, diharuskan memiliki satuan jam. Pola distribusi hujan per jam diambil dari Stasiun Meteorologi Maritim Perak I Surabaya, Stasiun ini dipilih karena memiliki sebaran temporal data hujan yang cukup banyak dan lengkap hingga satuan per jam. Pola hujan yang digunakan adalah pola hujan per jam pada satu kali hujan dan memiliki total curah hujan mendekati hujan wilayah di DAS Kedurus pada 25 Nov 2017. Sehingga didapatkan pola distribusi hujan yang ditampilkan pada Tabel dibawah.

Tanggal	No	Waktu	Tebal Hujan (mm/jam)	Persentase (%)
25 Nov 2017	t-1	16.00 – 17.00	13.4	0.12
	t-2	17.00 – 18.00	56.6	0.50
	t-3	18.00 – 19.00	34.7	0.30
	t-4	19.00 – 20.00	7.2	0.06
	t-5	20.00-21.00	1.2	0.01
	t-6	21.00-22.00	0.5	0.00
	t-7	23.00-24.00	0.2	0.00

Sumber : Stasiun Meteorologi Maritim Perak I Surabaya, 2020

Berdasarkan data yang ditampilkan pada tabel diatas, diketahui bahwa untuk mendapatkan curah hujan maksimum harian yang mendekati curah hujan wilayah pada saat banjir 25 Nov 2017, diperlukan durasi hujan hingga 7 jam, dan memiliki puncak hujan pada t-2. Pola ini selanjutnya digunakan untuk mengkonversi tebal hujan wilayah dan hujan rancangan menjadi hujan per jam, seperti yang ditampilkan pada Tabel.

Tabel 4.17 Hujan Rancangan Per Jam berdasarkan Skenario Kala Ulang

NO	Persentase	Proyeksi Curah Hujan				
		Tebal Hujan 25 Nov 2017	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	20 Tahun
t-1	11.78	13.40	8.69	13.92	14.62	16.95
t-2	49.74	56.60	36.71	58.79	61.77	71.59
t-3	30.49	34.70	22.50	36.04	37.87	43.89
t-4	6.33	7.20	4.67	7.48	7.86	9.11
t-5	1.05	1.20	0.78	1.25	1.31	1.52
t-6	0.44	0.50	0.32	0.52	0.55	0.63
t-7	0.18	0.20	0.13	0.21	0.22	0.25
		113.80	73.80	103.87	124.20	143.94

Selanjutnya dilakukan perhitungan hujan efektif per jam berdasarkan metode Indeks $\emptyset$, dengan asumsi bahwa kemampuan infiltrasi adalah konstan terhadap perubahan waktu, berdasarkan nilai koefisien alirannya. Sehingga didapatkan sisa hujan yang menjadi aliran, memiliki fluktuasi sesuai dengan pola distribusi hujannya. Pada bagian ini, dilakukan *Trial and error* hingga mendapatkan sisa hujan yang menjadi aliran sesuai dengan persentase yang dihasilkan pada perhitungan koefisien aliran Cook. Serta terdapat perbedaan nilai persentase koefisien aliran pada Segmen Hulu dan Hilir, seperti yang ditunjukkan pada Gambar.

Tabel 4.18 Tabel Parameter Hujan Efektif

Parameter	Tebal Hujan 27 Nov 2017	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	20 Tahun
Tebal Hujan (mm)	113.80	73.80	103.87	124.20	143.94
Koefisien RunOFF	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
Hujan Efektif (Tebal Hujan x Koefisien RunOff)	38.6	26.57	37.39	44.71	51.82
Index $\emptyset$	26.5	16.3	28.7	27.5	32.00

Berdasarkan tabel diatas, ketahuilah bahwa tebal hujan yang masuk aliran dipengaruhi oleh nilai koefisien Run Off sebesar 0.36. nilai tersebut dihasilkan dari kondisi penggunaan lahan eksisting dan koefisien dasar bangunan eksisting. Untuk

lebih detailnya dapat dilihat pada tabel dibawah akan dihitung tebal hujan yang masuk kedalam aliran setiap kala ulang per jamnya.

Tabel 4.19 Konversi Tebal Hujan 27 November 2017 menjadi hujan yang masuk aliran

No	Persentase	Tebal Hujan 27 Nov 2017	Index Ø	Hujan yang masuk aliran
t-1	11.77504	13.4	26.5	0
t-2	49.73638	56.6	26.5	30.1
t-3	30.49209	34.7	26.5	8.2
t-4	6.326889	7.2	26.5	0
t-5	1.054482	1.2	26.5	0
t-6	0.439367	0.5	26.5	0
t-7	0.175747	0.2	26.5	0
		113.80		38.3

Dari tabel diatas diketahui bahwa nilai dengan koefisien Runoff sebesar 0.36, tebal hujan terinfiltrasi kedalam tanah ialah tebal hujan per jam dibawah 26 mm dari tebal hujan harian total sebesar 113.8 mm. Sedangkan yang masuk kedalam aliran pada tebal hujan 27 November 2017 hanya pada hujan jam-2 dan jam-3 dengan tebal hujan 30.1 mm dan 8.2 mm.

Tabel 4.20 Konversi Tebal Hujan Kala Ulang 2 Tahun menjadi Hujan yang masuk aliran

No	Persentase	Tebal Hujan Kala Ulang 2 Tahun	Index Ø	Hujan yang masuk aliran
t-1	11.77504	8.69	16.3	0
t-2	49.73638	36.71	16.3	20.41
t-3	30.49209	22.5	16.3	6.2
t-4	6.326889	4.67	16.3	0
t-5	1.054482	0.78	16.3	0
t-6	0.439367	0.32	16.3	0
t-7	0.175747	0.13	16.3	0
		73.80		26.61

Dari tabel diatas diketahui bahwa nilai dengan koefisien Runoff sebesar 0.36, tebal hujan terinfiltrasi kedalam tanah ialah tebal hujan per jam dibawah 16.3 mm dari tebal hujan harian toal 73.8 mm. Sedangkan yang masuk kedalam aliran pada tebal hujan kala ulang 2 tahun hanya pada hujan jam-2 dan jam-3 dengan tebal hujan 20.41 mm dan 6.2 mm.

Tabel 4.21 Konversi Tebal Hujan Kala Ulang 5 Tahun menjadi Hujan yang masuk aliran

No	Persentase	Tebal Hujan Kala Ulang 5 Tahun	Index Ø	Hujan yang masuk aliran
t-1	11.77504	13.92	28.7	0
t-2	49.73638	58.79	28.7	30.09
t-3	30.49209	36.04	28.7	7.34
t-4	6.326889	7.48	28.7	0
t-5	1.054482	1.25	28.7	0
t-6	0.439367	0.52	28.7	0
t-7	0.175747	0.21	28.7	0
		103.87		37.43

Dari tabel diatas diketahui bahwa nilai dengan koefisien Runoff sebesar 0.36, tebal hujan terinfiltrasi kedalam tanah ialah tebal hujan per jam dibawah 28.7 mm dari tebal hujan harian toat 103.87 mm. Sedangkan yang masuk kedalam aliran pada tebal hujan kala ulang 5 tahun hanya pada hujan jam-2 dan jam-3 dengan tebal hujan 30.09 mm dan 7.34 mm.

Tabel 4.22 Konversi Tebal Hujan Kala Ulang 10 Tahun menjadi Hujan yang masuk aliran

No	Persentase	Tebal Hujan Kala Ulang 10 Tahun	Index Ø	Hujan yang masuk aliran
t-1	11.78	14.62	27.50	0.00
t-2	49.74	61.77	27.50	34.27
t-3	30.49	37.87	27.50	10.37
t-4	6.33	7.86	27.50	0.00
t-5	1.05	1.31	27.50	0.00
t-6	0.44	0.55	27.50	0.00
t-7	0.18	0.22	27.50	0.00
		124.20		44.64

Dari tabel diatas diketahui bahwa nilai dengan koefisien Runoff sebesar 0.36, tebal hujan terinfiltrasi kedalam tanah ialah tebal hujan per jam dibawah 27.5 mm dari tebal hujan harian toat 124.20 mm. Sedangkan yang masuk kedalam aliran pada tebal hujan kala ulang 5 tahun hanya pada hujan jam-2 dan jam-3 dengan tebal hujan 34.27 mm dan 10.37 mm.

Tabel 4.23 Konversi Tebal Hujan Kala Ulang 20 Tahun menjadi Hujan yang masuk aliran

NO	Persentase	Tebal Hujan Kala Ulang 20 Tahun	Index Ø	Hujan yang masuk aliran
t-1	11.78	16.95	32.00	0.00

t-2	49.74	71.59	32.00	39.59
t-3	30.49	43.89	32.00	11.89
t-4	6.33	9.11	32.00	0.00
t-5	1.05	1.52	32s.00	0.00
t-6	0.44	0.63	32.00	0.00
t-7	0.18	0.25	32.00	0.00
		143.94		51.48

Dari tabel diatas diketahui bahwa nilai dengan koefisien Runoff sebesar 0.36, tebal hujan terinfiltrasi kedalam tanah ialah tebal hujan per jam dibawah 32 mm dari tebal hujan harian toal 143.94 mm. Sedangkan yang masuk kedalam aliran pada tebal hujan kala ulang 5 tahun hanya pada hujan jam-2 dan jam-3 dengan tebal hujan 39.59 mm dan 11.89 mm.

4.2.1.5 Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis Snyder

Hidrograf satuan sintetis merupakan salah satu cara untuk memperkirakan hidrograf satuan dalam suatu perencanaan yang tidak tersedia data pengukuran langsung mengenai hidrograf banjir (Ghifari, 2018). Salah satu jenis hidrograf satuan sintetis dikembangkan oleh Snyder yang telah diuji penggunaannya pada DAS besar (25 km^2 - 300.000 km^2) oleh karena itu dapat digunakan sebagai metode analisis hidrograf pada DAS Kedurus yang memiliki luas 10 km^2 . Variabel masukan dalam analisis hidrograf HSS Snyder ditampilkan pada tabel dibawah.

Tabel 4.24 Variabel Masukan untuk analisis Hirograf Snyder

No	Variabel Masukan	Kode	Nilai
1.	Panjang Sungai Utama	L	4 Km
2.	Panjang sungai utama dari outlet ke titik terdekat dengan titik berat DAS	Lc	1 km
3.	Luas DAS	A	10 km ²
4.	Tebal Hujan	Pe	1,00 mm
6.	Koefisien Snyder	Cp	0,63
7.	Koefisien Snyder	Ct	1,25

Sumber : (USACE, 2001)

Berdasarkan luasannya, DAS Kedurus dapat diklasifikasikan ke dalam DAS kecil karena memiliki luas 10 Km^2 , sehingga memiliki nilai koefisien Ct

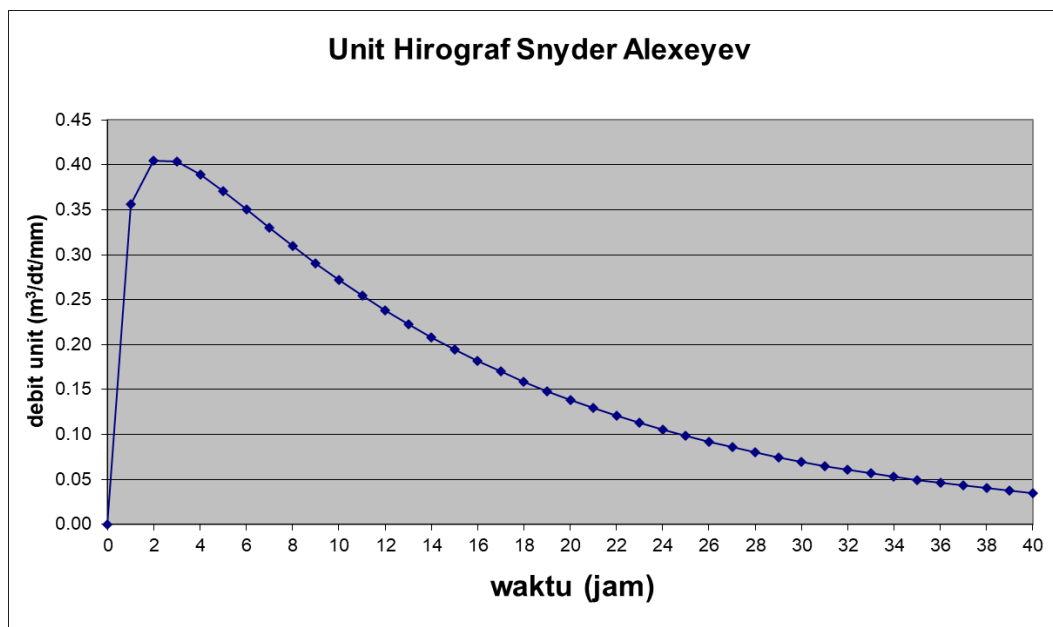
(Coefficient of topography) pada 1,25, sedangkan nilai koefisien C_p (*Peak Coefficient*) dapat ditentukan diantara 0,63. Berikut hasil perhitungan hidrograf satuan sintetis pada tabel dibawah.

Tabel 4.25 Perhitungan HSS Snyder

Parameter	Formula	Nilai
Koefisien C_t	-	1.25
Koefisien C_p	-	0.63
Debit Puncak (Q_p) (m^3/dt)	$Q_p = 2.75 * C_p * A / t_p$	0.407
Waktu Konsentrasi (T_p) (Jam)	$t_p = C_t(L.L_c)^{0.3}$	2.39

4.2.1.6 Model Hidrograf Alex Seyer

Model hidrograf Alexeyev merupakan pengembangan dari model hidrograf asli HSS Snyder. Pada model Alexeyev, hidrograf aliran tidak lagi berbentuk segitiga kaku, namun memiliki lengkungan yang terlihat lebih realistis. Grafik hidrograf dibangun berdasarkan hubungan antara debit puncak (Q_p) dan waktu (t), dengan penambahan koefisien λ dan a , untuk menghasilkan hidrograf versi Alexeyev. Hasil perhitungan hidrograf aliran versi Alexeyev ditunjukkan pada Gambar dibawah.



Gambar 4.13 Hidrograf Satuan Sintetis DAS Kedurus

Berdasarkan grafik hidrograf yang ditunjukkan pada Gambar diatas, dapat diketahui bahwa pada outlet DAS Kedurus, memiliki respon hidrograf yang tergolong cepat. Hal ini terlihat dari perbandingan antara waktu konsentrasi dengan waktu dari debit puncak hingga kembali ke aliran dasar. Hal ini disebabkan oleh bentuk DAS yang radial, dengan percabangan sungai yang cukup banyak di sepanjang sungai utama. Selain itu faktor luas DAS yang kecil juga berpengaruh terhadap debit puncak yang dicapai oleh DAS ini.

4.2.1.1 Hidrograf Superposisi

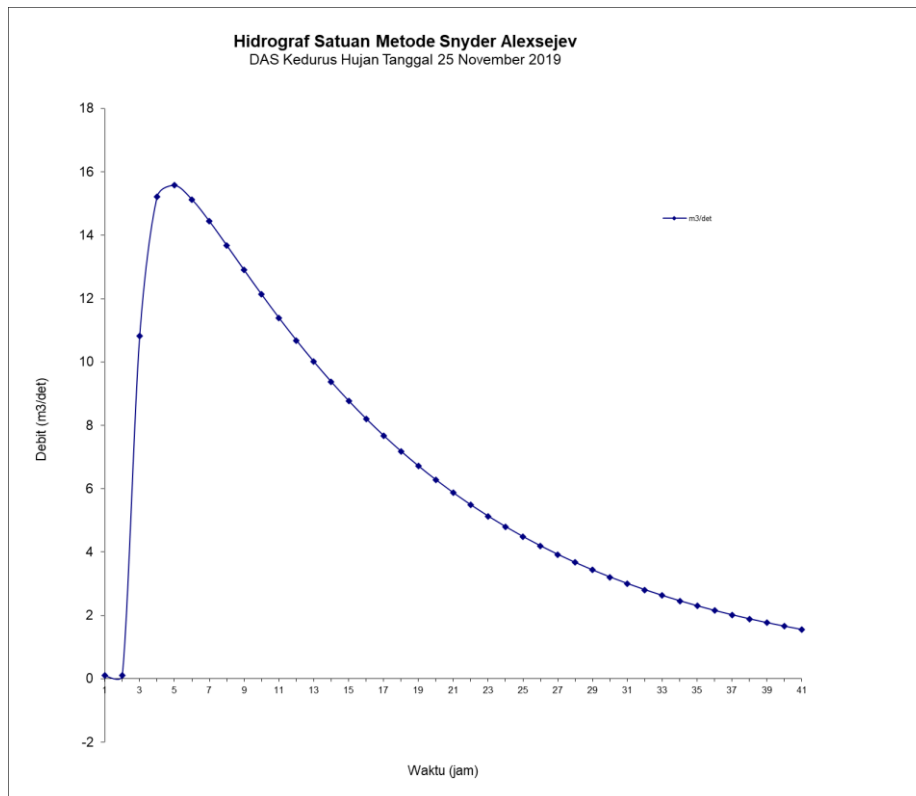
Setelah diperoleh hidrograf satuan sintetis yang menggambarkan hidrograf debit aliran pada saat hujan 1 mm, selanjutnya dilakukan perhitungan hidrograf superposisi yang menggambarkan debit aliran berdasarkan ketebalan hujan efektif yang jatuh pada durasi tertentu. Dalam praktek yang dijumpai dalam berbagai literature, hidrograf superposisi dihitung dalam bentuk tabel. Dalam penelitian ini, perhitungan dilakukan pada setiap skenario hidrograf satuan sintetis, dengan input hujan efektif dari tebal hujan wilayah pada saat banjir 27 November 2017, dan juga dari hujan efektif yang dihasilkan dari perhitungan hujan rancangan dengan periode ulang 2, 5, 10, dan 20 Tahun. Terutama pada periode ulang 20 tahun karena hasilnya menjadi masukan dalam pemodelan hidrolika di HEC RAS untuk menghasilkan peta tingkat bahaya banjir DAS Kedurus. Untuk perhitungan hidrograf superposisi pada salah satu skenario hidrograf satuan sintetis pada kondisi banjir 27 November 2017, ditampilkan Pada Tabel dibawah. Sedangkan model hidrograf superposisi pada setiap skenario hidrograf satuan sintetis pada kondisi banjir 22 November 2017 ditampilkan pada Gambar dibawah.

Tabel 4.26 Matriks Hidrograf Satuan Sintetis Untuk DAS Kedurus pada Tanggal 27 November 2017

Waktu (jam)	UH m ³ /det	1 0.00	2 30.1	3 8.2	4 0.00	5 0.00	6 0.00	QB	Q m ³ /det
0	0.00	0.00						0.100	0.100
1	0.36	0.00	0.00					0.100	0.100
2	0.41	0.00	10.72	0.00				0.100	10.821
3	0.40	0.00	12.19	2.92	0.00			0.100	15.215
4	0.39	0.00	12.15	3.32	0.00	0.00		0.100	15.575
5	0.37	0.00	11.72	3.31	0.00	0.00	0.00	0.100	15.129
6	0.35	0.00	11.15	3.19	0.00	0.00	0.00	0.100	14.443

7	0.33	0.00	10.54	3.04	0.00	0.00	0.00	0.100	13.679
8	0.31	0.00	9.93	2.87	0.00	0.00	0.00	0.100	12.898
9	0.29	0.00	9.33	2.70	0.00	0.00	0.00	0.100	12.130
10	0.27	0.00	8.75	2.54	0.00	0.00	0.00	0.100	11.389
11	0.25	0.00	8.20	2.38	0.00	0.00	0.00	0.100	10.680
12	0.24	0.00	7.67	2.23	0.00	0.00	0.00	0.100	10.007
13	0.22	0.00	7.18	2.09	0.00	0.00	0.00	0.100	9.371
14	0.21	0.00	6.72	1.96	0.00	0.00	0.00	0.100	8.772
15	0.19	0.00	6.28	1.83	0.00	0.00	0.00	0.100	8.208
16	0.18	0.00	5.87	1.71	0.00	0.00	0.00	0.100	7.679
17	0.17	0.00	5.48	1.60	0.00	0.00	0.00	0.100	7.182
18	0.16	0.00	5.12	1.49	0.00	0.00	0.00	0.100	6.717
19	0.15	0.00	4.79	1.40	0.00	0.00	0.00	0.100	6.281
20	0.14	0.00	4.47	1.30	0.00	0.00	0.00	0.100	5.873
21	0.13	0.00	4.17	1.22	0.00	0.00	0.00	0.100	5.491
22	0.12	0.00	3.90	1.14	0.00	0.00	0.00	0.100	5.134
23	0.11	0.00	3.64	1.06	0.00	0.00	0.00	0.100	4.800
24	0.11	0.00	3.40	0.99	0.00	0.00	0.00	0.100	4.488
25	0.10	0.00	3.17	0.93	0.00	0.00	0.00	0.100	4.197
26	0.09	0.00	2.96	0.86	0.00	0.00	0.00	0.100	3.924
27	0.09	0.00	2.76	0.81	0.00	0.00	0.00	0.100	3.670
28	0.08	0.00	2.58	0.75	0.00	0.00	0.00	0.100	3.432
29	0.07	0.00	2.41	0.70	0.00	0.00	0.00	0.100	3.210
30	0.07	0.00	2.25	0.66	0.00	0.00	0.00	0.100	3.003
31	0.07	0.00	2.10	0.61	0.00	0.00	0.00	0.100	2.809
32	0.06	0.00	1.96	0.57	0.00	0.00	0.00	0.100	2.629
33	0.06	0.00	1.83	0.53	0.00	0.00	0.00	0.100	2.460
34	0.05	0.00	1.70	0.50	0.00	0.00	0.00	0.100	2.302
35	0.05	0.00	1.59	0.46	0.00	0.00	0.00	0.100	2.155
36	0.05	0.00	1.48	0.43	0.00	0.00	0.00	0.100	2.018
37	0.04	0.00	1.39	0.40	0.00	0.00	0.00	0.100	1.890
38	0.04	0.00	1.29	0.38	0.00	0.00	0.00	0.100	1.770
39	0.04	0.00	1.21	0.35	0.00	0.00	0.00	0.100	1.658
40	0.03	0.00	1.13	0.33	0.00	0.00	0.00	0.100	1.554

Debit banjir rancangan maksimum = 15.58 m³/det



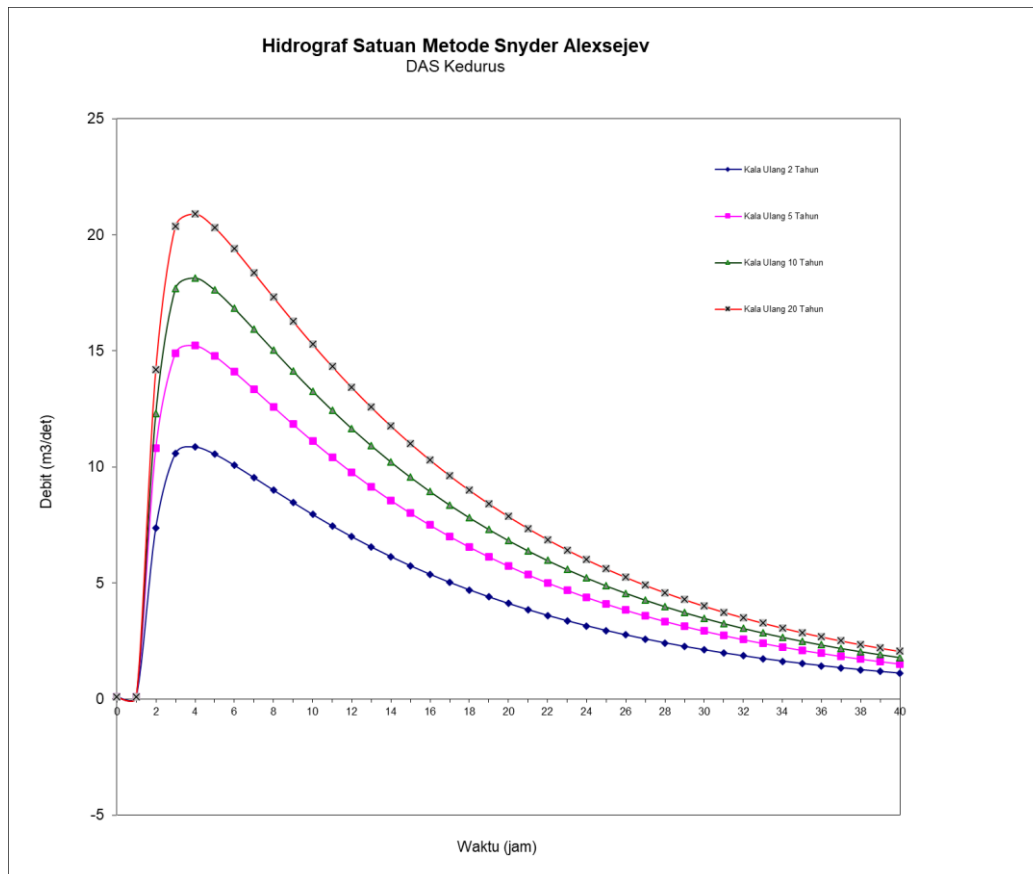
Gambar 4.14 Hidrograf Satuan Sintetis Untuk DAS Kedurus pada Tanggal 27 November 2017

Dari hasil matriks tersebut akan di buatkan pada kala ulang 2 , 5 , 10 dan 20 tahun dengan penggantian pada nilai hujan efektif sesuai dengan hasil analisis hujan efektif diatas. Berikut matriks HSS untuk DAS Kedurus Kala Ulang 2, 5, 10 dan 20 Tahun.

Tabel 4.27 HSS Kala ulang 2, 5, 10, 20 Tahun

JAM KE	Kala Ulang			
	2 thn	5 thn	10 thn	20 thn
0	0.10	0.10	0.10	0.10
1	0.10	0.10	0.10	0.10
2	7.37	10.82	12.31	14.20
3	10.58	14.90	17.68	20.37
4	10.85	15.22	18.14	20.90
5	10.55	14.78	17.63	20.31
6	10.07	14.10	16.83	19.40
7	9.54	13.36	15.94	18.37
8	9.00	12.59	15.03	17.32
9	8.47	11.84	14.14	16.29
10	7.95	11.12	13.27	15.29

11	7.46	10.43	12.45	14.34
12	6.99	9.77	11.66	13.43
13	6.55	9.15	10.92	12.58
14	6.13	8.56	10.22	11.77
15	5.74	8.01	9.56	11.01
16	5.37	7.50	8.94	10.30
17	5.03	7.01	8.36	9.63
18	4.70	6.56	7.82	9.00
19	4.40	6.13	7.31	8.42
20	4.12	5.73	6.84	7.87
21	3.85	5.36	6.39	7.35
22	3.60	5.01	5.97	6.87
23	3.37	4.69	5.59	6.43
24	3.15	4.38	5.22	6.01
25	2.95	4.10	4.88	5.61
26	2.76	3.83	4.56	5.25
27	2.58	3.58	4.27	4.90
28	2.42	3.35	3.99	4.58
29	2.26	3.14	3.73	4.29
30	2.12	2.93	3.49	4.01
31	1.98	2.74	3.26	3.75
32	1.86	2.57	3.05	3.50
33	1.74	2.40	2.85	3.28
34	1.63	2.25	2.67	3.06
35	1.53	2.11	2.50	2.87
36	1.43	1.97	2.34	2.68
37	1.35	1.85	2.19	2.51
38	1.26	1.73	2.05	2.35
39	1.18	1.62	1.92	2.20
40	1.11	1.52	1.80	2.06
Maks	10.85	15.22	18.14	20.90



Gambar 4.15 Hidrograf Satuan Sintetis DAS Kedurus Kala Ulang 2, 5, 10, 20 Tahun.

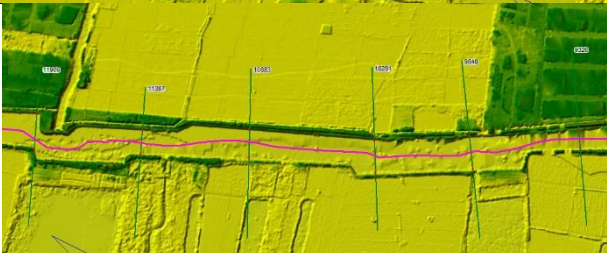
Dari hasil grafik dan tabel diatas ketahui bahwa debit rancangan mengalami titik kulminasi/titik puncak pada jam 4 dengan nilai tertinggi pada kala ulang 2 tahun sebesar 20.90 m³/detik. Hal ini dipengaruhi oleh hasil perhitungan hujan efektif yang mengalami puncaknya pada jam 2 dan 3. Pada jam selanjutnya akan terus turun hingga mencapai debit normalnya.

4.2.2 Koreksi Geometri Sungai Utama Kedurus pada Digital Terrain Model Lidar Surabaya

Data masukan berupa Digital Terrain Model (DTM) yang berasal dari Citra Lidar Surabaya dengan walidata adalah Dinas Perumahan Rakyat, Kawasan Permukiman dan Cipta Karya Tata Ruang Kota Surabaya. Data tersebut perlu dilakukan koreksi lapangan agar menggambarkan kondisi penampang sungai Kedurus sesuai dengan lapangan. Teknik yang digunakan adalah *XS Interpolation* (Arianto, 2015; Gichamo, Popescu, Jonoski, & Solomatine, 2012) pada Software HEC RAS 5.0. Berikut beberapa titik penampang yang mengalami indikasi perlu

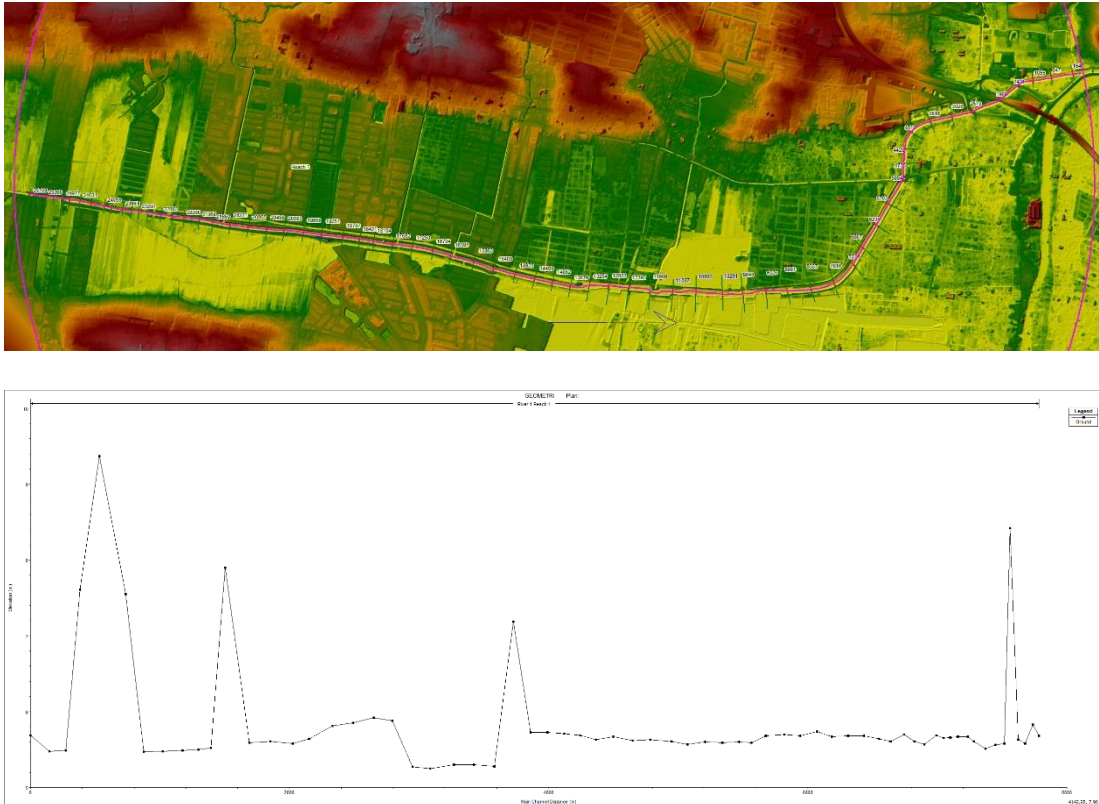
dilakukan koreksi terhadap penampang eksisting di karenakan alasan sebagai berikut :

Tabel 4.28 Indikasi Kerusakan pada DTM Lidar Surabaya di DAS Kedurus

Indikasi Lokasi perlu di koreksi	Penampang
• Kerusakan sensor • Jembatan yang melintasi penampang sungai	
• Kerusakan sensor • Sensor cahaya yang tidak dapat mengidentifikasi kedalaman dasar sungai	
• Kerusakan sensor • Jembatan yang melintasi penampang sungai	
• Sensor cahaya yang tidak dapat mengidentifikasi kedalaman dasar sungai	

• Sensor cahaya yang tidak dapat mengidentifikasi kedalaman dasar sungai	
• Jembatan yang melintasi penampang sungai • Sensor cahaya yang tidak dapat mengidentifikasi kedalaman dasar sungai	
• Kerusakan sensor • Sensor cahaya yang tidak dapat mengidentifikasi kedalaman dasar sungai	
• Kerusakan sensor	

Dari tabel diatas diketahui bahwa terhadap lokasi yang perlu di koreksi karena kerusakan sensor, jembatan yang melintasi penampang, ketidak mampuan sensor mengidentifikasi kedalaman dasar saluran. Kerusakan data DTM tersebut akan berpengaruh pada kemiringan sungai Kedurus dari hulu ke hilir (Ferguson & landforms, 1987; Lauri & Kumm, 2014; Manullang, Prasetyo, & Bashit, 2019). Kemiringan sungai atau *river slope* sangat penting untuk pemodelan banjir karena mempengaruhi penggambaran aliran air di dalam sungai Kedurus (Brandt & Lim, 2012). Berikut kondisi eksisting kemiringan sungai atau *river slope* Sungai Kedurus dari DTM Lidar 0.33 x 0.33 meter.

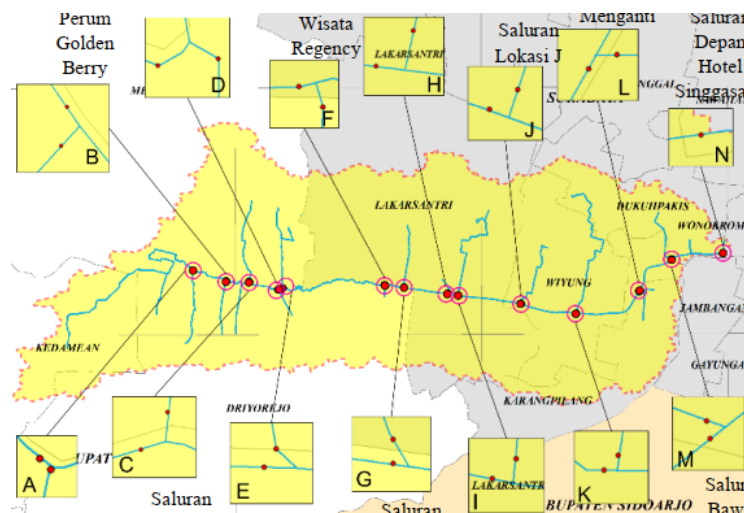


Gambar 4.16 Kondisi eksisting kemiringan sungai atau river slope Sungai Kedurus dari DTM Lidar 0.33 x 0.33 meter

Dari gambar diatas diketahui bahwa terjadi kerusakan pada profil melintang kemiringan sungai Kedurus, terdapat titik yang berada pada *zona outliner*. Sehingga diperlukan koreksi data DTM Lidar 0.33 x 0.33 meter.

Data DTM Lidar 0.33 x 0.33 meter akan di koreksi dengan geometri sungai eksisting hasil observasi lapangan. Geometri sungai adalah alur, palung dan lembah sungai yang dapat diukur secara vertikal dan horizontal (Ghifari, 2018). Parameter yang digunakan dalam pengukuran geometri sungai adalah panjang, lebar, kemiringan dan ketinggian yang terdeskripsikan melalui profil melintang dan memanjang (USACE, 2001). Geometri sungai utama Kedurus yang menjadi masukan dalam penelitian ini berasal dari data sekunder pengukuran lapangan yang telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya diwilayah yang sama (Purwitaningsih & Pamungkas, 2017). Geometri sungai berupa profil memanjang menghasilkan data kemiringan dasar sungai rata-rata pada bagian inlet dan outlet Segmen sungai Kedurus, dan digunakan sebagai kondisi batas pada pemodelan bahaya banjir di HEC RAS. Data geometri hasil survei (Purwitaningsih & Pamungkas, 2017) dalam

penelitiannya, ada 10 titik survei yang akan ditinjau lebar dasar dan kedalaman drainase. Data yang digunakan pada penelitian merupakan data yang berasal dari penelitian sebelumnya dan dilakukan pada lokasi yang sama. Sumber data berasal dari penelitian (Purwitaningsih & Pamungkas, 2017). Berikut titik survei saluran utama Kedurus.



Gambar 4.17 Titik survei saluran drainase utama Kedurus

Sumber : (Purwitaningsih & Pamungkas, 2017).

Berikut hasil rekap dari hasil survei oleh penelitian (*Purwitaningsih & Pamungkas, 2017*).

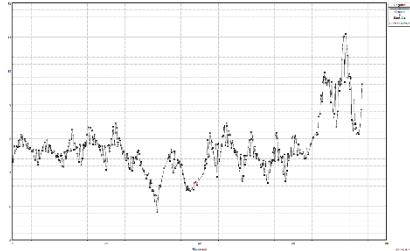
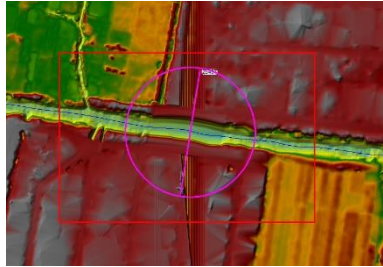
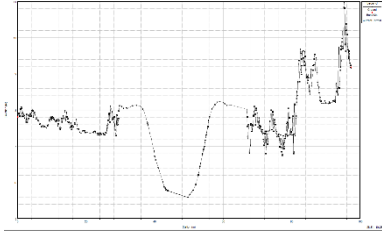
Tabel 4.29 Rekapitulasi Hasil Survei Kondisi Eksisting Saluran Drainase

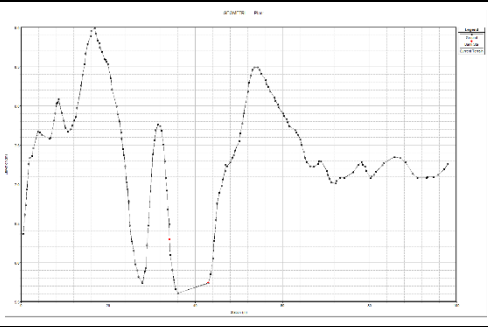
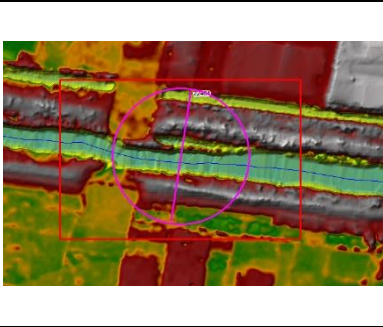
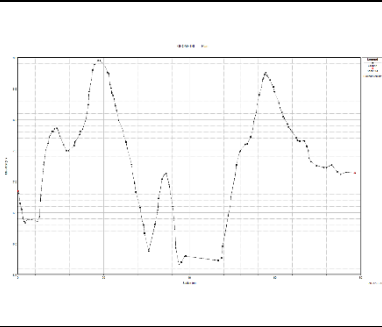
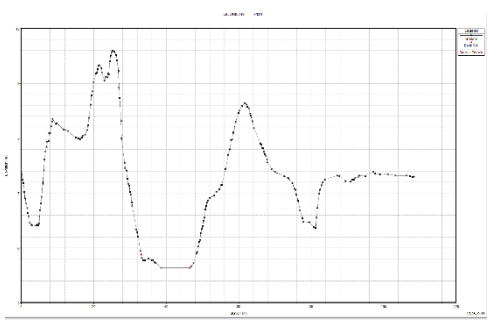
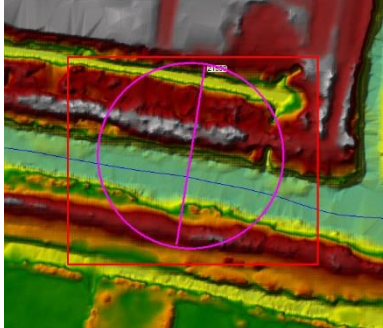
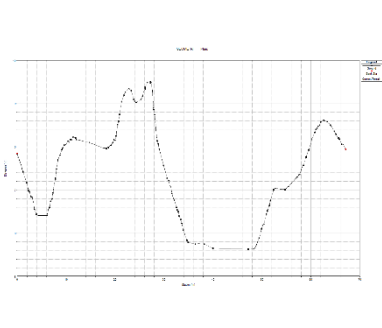
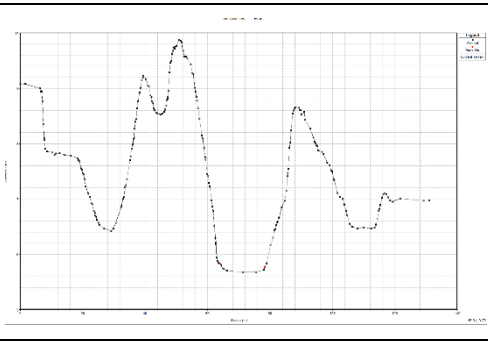
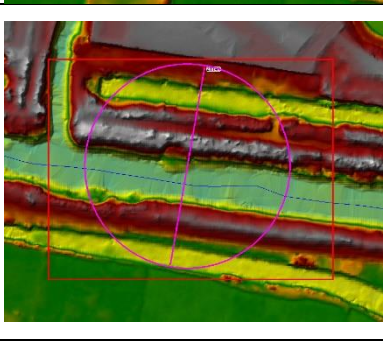
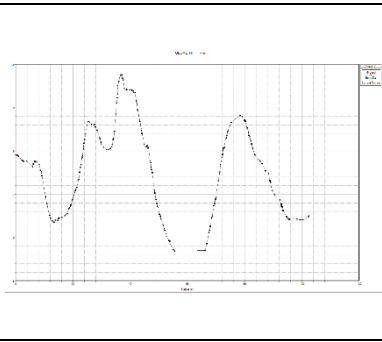
Lokasi	Stasioner	DTM Lidar 0.33 x 0.33 Meter			Data Pengukuran Lapangan		
		Titik Terendah Saluran (Meter)	Lebar Permukaan Saluran (Meter)	Lebar Dasar Saluran (Meter)	Titik Terendah Saluran (Meter)	Lebar Permukaan Saluran (Meter)	Lebar Dasar Saluran (Meter)
Saluran Perum Taman Wisata Regency F	25548	8.16 - 5.83	9.7	6.5	3.5	9.7	6.5
Saluran JL Raya Wisma Lidah Kulon G	22545	8.49-5.61	12.95	11.95	4.21	12.95	11.95
Perum Prambanan Residence H	21650	8.64-5.64	25.9	15.7	3.52	25.9	15.7
Saluran Perumahan Residence Gg 1 I	21271	8.66-5.68	25.85	15.7	3.52	25.85	15.7
Saluran J	16395	8.03-5.61	30.6	25.1	2.6	30.6	25.1
Saluran Belakang SMPN 34 K	11909	8.26-5.27	40.2	37	3.3	40.2	37
Saluran Jl Raya Menganti L	5094	5.58-8.82	37.5	29.72	3.51	37.5	29.72
Saluran Bawah Tol M	1908	7.86-9.66	17.1	13.5	2.4	17.1	13.5
Saluran Depan Hotel Singgasari	164	7.46-5.69	26.74	24.66	6.78	26.74	24.66

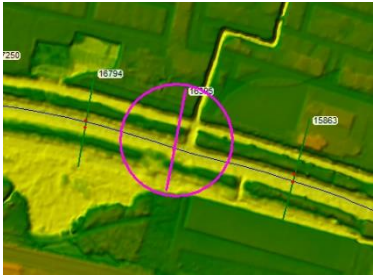
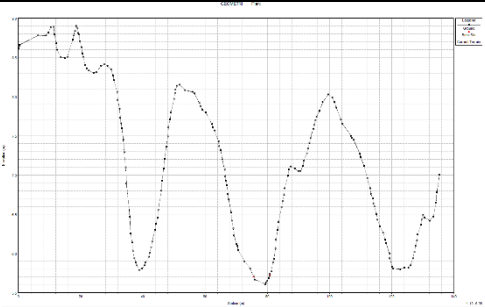
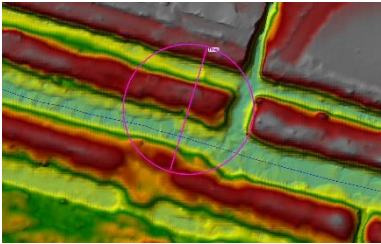
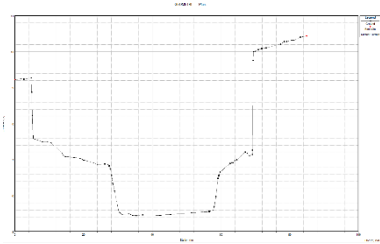
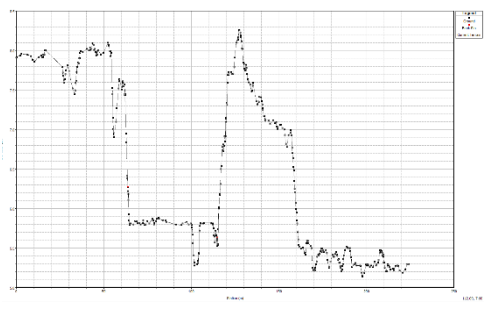
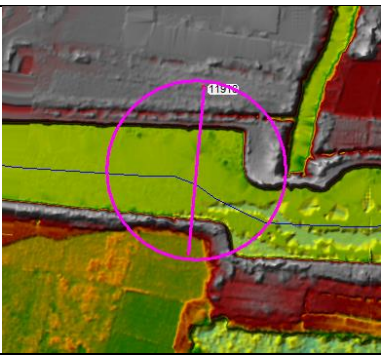
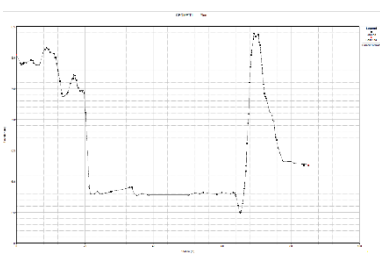
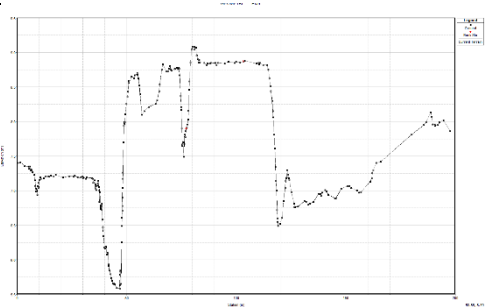
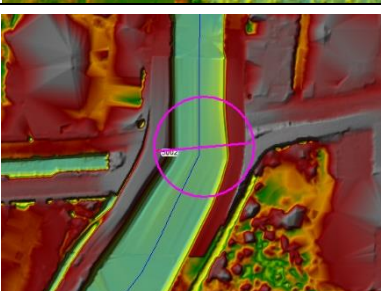
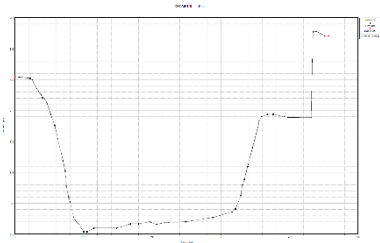
Sumber : (*Purwitaningsih & Pamungkas, 2017*)

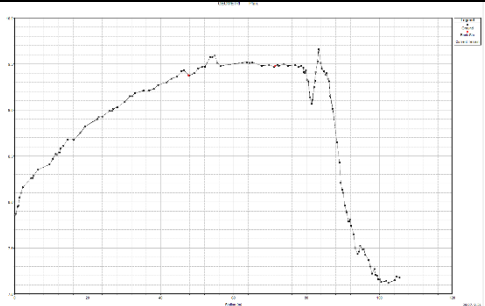
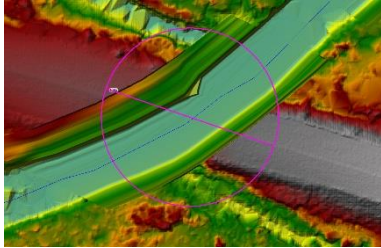
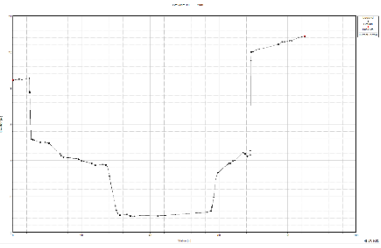
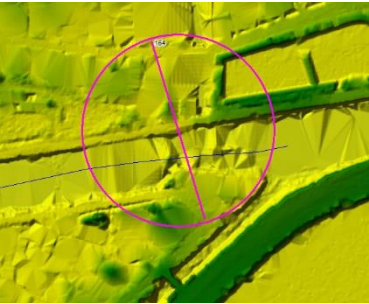
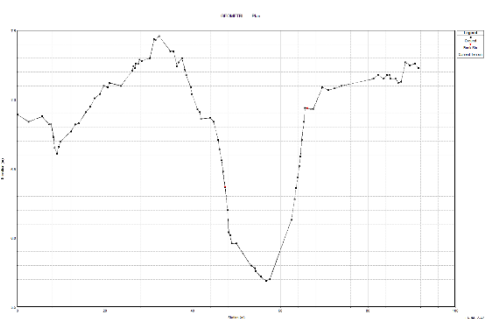
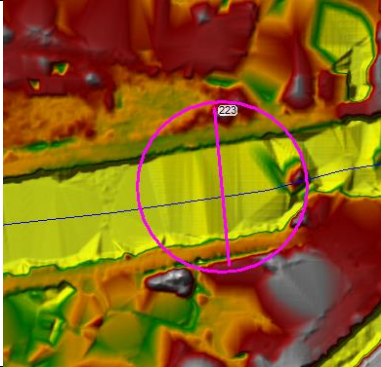
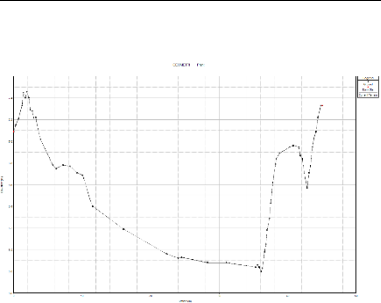
Kemudian dari data hasil pengukuran lapangan, direvisikan pada penampang eksisting Digital Terrain Model (DTM) Lidar Surabaya. Alat yang digunakan adalah Geometry Editor pada software HEC-RAS 5.0. Teknik yang di gunakan adalah dengan *Cross Section Editor*. Setiap *Cross Section* dibuat pada lokasi yang dilakukan pengukuran lapangan dan dinilai bermasalah (jembatan atau kerusakan sensor). Kemudian dilakukan Cross Section Editing sesuai dengan hasil pengukuran pangan untuk parameter kedalaman terendah, lebar dasar sungai dan lebar permukaan sungai pada setiap *Cross Section*. Berikut hasil *Cross Section Editing* pada DTM Lidar Surabaya.

Tabel 4.30 Hasil *Cross Section Editing* pada DTM Lidar Surabaya.

Stasioner		Sebelum Koreksi		Sesudah Koreksi	
		Gambar Penampang	Profile Melintang	Gambar Penampang	Profile Melintang
Saluran Perum Taman Wisata Regency F	25548				

Saluran JL Raya Wisma Lidah Kulon G	22545				
Perum Prambanan Residence H	21650				
Saluran Perumahan Residence Gg 1 I	21271				

Saluran J	16395				
Saluran Belakang SMPN 34 K	11909				
Saluran Jl Raya Menganti L	5094				

Saluran Bawah Tol M	1908				
Saluran Depan Hotel Singgasari	164				

Dari tabel diatas diketahui bahwa dari hasil cross section editing pada DTM Lidar Surabaya untuk kondisi 164eksisting mengalami beberapa perubahan besar pada beberapa cross section antara lain STA + 109.01, STA + 11909, STA +1908 dan STA +164. Signifikasi perubahan setelah editing tersebut menunjukan bahwa data mentah DTM Lidar Surabaya memiliki banyak error yang perlu di koreksi lapangan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

4.2.3 Membangun Peta Persebaran Koefisien Kekasaran Manning di DAS Kedurus

4.2.3.1 Persebaran Penggunaan Lahan Eksisting sebagai Kekasaran Permukaan DAS Kedurus

Dalam pemodelan banjir diperlukan koefisien kekasaran Manning yang menunjukkan hubungan antara kelas penggunaan lahan dengan proses terjadinya banjir. Koefisien kekasaran manning menunjukkan besaran suatu jenis penggunaan lahan mampu menahan laju limpasan air, semakin kasar nilai koefisien manning maka semakin baik kelas penggunaan lahan dalam menahan laju banjir (Yang et al., 2016). Di karenakan sebelumnya tidak ada penelitian tentang identifikasi nilai koefisien kekasaran Manning di wilayah penelitian, maka digunakan referensi secara global untuk menilai koefisien kekasaran Manning di wilayah penelitian. Literatur yang digunakan dalam justifikasi koefisien kekasaran Manning di DAS Kedurus adalah dari (Guo et al., 2010; Li & Zhang, 2001) sebagai berikut :

Tabel 4.31 Literatur Koefisien Kekasaran Manning untuk DAS Kedurus

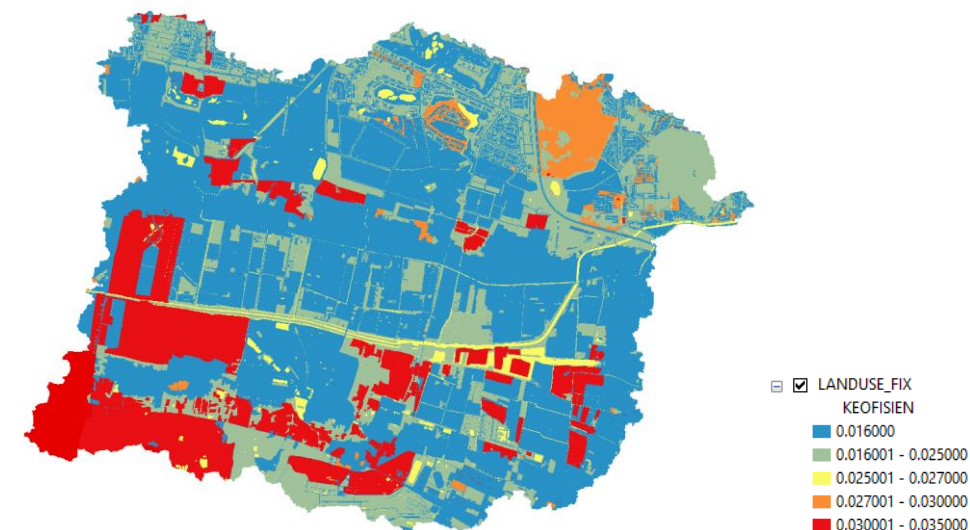
Penggunaan Lahan	Manning's roughness coefficient
Urban land (incl. rural road, town land, rural residence and mining land, highway)	0.016
Bare land (incl. saline alkali land, swamp, sand land, bare rock, construction site and threshing ground)	0.025
Water surface (incl. river, lake, reservoir, aquaculture)	0.027
Grassland (incl. reed and mudflat)	0.030
Cultivated land (incl. pasture, irrigation and water conservancy works, ridge, confined feeding operations and green house)	0.035
Heavy brush	0.075
Forest	0.150

Sumber : (Guo et al., 2010; Li & Zhang, 2001)

Kelas data penggunaan lahan eksisting yang digunakan dalam penelitian ini perlu dilakukan penyesuaian dengan literature koefisien kekasaran diatas, berikut hasil penyesuaian kelas penggunaan lahan di DAS Kedurus dengan literature koefisien kekasaran Manning.

Tabel 4.32 Penyesuaian Literature Koefisien Manning kedalam Data Penggunaan Lahan Eksisting

Penggunaan Lahan Eksisting	Koefisien Kekasaran Manning	Luas Ha	Luas %
Area Terbuka	0.025	518.01	18.73
Fasilitas Kesehatan	0.016	1.26	0.05
Fasilitas Olahraga	0.016	34.77	1.26
Fasilitas Pendidikan	0.016	47.57	1.72
Fasilitas Peribadatan	0.016	3.15	0.11
Fasilitas Sosial	0.016	1.55	0.06
Fasilitas Transportasi	0.016	0.08	0.00
Hankam	0.016	14.13	0.51
Industri	0.016	7.36	0.27
Pariwisata	0.016	0.01	0.00
Perairan	0.027	86.28	3.12
Perkantoran dan Perekonomian	0.016	28.99	1.05
Perkebunan	0.030	10.68	0.39
Permukiman	0.016	1,278.31	46.21
Pertanian dan Peternakan	0.035	491.30	17.76
Transportasi	0.016	242.64	8.77
TOTAL		2,766.08	100.00



Gambar 4.18 Peta Persebaran Koefisien Kekasaran Manning di DAS Kedurus

Berdasarkan tabel dan gambar diatas diketahui bahwa di DAS Kedurus di dominasi dengan kelas koefisien kekasaran Manning dengan nilai 0.016 dengan mencakupi 60% seluruh wilayah penelitian. Hal ini berakibat ketika terjadi banjir

akan menyebabkan aliran limpasan dengan kecepatan yang cukup tinggi. Diakibatkan oleh dominasi penggunaan lahan terbangun daripada lahan non terbangun bervegetasi.

4.2.3.2 Integrasi Koefisien Dasar Hijau pada Persebaran Penggunaan Lahan Eksisting sebagai Kekasaran Permukaan DAS Kedurus

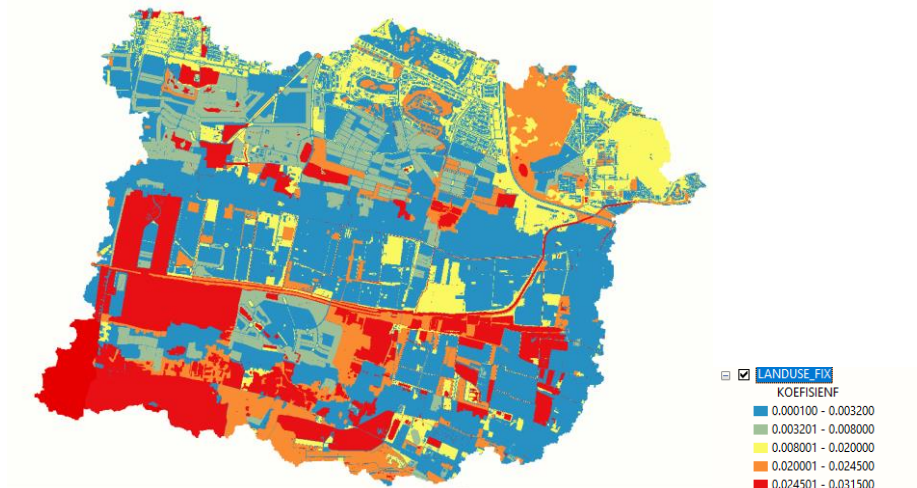
Nilai koefisien kekasaran Manning pada sub bab sebelumnya tidak langsung digunakan, akan tetapi dikombinasikan dengan koefisien dasar hijau. Hal ini karena dari suatu blok penggunaan lahan tidak seluruhnya terbangun, ada rasio keterbangunanannya yang diukur dengan koefisien dasar hijau. Koefisien dasar hijau diperoleh dari data koefisien dasar bangunan karena koefisien dasar hijau merupakan kebalikan dari koefisien dasar bangunan. (Dirapratama, 2015; Septiani et al., 2020).

Cara integrasi koefisien dasar hijau pada koefisien kekasaran Manning adalah dikalikan antara koefisien dasar hijau dan koefisien kekasaran Manning yang akan menghasilkan koefisien kekasaran Manning akhir untuk permodelan banjir pada penelitian ini. Berikut hasil pengkalian koefisien dasar hijau dan koefisien kekasaran Manning di DAS Kedurus.

Tabel 4.33 Integrasi Koefisien Dasar Hijau pada Persebaran Penggunaan Lahan Eksisting sebagai Kekasaran Permukaan DAS Kedurus

Penggunaan Lahan Eksisting	Koefisien Kekasaran Manning (N)	Koefisien Dasar Hijau	Koefisien Manning Akhir	Luas Ha
Area Terbuka	0.025	60	0.015	47.92
		70	0.0175	49.81
		80	0.02	126.85
		90	0.0225	293.43
Fasilitas Kesehatan	0.016	50	0.008	1.26
Fasilitas Olahraga	0.016	10	0.0016	0.36
		20	0.0032	0.43
		30	0.0048	1.46
		50	0.008	32.52
Fasilitas Pendidikan	0.016	20	0.0032	8.10
		30	0.0048	16.18
		40	0.0064	23.29
Fasilitas Peribadatan	0.016	20	0.0032	2.93

		30	0.0048	0.21
Fasilitas Sosial	0.016	20	0.0032	1.55
Fasilitas Transportasi	0.016	10	0.0016	0.08
Hankam	0.016	20	0.0032	14.13
Industri	0.016	10	0.0016	6.88
		20	0.0032	0.48
Pariwisata	0.016	10	0.0016	0.01
Perairan	0.027	100	0.027	86.28
Perkantoran dan Perekonomian	0.016	10	0.0016	28.99
Perkebunan	0.03	70	0.021	0.28
		80	0.024	3.94
		90	0.027	6.45
Permukiman	0.016	10	0.0016	642.95
		20	0.0032	370.02
		30	0.0048	98.05
		40	0.0064	49.82
		50	0.008	117.47
Pertanian dan PETERNAKAN	0.035	70	0.0245	12.95
		80	0.028	27.14
		90	0.0315	451.21
Transportasi	0.016	0	0	242.64
TOTAL				2,766.08



Gambar 4.19 Peta Integrasi Koefisien Dasar Hijau kedalam Koefisien Kekasaran Manning di DAS Kedurus

Dari tabel dan gambar di atas diketahui bahwa dominasi nilai koefisien kekasaran Manning ialah dengan nilai 0.0016. Artinya di DAS Kedurus di dominasi nilai koefisien kekasaran Manning yang rendah dan berakibat daya menahan laju banjir cukup rendah, sehingga berakibat potensi banjir yang tinggi.

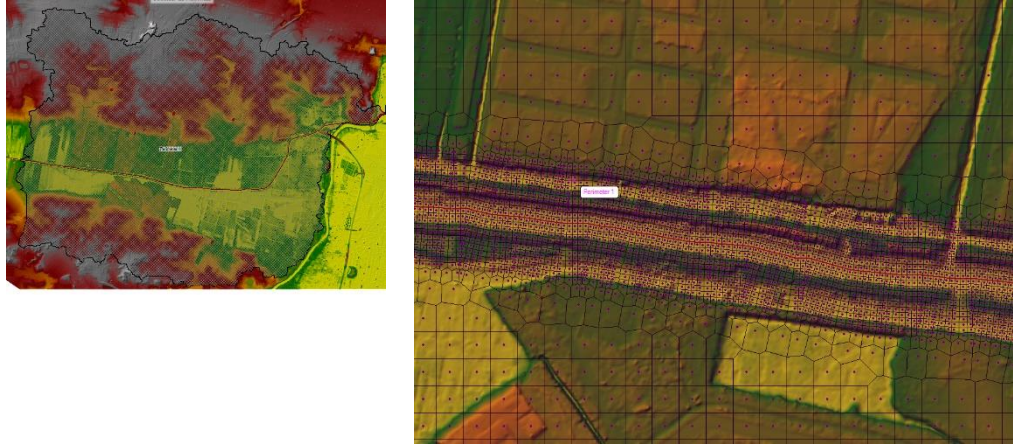
4.2.4 Permodelan Spasial Banjir di DAS Kedurus berbasis HEC-RAS

4.2.4.1 Pengaturan Kustomisasi pada HEC-RAS

1. Penggunaan 2D Flow Area

Pemodelan 2D HEC-RAS, fungsi *Cross Sections* digantikan oleh Mesh 2D yang memuat informasi elevasi dan *manning* pada setiap *grid* dan *Cell Faces* (USACE, 2016). Nilai elevasi di ekstraksi dari data Lidar sedangkan nilai *manning* di ekstraksi dari peta penggunaan lahan. Ukuran mesh ditetapkan 1x1 m pada setiap sel-nya, disesuaikan dengan resolusi spasial DEM yang menjadi masukan, sehingga menghasilkan total 1.815.118 sel pada lahan seluas 156,32 km². HEC-RAS 5 sendiri memiliki kemampuan memodelkan banjir 2 dimensi hingga maksimal ukuran mesh 0.33 x 0.33 m/sel. Tahap eksekusi model genangan banjir, dilakukan beberapa kali iterasi. Berdasarkan jumlah skenario hidrograf aliran yang ada. Tahap pertama dalam penelitian ini adalah menentukan perimeter wilayah potensi banjir, pada penelitian ini pengaturan dibagian ini menyesuaikan dengan wilayah DAS Kedurus. Tahapan selanjutnya pengaturan terkait *Break Lines*

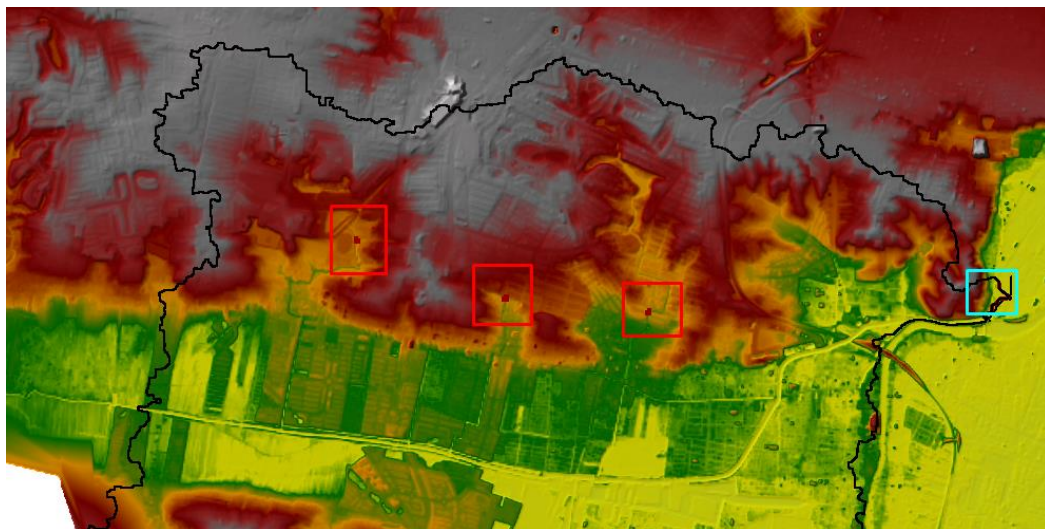
menyesuaikan dengan jaringan sungai Utama Kedurus. Penggabungan Perimeter dan Break Lines akan menghasilkan *Mesh* yang dengan ukuran 25 x 25 meter pada bagian luar sungai dan 5 x 5 meter pada bagian dalam sungai.

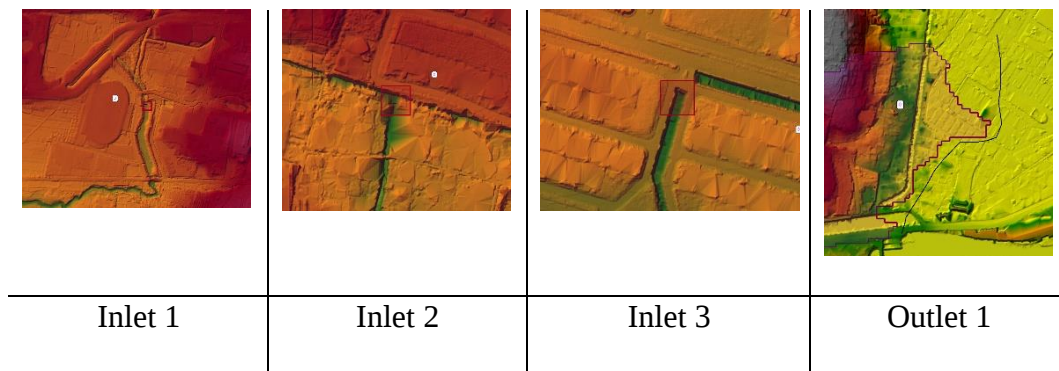


Gambar 4.20 Pembangunan Mesh pada Permodelan Spasial Banjir DAS Kedurus

2. Pengaturan *Boundary Conditions*

Pada tahap ini akan dilakukan pengaturan terkait lokasi inlet (air mulai menggenang) dan outlet (air mulai surut). Inlet akan diletakan pada lokasi tangkapan air berupa hilir saluran sekunder di DAS Kedurus dan outlet akan diletakan pada pertemuan sungai utama Kedurus dan Sungai Kalimas. Dalam penelitian terdapat 3 inlet dan 1 outlet. 3 Inlet diletakan pada 3 saluran sekunder utama Kedurus.





Gambar 4.21 Penentuan Lokasi Inlet dan Outlet

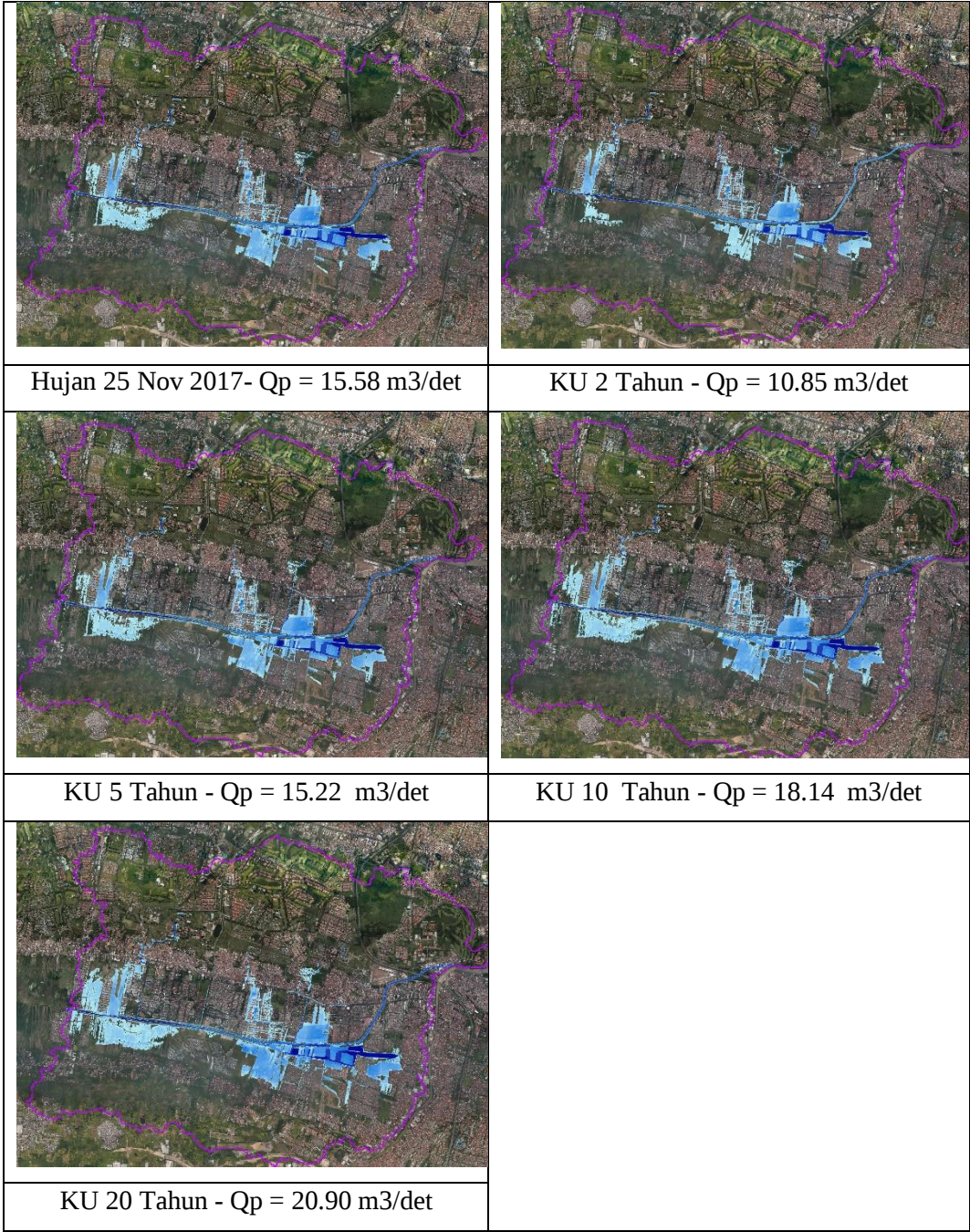
3. Penggunaan *Unsteady Flow Analysis*

Pemodelan bahaya banjir dalam penelitian ini menggunakan prinsip pemodelan hidrolika aliran terbuka melalui persamaan energi dan kontinuitas aliran mantap secara dua dimensi. Pemodelan secara dua dimensi (2D) digunakan atas pertimbangan karakteristik wilayah penelitian dan tujuan penelitian berdasarkan persyaratan penggunaan model 1D dan 2D (USACE, 2016), yang kurang baik apabila dimodelkan secara satu dimensi (1D). Pemodelan 2D dianggap lebih tepat dalam memodelkan bahaya banjir di DAS Kedurus. Maka dari itu pemodelan hanya dapat dilakukan secara *Unsteady Flow*, karena metode *Steady Flow* akan menghasilkan model yang *Over Estimate* pada pemodelan genangan banjir (G Idafi, Wahyono, Yulistiyorini, & Khomsianti, 2019). Berdasarkan hasil paparan di atas, maka digunakanlah model hidrograf superposisi dari setiap skenario HSS Snyder sebagai masukan utama debit sungai pada inlet model dan hujan efektif per jam sebagai masukan presipitasi lokal. Selain itu, dibutuhkan juga data geometrik sungai berupa kemiringan dasar penampang sungai yang digunakan sebagai kondisi batas di bagian *inlet* dan *outlet* model. Hal ini penting sebagai acuan dalam penentuan kecepatan aliran di awal perhitungan model.

4.2.4.2 Output Permodelan Spasial Banjir DAS Kedurus

Hasil analisis sasaran 1 ini adalah peta banjir DAS Kedurus berdasarkan skenario kala ulang. Selain sesuai skenario kala ulang untuk keperluan validasi model dilakukan pemodelan untuk hujan pada tanggal 25 November 2017. Dihasilkan peta banjir dengan 5 seri waktu yaitu banjir pada tanggal 25 November 2017, kala ulang 2 tahun, kala ulang 5 tahun, kala ulang 10 tahun dan kala ulang 20 tahun. Berikut hasil model spasial banjir DAS Kedurus. Output sampai tahap ini

berupa file raster berformat .TIF yang menggambarkan hasil model spasial banjir yang belum dilakukan filterisasi/pemotongan pada area yang merupakan perairan (sungai dan area perairan lainnya). Berikut hasil model spasial banjir DAS Kedurus.

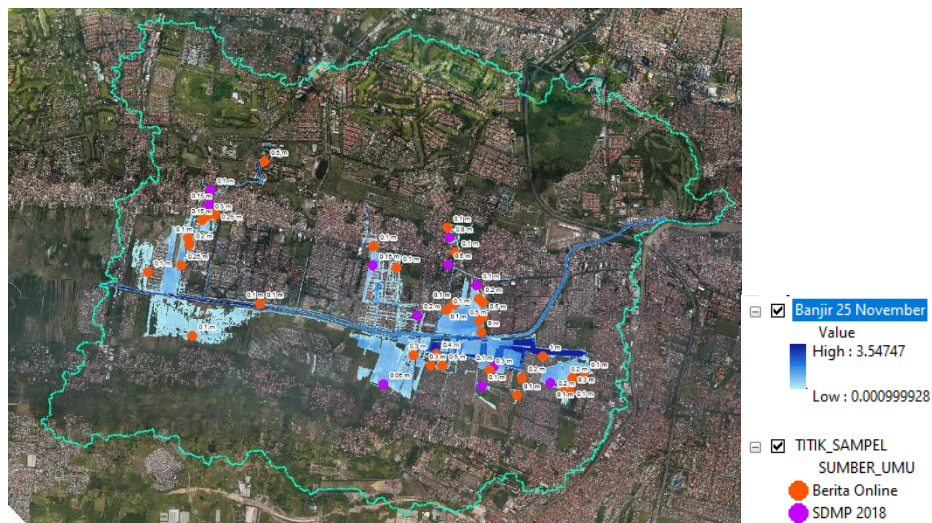


Gambar 4.22 Hasil Permodelan Spasial Banjir di DAS Kedurus berdasarkan parameter kondisi eksting

4.2.4.3 Validasi Hasil Model Banjir

Validasi hasil pemodelan bahaya banjir dilakukan dengan membandingkan ketinggian banjir hasil model dengan sampel ketinggian banjir hasil pengukuran lapangan. Teknik validasi yang digunakan adalah Cross Validation yang mengacu pada permodelan spasial (Roberts et al., 2017; Zischg, Mosimann, Bernet, & Röthlisberger, 2017). *Cross Validation* adalah membandingkan data hasil sampel lapangan dan hasil model pada lokasi yang sama.

Penentuan lokasi sampel akan menggunakan *spatial random sampling* sesuai wilayah hasil model pada tahap sebelumnya untuk hujan 25 November 2017. Populasinya adalah seluruh wilayah tergenang banjir pada molde 25 November 2017 dan sampelnya merupakan beberapa titik yang di ambil dari data sekunder dari hasil survey Surabaya Drainage Management Plan pada tahun 2017 dan berita online yang di petakan.



Gambar 4.23 Lokasi Sampel Validasi Banjir 25 November 2017

Tingkat keakuratan model terhadap kondisi aktual banjir diukur dengan nilai RMSE (Root Mean Square Error) dan (LE90 Linear Error 90% (yang telah menjadi standar dalam uji akurasi vertikal suatu data spasial (Badan Informasi Geografis, 2014; Gupta, Singh, Snehmani, Ganju, & Sciences, 2014; Willmott & Matsuura, 2006). RMSE adalah metode alternatif untuk mengevaluasi teknik peramalan yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi hasil prakiraan suatu

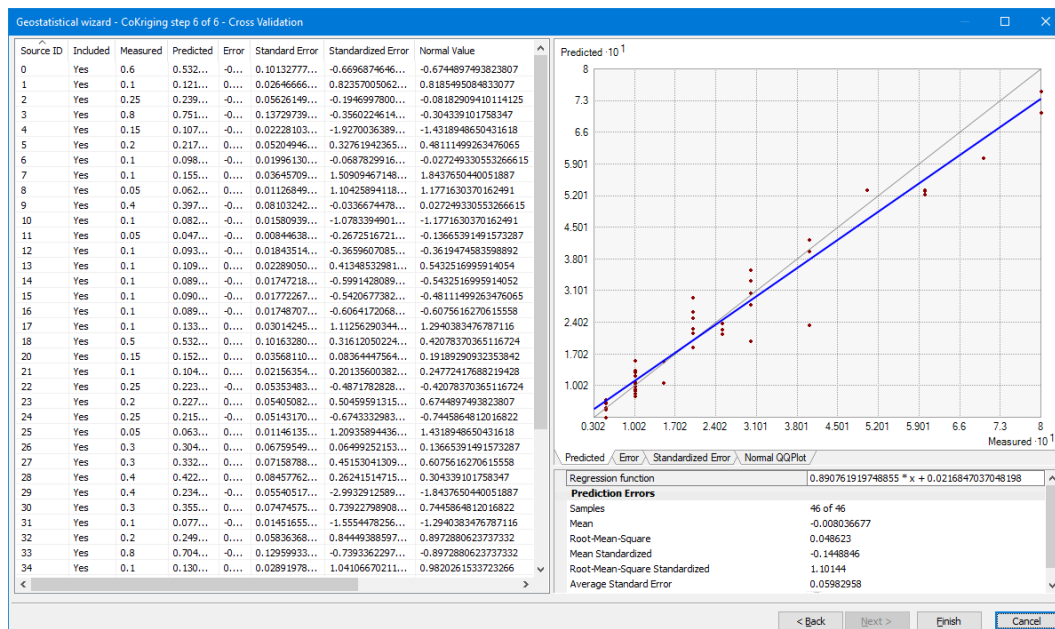
model. RMSE merupakan nilai rata-rata dari jumlah kuadrat kesalahan, juga dapat menyatakan ukuran besarnya kesalahan yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan. Nilai RMSE rendah menunjukkan bahwa variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan mendekati variasi nilai obeservasinya. Sedangkan Linear Error 90% (LE90) adalah ukuran ketelitian geometrik vertikal (ketinggian) yaitu nilai jarak yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta dengan nilai ketinggian sebenarnya tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut.

Formula dari RMSE sebagai berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Predicted_i - Actual_i)^2}{N}}$$

Sedangkan Formula LE09 sebagai berikut :

$$LE90 = 1,6499 \times RMSE$$



Gambar 4.24 Hasil Pengujian RMSE pada Arc GIS 10.7.5

Berdasarkan pengujian RMSE model banjir pada tanggal 25 November memiliki nilai 0.15 yang artinya secara rata-rata model memiliki tingkat error dalam menggambarkan kondisi banjir sebenarnya sebesar 0.046 meter. Sedangkan perhitungan LE09 menunjukkan nilai model adalah 0.24, yang artinya perbedaan maksimal antara model banjir dengan kondisi sebenarnya banjir sebesar 0.24 m. Dari nilai RMSE sebesar 0.15 dibawah nilai errors 1 (Chai & Draxler, 2014; Sharif Ahmadian, 2016) model dinyatakan valid. Jika dibandingkan dengan penelitian serupa dari (Ghifari, 2018) yang memodelkan banjir dengan metode sama, menghasilkan nilai RMSE 0.076 , maka model banjir pada penelitian ini lebih baik. Maka dan dari nilai LE09 dibawah nilai satu sehingga model dikategorikan model kualitas 1 (Badan Informasi Geografis, 2014).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Berikut perhitungan RMSE dan LE09 pada model spasial banjir tanggal 25 November 2017 :

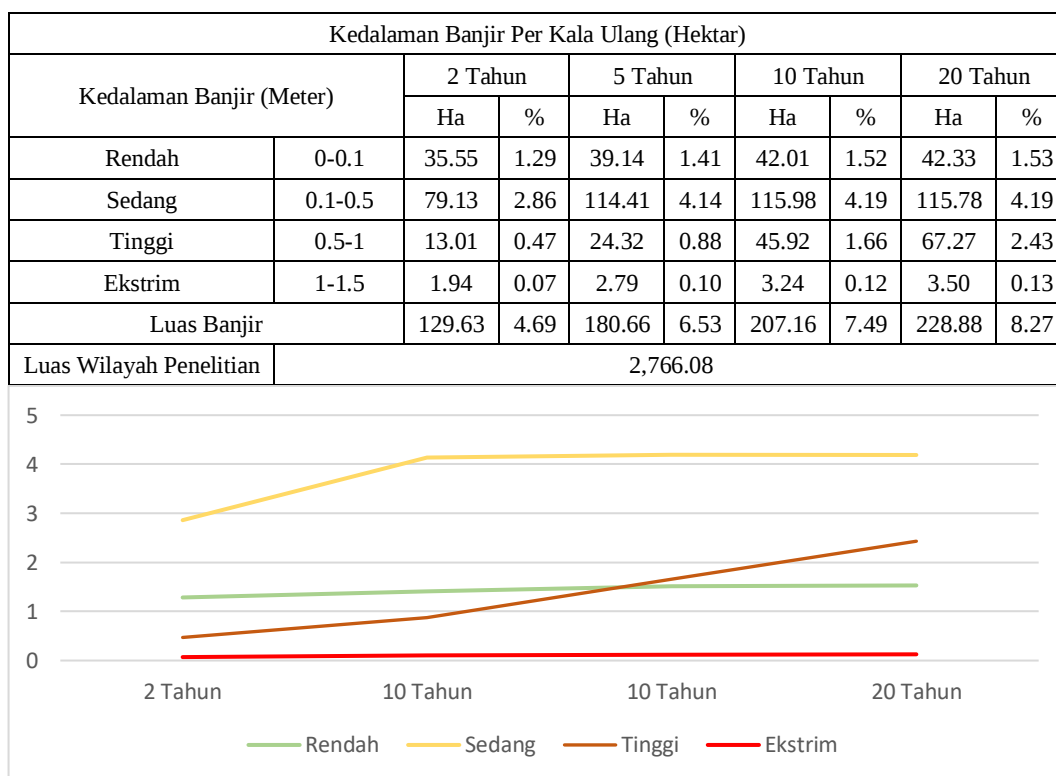
INFORMASI LOKASI			KEDALAM BANJIR (M)		PERHITUNGAN RMSE DAN LE90			
KODE LOKASI	X	Y	LAPANGAN	MODEL	RESIDUAL	SQUARE RESIDUAL	RMSE	LE90
1	112° 41' 21.379" E	7° 18' 44.238" S	0.6	0.590	0.010	0.000	0.046	0.076
2	112° 41' 40.012" E	7° 19' 25.388" S	0.1	0.118	-0.018	0.000		
3	112° 39' 43.914" E	7° 18' 20.324" S	0.25	0.253	-0.003	0.000		
4	112° 41' 21.944" E	7° 18' 33.179" S	0.8	0.866	-0.066	0.004		
5	112° 40' 50.765" E	7° 18' 44.475" S	0.15	0.101	0.049	0.002		
6	112° 39' 44.701" E	7° 18' 14.276" S	0.2	0.222	-0.022	0.000		
7	112° 40' 4.944" E	7° 19' 0.227" S	0.1	0.091	0.009	0.000		
8	112° 41' 35.384" E	7° 19' 33.164" S	0.1	0.153	-0.053	0.003		
9	112° 41' 8.978" E	7° 19' 4.657" S	0.05	0.055	-0.005	0.000		
10	112° 42' 3.283" E	7° 19' 31.850" S	0.4	0.431	-0.031	0.001		
11	112° 41' 33.082" E	7° 18' 52.305" S	0.1	0.076	0.024	0.001		
12	112° 40' 55.179" E	7° 19' 32.779" S	0.05	0.041	0.009	0.000		
13	112° 41' 24.439" E	7° 18' 39.198" S	0.1	0.085	0.015	0.000		
14	112° 39' 35.255" E	7° 18' 33.663" S	0.1	0.102	-0.002	0.000		
15	112° 41' 21.165" E	7° 18' 29.154" S	0.1	0.082	0.018	0.000		
16	112° 40' 51.013" E	7° 18' 36.670" S	0.1	0.083	0.017	0.000		
17	112° 39' 19.270" E	7° 18' 47.528" S	0.1	0.082	0.018	0.000		
18	112° 41' 0.306" E	7° 18' 45.520" S	0.1	0.125	-0.025	0.001		
19	112° 40' 6.294" E	7° 18' 2.659" S	0.5	0.600	-0.100	0.010		
20	112° 40' 4.944" E	7° 19' 0.227" S	0.1	0.091	0.009	0.000		
21	112° 39' 46.336" E	7° 18' 24.265" S	0.15	0.150	0.000	0.000		
22	112° 39' 37.248" E	7° 19' 13.499" S	0.1	0.097	0.003	0.000		

23	112° 39' 33.157" E	7° 18' 44.834" S	0.25	0.230	0.020	0.000		
24	112° 39' 35.932" E	7° 18' 36.581" S	0.2	0.233	-0.033	0.001		
25	112° 39' 41.148" E	7° 18' 26.511" S	0.25	0.226	0.024	0.001		
26	112° 39' 43.831" E	7° 18' 24.279" S	0.05	0.057	-0.007	0.000		
27	112° 41' 7.550" E	7° 19' 20.786" S	0.3	0.321	-0.021	0.000		
28	112° 41' 14.411" E	7° 19' 25.017" S	0.3	0.352	-0.052	0.003		
29	112° 41' 19.242" E	7° 19' 25.085" S	0.4	0.462	-0.062	0.004		
30	112° 41' 16.679" E	7° 19' 20.185" S	0.4	0.243	0.157	0.025		
31	112° 41' 38.377" E	7° 19' 26.800" S	0.3	0.400	-0.100	0.010		
32	112° 41' 49.620" E	7° 19' 36.847" S	0.1	0.073	0.027	0.001		
33	112° 41' 51.302" E	7° 19' 29.899" S	0.2	0.259	-0.059	0.003		
34	112° 42' 0.205" E	7° 19' 21.029" S	0.8	0.806	-0.006	0.000		
35	112° 42' 11.419" E	7° 19' 35.834" S	0.1	0.118	-0.018	0.000		
36	112° 42' 8.464" E	7° 19' 35.652" S	0.2	0.267	-0.067	0.004		
37	112° 42' 12.009" E	7° 19' 32.107" S	0.3	0.196	0.104	0.011		
38	112° 42' 12.194" E	7° 19' 29.781" S	0.05	0.024	0.026	0.001		
39	112° 42' 16.975" E	7° 19' 27.998" S	0.2	0.298	-0.098	0.010		
40	112° 41' 36.168" E	7° 18' 58.477" S	0.05	0.060	-0.010	0.000		
41	112° 41' 34.301" E	7° 18' 57.554" S	0.2	0.185	0.015	0.000		
42	112° 41' 24.237" E	7° 19' 0.296" S	0.1	0.092	0.008	0.000		
43	112° 41' 23.718" E	7° 19' 0.040" S	0.05	0.045	0.005	0.000		
44	112° 41' 21.032" E	7° 19' 2.569" S	0.3	0.295	0.005	0.000		
45	112° 41' 33.988" E	7° 19' 7.042" S	0.7	0.685	0.015	0.000		
46	112° 41' 35.833" E	7° 19' 4.645" S	0.6	0.584	0.016	0.000		
47	112° 41' 35.082" E	7° 19' 11.366" S	0.6	0.591	0.009	0.000		

4.2.4.4 Interpretasi Hasil Model

Dari model spasial banjir, diketahui berdasarkan luas wilayah banjir mencakupi sebanyak 8.27 % wilayah penelitian atau seluas 228.88 Ha pada kondisi paling ekstrim kala ulang 20 tahun. Jika diklasifikasi berdasarkan kedalaman banjir per skenario kala ulang dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4.34 Kedalaman Banjir Per Skenario Kala Ulang



Gambar 4.25 Kedalaman Banjir Per Skenario Kala Ulang

Menurut skenario kala ulang dari kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun dan 20 tahun mengalami kenaikan luas banjir berturut turut 129.63 Ha, 180.66 Ha, 207.16 Ha dan paling luas pada kala ulang 20 tahun seluas 228.88 Ha. Jika dilihat dari klasifikasinya, bahaya banjir menengah dengan ketinggian 0,1-0,5 mengalami kenaikan dari luas 35.55 Ha (kala ulang 2 tahun), 39.14 Ha (kala ulang 5 tahun), 42.01 Ha (kala ulang 10 tahun) dan 42.33 Ha (kala ulang 20 tahun). Untuk bahaya banjir tinggi dengan ketinggian 0,1-0,5 mengalami kenaikan dari luas 79.13 Ha (kala ulang 2 tahun), 114.41 Ha (kala ulang 5 tahun), 115.98 Ha (kala ulang 10 tahun) dan 115.78 Ha (kala ulang 20 tahun). Untuk bahaya banjir tinggi dengan

ketinggian dengan ketinggian 0,1-0,5 mengalami kenaikan dari luas 13.01 Ha (kala ulang 2 tahun), 24.32 Ha (kala ulang 5 tahun), 45.92 Ha (kala ulang 10 tahun) dan 67.27 Ha (kala ulang 20 tahun). Sedangkan bahaya banjir tinggi dengan ketinggian dengan ketinggian 0,1-0,5 mengalami kenaikan dari luas 1.94 Ha (kala ulang 2 tahun), 2.79 Ha (kala ulang 5 tahun), 3.24 Ha (kala ulang 10 tahun) dan 3.50 Ha (kala ulang 20 tahun).

Jika ditinjau dari skenario paling buruk dengan debit puncak 20.90 m³/detik pada kala ulang 20 tahun yang diasumsikan sebagai beban maksimal yang harus di tampung oleh DAS Kedurus. berikut lokasi yang mengalami banjir.

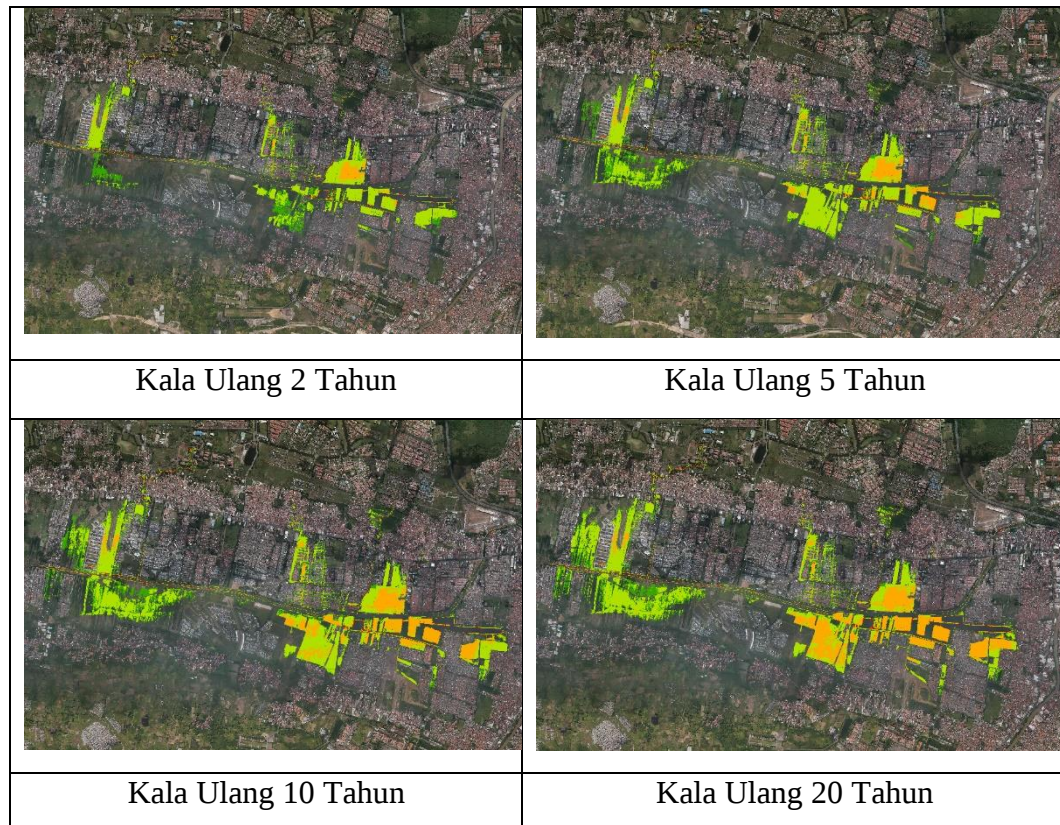
Tabel 4.35 Kedalaman Banjir Kala Ulang 20 Tahun Per Kelurahan

Kelurahan	LUAS PER KEDALAMAN BANJIR				Total
	Rendah	Sedang	Tinggi	Ekstrim	
	0-0.1	0.1-0.5	0.5-1	1-1.5	
Babatan	7.09	9.69	1.71	0.16	18.65
Balas Klumprik	1.34	13.34	17.47	0.06	32.21
Bangkingan	11.44	26.69	0.29	0.11	38.54
Dukuh Pakis					0.00
Gunungsari	0.02	0.06	0.07	0.20	0.36
Jajar Tunggal	0.16	0.27	0.23	0.12	0.78
Karang Pilang					0.00
Kebraon	1.39	4.33	3.69	0.15	9.55
Kedurus	1.07	5.51	9.51	0.22	16.31
Lidah Kulon	12.02	27.16	2.92	0.59	42.69
Lidah Wetan	2.71	2.18	0.61	0.47	5.97
Lontar					0.00
Pradah Kali Kendal					0.00
Putat Gede					0.00
Sambikerep					0.00
Sawunggaling					0.00
Sumurwelut	1.95	6.42	3.67	0.07	12.11
Waru Gunung					0.00
Wiyung	3.14	20.10	27.08	1.35	51.66
Grand Total	42.32	115.75	67.26	3.50	228.83

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa, kelurahan dengan luas banjir paling luas ada adalah Kelurahan Lidah Kulon. Sedangkan untuk dengan kedalaman paling tinggi diatas 1 meter yang paling luas merupakan Kelurahan

Wiyung. Hal ini disebabkan Kelurahan Wiyung berada dekat dengan saluran utama Kedurus dan memiliki topografi yang cukup rendah dibanding kawasan lain.

Jika ditinjau dari persebaran penggunaan lahan, penggunaan lahan eksisting mempengaruhi koefisien limpasan (Runoff) dan koefisien kekasaraan Manning dalam proses terjadinya banjir. Berikut persebaran kedalaman banjir kala ulang 20 tahun per penggunaan lahan yang ada.



4.3 Mengevaluasi pengaturan penggunaan lahan, aturan bangunan dan sistem drainase yang ada dalam mengurangi banjir di DAS Kedurus.

4.3.1 Identifikasi Debit Puncak Akibat Penerapan Rencana Penggunaan Lahan dan Rencana Koefisien Dasar Bangunan

4.3.1.1 Penentuan Nilai Koefisien Aliran (RunOff) akibat Penerapan Rencana Penggunaan Lahan dan Rencana Koefisien Dasar Bangunan

Penentuan Koefisien Aliran Runoff pada tahapan ini menggunakan pendekatan sama dengan sasaran 1 yaitu koefisien aliran Cook. Dari 4 parameter, 3 parameter menggunakan klasifikasi pembobotan yang sama dengan sasaran 1.

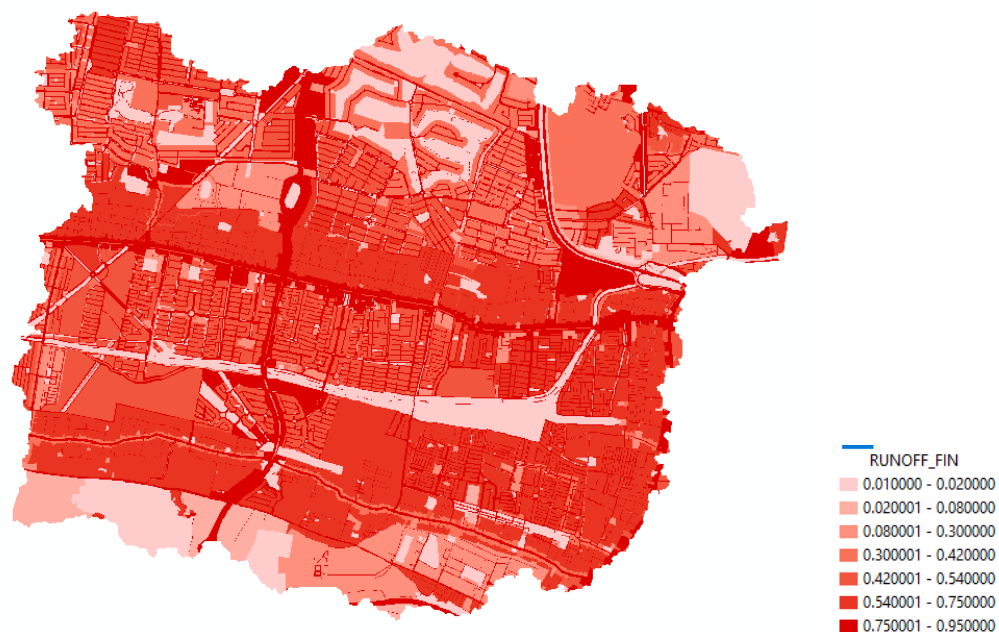
Hanya parameter tutupan vegetasi yang disesuaikan dengan rencana penggunaan lahan dan rencana dasar bangunan. Acuan nilai koefisien run off untuk setiap kelas rencana penggunaan lahan berasal dari (McCuen, 1989). Dari nilai Runoff setiap klasifikasi rencana penggunaan lahan, kemudian dikalikan dengan rencana koefisien dasar bangunan per blok rencana penggunaan lahan. Berikut hasil penyesuaian klasifikasi dan pembobotan tutupan vegetasi berdasarkan rencana penggunaan lahan.

Tabel 4.36 Penyesuaian Klasifikasi Pembobotan Tutupan Vegetasi berdasarkan Rencana Penggunaan Lahan dan Rencana KDB

Kawasan	Zona	Sub_Zona	Referensi Runoff	KDB	Penyesuaian Runoff	Luas Ha	Luas %
Badan Air Dan Jalan	Jalan	Jalan	0.95	100	0.95	552.10	16.27
	Saluran	Saluran	0.5	90	0.45	26.70	0.79
	Sungai	Sungai	0.1	10	0.01	27.40	0.81
Kawasan Budidaya	Industri	Aneka Industri	0.8	60	0.48	11.36	0.33
	Perdagangan Dan Jasa	Skala Lokal/Lingkungan	0.7	60	0.42	96.82	2.85
		Skala Regional/Kota/UP	0.95	100	0.95	173.42	5.11
	Perkantoran	Kantor Pemerintah	0.5	50	0.25	14.83	0.44
	Perumahan	Rumah Kepadatan Rendah	0.4	90	0.36	307.95	9.07
			0.6	80	0.48	337.88	9.96
		Rumah Kepadatan Sedang		90	0.54	146.34	4.31
				100	0.6	212.10	6.25
		Rumah Kepadatan Tinggi	0.75	80	0.6	20.59	0.61
				90	0.675	416.81	12.28
				100	0.75	218.37	6.43
	Peruntukan Khusus	Instalasi Utilitas	0.35	60	0.21	2.59	0.08
		Pertahanan Dan Keamanan	0.5	60	0.3	173.16	5.10
	Ruang Terbuka Hijau	Jalur Hijau	0.3	10	0.03	0.08	0.00
	Sarana Pelayanan Umum	Kesehatan	0.5	50	0.25	2.14	0.06
		Olahraga	0.5	50	0.25	2.71	0.08
		Pendidikan	0.5	50	0.25	62.65	1.85
		Peribadatan	0.5	50	0.25	5.06	0.15
		Sarana Pelayanan Umum Lainnya	0.5	50	0.25	17.47	0.51
		Sosial Budaya	0.5	50	0.25	8.89	0.26
		Transportasi	0.5	50	0.25	0.19	0.01
Kawasan Lindung	Perlindungan Bawahan	Hutan Kota	0.4	20	0.08	68.50	2.02
		Waduk/Bozem	0.1	10	0.01	49.01	1.44

	Perlindungan Setempat	Sempadan Sungai	0.2	10	0.02	24.43	0.72
		Sempadan SUTT	0.2	10	0.02	34.38	1.01
		Sempadan Waduk/Bozem	0.2	10	0.02	11.39	0.34
	Ruang Terbuka Hijau	Jalur Hijau	0.3	10	0.03	39.77	1.17
		Makam	0.2	10	0.02	71.72	2.11
		Taman Dan Lapangan	0.2	10	0.02	257.02	7.57
Grand Total						3,393	

Sumber : (McCuen, 1989) termodifikasi dengan rencana penggunaan lahan RDTRK Surabaya. 2018



Gambar 4.26 Peta Penyesuaian Runoff referensi menjadi Runoff penyesuaian dengan Rencana Penggunaan Lahan dan KDB

Dominasi nilai koefisien run off penyesuaian menunjukkan bahwa di DAS Kedurus adalah nilai 0.95 sebesar 16.27%, sedangkan diurutkan kedua adalah nilai 0.675 sebesar 12.28%. Hal ini akan berdampak pada peningkatan yang signifikan pada debit puncak.

Tahap selanjutnya peta *runoff* parameter tutupan vegetasi yang tersesuiakan akan di overlay dengan 3 parameter lainnya. Hasilnya adalah koefisien Run Off DAS Kedurus berdasarkan Rencana Penggunaan Lahan dan Rencana Koefisien Dasar Bangunan. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4.37 Proses Overlay 4 Parameter Penentu Koefisien Limpasan *Run Off*

KELERENGAN	RUN OFF PER PARAMETER				PERHITUNGAN	
	KERAPATAN ALIRAN	TEKTUR TANAH	TUTUPAN VEGETASI	TOTAL	LUAS HA	RUN OFF AKHIR
0.28	0.00	0.06	0.10	0.44	309.35	0.04
0.28	0.00	0.06	0.07	0.41	215.13	0.03
0.28	0.00	0.06	0.04	0.38	206.87	0.02
0.28	0.00	0.08	0.07	0.43	123.32	0.02
0.28	0.00	0.08	0.10	0.46	114.76	0.02
0.28	0.00	0.04	0.05	0.37	126.28	0.01
0.28	0.00	0.08	0.06	0.42	108.84	0.01
0.28	0.00	0.06	0.00	0.34	128.55	0.01
0.28	0.00	0.06	0.05	0.39	102.64	0.01
0.28	0.00	0.04	0.10	0.42	90.85	0.01
0.28	0.00	0.08	0.05	0.41	86.27	0.01
0.20	0.00	0.06	0.10	0.36	94.92	0.01
0.28	0.00	0.06	0.05	0.39	85.08	0.01
0.28	0.00	0.08	0.08	0.44	72.70	0.01
0.20	0.00	0.06	0.04	0.30	74.84	0.01
0.28	0.00	0.04	0.06	0.38	56.76	0.01
0.28	0.00	0.06	0.03	0.37	57.99	0.01
0.28	0.00	0.06	0.03	0.37	57.27	0.01
0.28	0.06	0.08	0.01	0.43	48.62	0.01
0.28	0.06	0.08	0.08	0.50	40.92	0.01
0.28	0.06	0.08	0.00	0.42	47.94	0.01
0.20	0.00	0.06	0.00	0.26	66.99	0.01
0.28	0.06	0.06	0.03	0.43	39.56	0.01
0.28	0.00	0.06	0.08	0.42	38.78	0.00
0.28	0.00	0.08	0.04	0.40	32.99	0.00
0.28	0.06	0.06	0.10	0.50	25.25	0.00
0.28	0.00	0.08	0.03	0.39	31.37	0.00
0.20	0.00	0.06	0.07	0.33	36.97	0.00
Selengkapnya Terlampir.						
38.22	3.84	11.5	7.16	60.72	3393.58	0.38



Gambar 4.27 Hasil Overlay 4 Parameter Penentu Koefisien Limpasan *Run Off*

Berdasarkan gambar dan tabel diatas diketahui akibat penerapan rencana penggunaan lahan dan rencana KDB di DAS Kedurus menghasilkan nilai Run Off sebesar 0.38. Artinya dari 100 mm hujan yang turun dalam sehari 38 mm tidak dapat terinfiltrasi kedalam tanah dan harus di tampung di saluran drainase. Run off parameter rencana tersebut meningkat sebanyak 0.2 poin dari Run Off parameter eksisting. Sehingga RDTRK di DAS Kedurus tidak menurunkan nilai Run Off bahkan menaikkan nilai Run Off yang berdampak semakin besar potensi banjir yang akan terjadi.

4.3.1.2 Konversi Curah Hujan Harian Ke Hujan Efektif Per Jam dengan Run Off Rencana

Perubahan nilai koefisien run off akan berdampak pada hujan efektif yang masuk ke saluran. Pada tahap ini dilakukan perhitungan ulang terhadap nilai hujan efektif dan Index Ø. Hujan efektif didapatkan dengan mengalikan koefisien run off dengan curah hujan. Sedangkan index Ø dengan mengurangi curah hujan harian hingga mencapai nilai hujan efektif.

Tabel 4.38 Tabel Parameter Hujan Efektif

Parameter	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	20 Tahun
Tebal Hujan (mm)	73.8	103.8	124.2	143.9
Koefisien RunOFF	0.38	0.38	0.38	0.38
Hujan Efektif (Tebal Hujan x Koefisien RunOff)	28.04	39.47	47.19	54.69

Index Ø				
---------	--	--	--	--

Tahap Selanjutnya adalah mengubah hujan harian menjadi hujan yang masuk aliran setiap jamnya per skenario kala ulang. Teknik menggunakan Index Ø untuk mengurangi hujan per jam sehingga didapatkan sisa hujan yang masuk aliran selama sehari. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4.39 Konversi Tebal Hujan Kala Ulang 2 Tahun menjadi Hujan yang masuk aliran dengan Run Off Rencana

No	Persentase	Tebal Hujan Kala Ulang 2 Tahun	Index Ø	Hujan Yang masuk aliran
t-1	11.78	8.69	15.5	0
t-2	49.74	36.71	15.5	21.21
t-3	30.49	22.5	15.5	7
t-4	6.33	4.67	15.5	0
t-5	1.05	0.78	15.5	0
t-6	0.44	0.32	15.5	0
t-7	0.18	0.13	15.5	0
		73.8		28.21

Dari tabel diatas diketahui bahwa nilai dengan koefisien Runoff sebesar 0.38, tebal hujan terinfiltrasi kedalam tanah ialah tebal hujan per jam dibawah 16.3 mm dari tebal hujan harian total 73.8 mm. Sedangkan yang masuk kedalam aliran pada tebal hujan kala ulang 2 tahun hanya pada hujan jam-2 dan jam-3 dengan tebal hujan 21.21 mm dan 7 mm.

Tabel 4.40 Konversi Tebal Hujan Kala Ulang 5 Tahun menjadi Hujan yang masuk aliran dengan Run Off Rencana

No	Persentase	Tebal Hujan Kala Ulang 5 Tahun	Index Ø	Hujan yang masuk aliran
t-1	11.78	13.92	27.7	0
t-2	49.74	58.79	27.7	31.09
t-3	30.49	36.04	27.7	8.34
t-4	6.33	7.48	27.7	0
t-5	1.05	1.25	27.7	0
t-6	0.44	0.52	27.7	0
t-7	0.18	0.21	27.7	0
		103.87		39.43

Dari tabel diatas diketahui bahwa nilai dengan koefisien Runoff sebesar 0.38, tebal hujan terinfiltrasi kedalam tanah ialah tebal hujan per jam dibawah 27.7 mm dari tebal hujan harian toat 103.87 mm. Sedangkan yang masuk kedalam aliran pada tebal hujan kala ulang 5 tahun hanya pada hujan jam-2 dan jam-3 dengan tebal hujan 31.09 mm dan 8.34 mm.

Tabel 4.41 Konversi Tebal Hujan Kala Ulang 10 Tahun menjadi Hujan yang masuk aliran dengan Run Off Rencana

No	Persentase	Tebal Hujan Kala Ulang 10 Tahun	Index Ø	Hujan yang masuk aliran
t-1	11.78	14.62	26	0
t-2	49.74	61.77	26	35.77
t-3	30.49	37.87	26	11.87
t-4	6.33	7.86	26	0
t-5	1.05	1.31	26	0
t-6	0.44	0.55	26	0
t-7	0.18	0.22	26	0
		124.2		47.64

Dari tabel diatas diketahui bahwa nilai dengan koefisien Runoff sebesar 0.38, tebal hujan terinfiltrasi kedalam tanah ialah tebal hujan per jam dibawah 26 mm dari tebal hujan harian toat 124.20 mm. Sedangkan yang masuk kedalam aliran pada tebal hujan kala ulang 10 tahun hanya pada hujan jam-2 dan jam-3 dengan tebal hujan 35.77 mm dan 11.87 mm.

Tabel 4.42 Konversi Tebal Hujan Kala Ulang 20 Tahun menjadi Hujan yang masuk aliran dengan Run Off Rencana

No	Persentase	Tebal Hujan Kala Ulang 20 Tahun	Index Ø	Hujan yang masuk aliran
t-1	11.78	16.95	30.5	0
t-2	49.74	71.59	30.5	41.09
t-3	30.49	43.89	30.5	13.39
t-4	6.33	9.11	30.5	0
t-5	1.05	1.52	30.5	0
t-6	0.44	0.63	30.5	0
t-7	0.18	0.25	30.5	0
		143.94		54.48

Dari tabel diatas diketahui bahwa nilai dengan koefisien Runoff sebesar 0.38, tebal hujan terinfiltrasi kedalam tanah ialah tebal hujan per jam dibawah 30.5 mm dari tebal hujan harian toal 143.94 mm. Sedangkan yang masuk kedalam aliran pada tebal hujan kala ulang 20 tahun hanya pada hujan jam-2 dan jam-3 dengan tebal hujan 41.09 mm dan 13.39 mm.

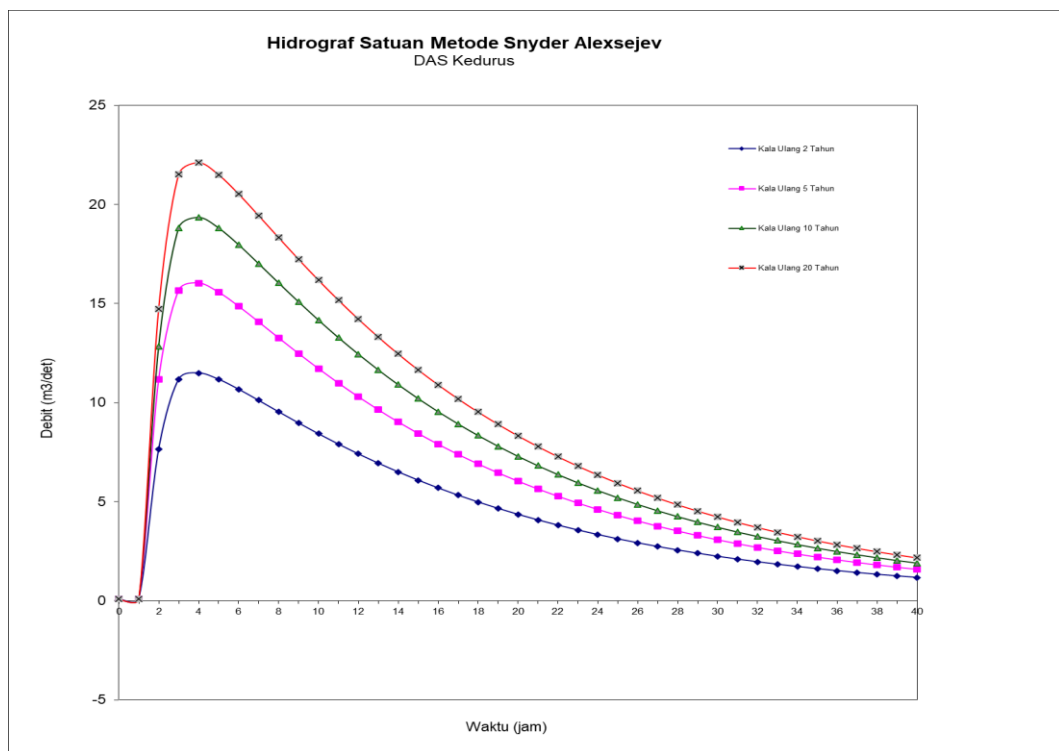
4.3.1.3 Hidrograf Superposisi dengan Run Off Rencana

Perubahan hujan efektif akan mempengaruhi grafik hidrograf superposisi dan debit puncak (Q_p) per scenario kala ulang. Perubahannya akan terjadi pada hujan efektif per jamnya. Semakin besar hujan efektif per jam akan berdampak pada debit per jamnya dan debit puncaknya.

Tabel 4.43 Hidrograf Superposisi dengan Run Off Rencana Per Skenario Kala Ulang

JAM KE	Kala Ulang			
	2 thn	5 thn	10 thn	20 thn
0	0.10	0.10	0.10	0.10
1	0.10	0.10	0.10	0.10
2	7.65	11.17	12.84	14.73
3	11.19	15.67	18.82	21.52
4	11.50	16.03	19.35	22.12
5	11.18	15.57	18.82	21.50
6	10.68	14.86	17.97	20.54
7	10.12	14.08	17.02	19.45
8	9.55	13.27	16.05	18.34
9	8.98	12.48	15.10	17.25
10	8.43	11.72	14.17	16.19
11	7.91	10.99	13.29	15.18
12	7.41	10.30	12.45	14.22
13	6.94	9.64	11.66	13.32
14	6.50	9.03	10.91	12.46
15	6.09	8.45	10.21	11.66
16	5.70	7.90	9.55	10.90
17	5.33	7.39	8.93	10.20
18	4.99	6.91	8.35	9.53
19	4.66	6.46	7.81	8.91
20	4.36	6.04	7.30	8.33
21	4.08	5.65	6.82	7.79
22	3.82	5.28	6.38	7.28
23	3.57	4.94	5.96	6.80

24	3.34	4.62	5.57	6.36
25	3.12	4.32	5.21	5.94
26	2.92	4.04	4.87	5.55
27	2.74	3.77	4.55	5.19
28	2.56	3.53	4.26	4.85
29	2.40	3.30	3.98	4.53
30	2.24	3.09	3.72	4.24
31	2.10	2.89	3.48	3.96
32	1.97	2.70	3.25	3.70
33	1.84	2.53	3.04	3.46
34	1.73	2.37	2.85	3.24
35	1.62	2.22	2.66	3.03
36	1.52	2.07	2.49	2.83
37	1.42	1.94	2.33	2.65
38	1.33	1.82	2.18	2.48
39	1.25	1.70	2.04	2.32
40	1.17	1.60	1.91	2.17
Maks	11.50	16.03	19.35	22.12



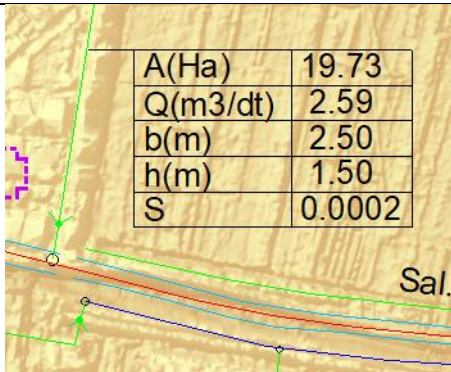
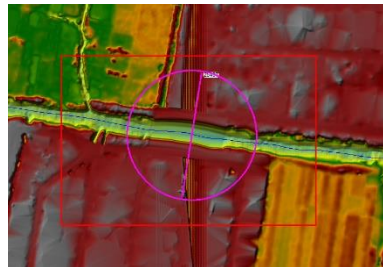
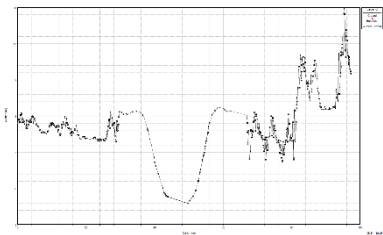
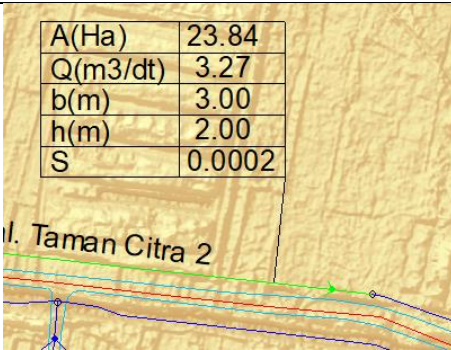
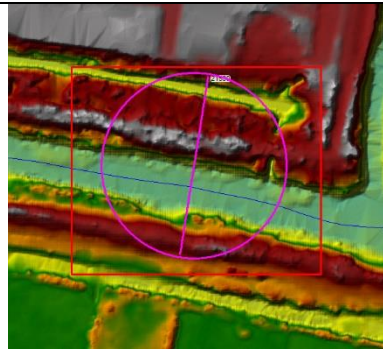
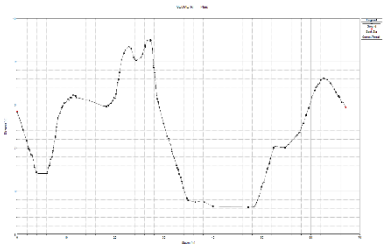
Gambar 4.28 Hidrograf Superposisi dengan Run Off Rencana Per Skenario Kala Ulang

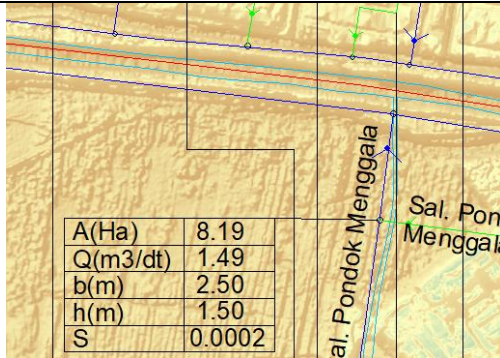
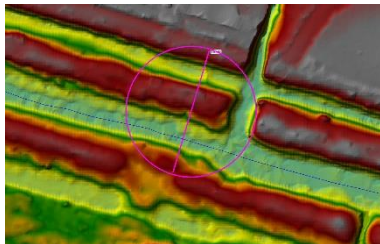
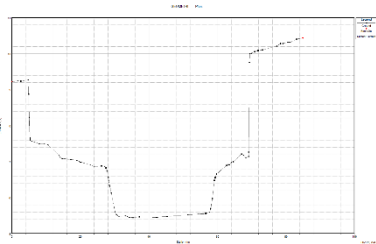
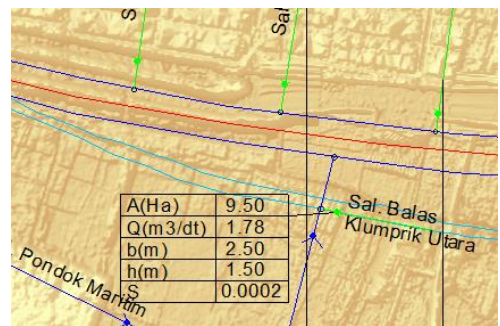
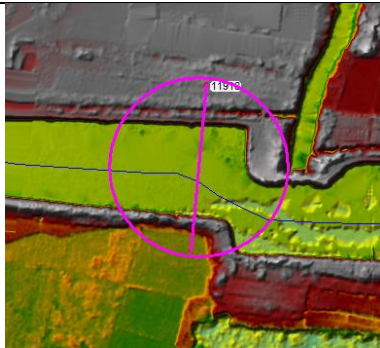
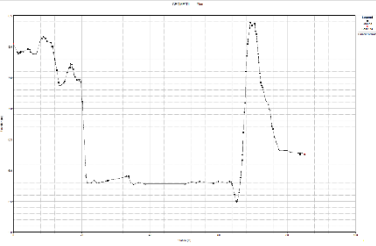
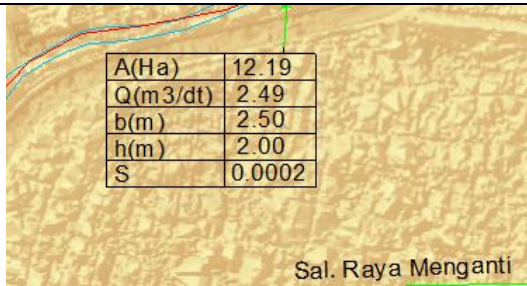
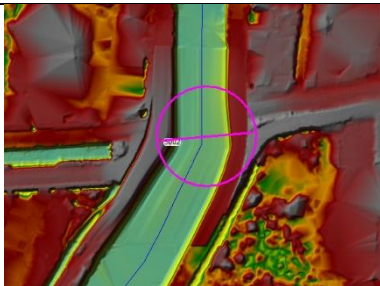
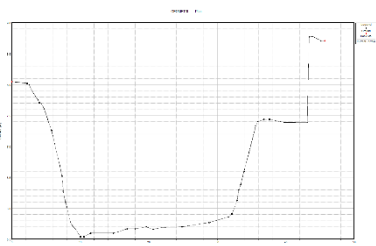
Dari gambar dan tabel diatas diketahui bahwa terjadi kenaikan debit puncak disemua kala ulang jika dibandingkan dengan parameter eksisting. Hal ini disebabkan kenaikan nilai koefisien limpasan *Run Off*. Pada kala ulang 2 tahun di kondisi eksisting memiliki debit puncak 10.85 m³/det naik pada kondisi rencana menjadi 11.50 m³/det. Pada kala ulang 5 tahun di kondisi eksisting memiliki debit puncak 15.22 m³/det naik pada kondisi rencana menjadi 16.03 m³/det. Pada kala ulang 10 tahun di kondisi eksisting memiliki debit puncak 18.14 m³/det naik pada kondisi rencana menjadi 19.35 m³/det. Sedangkan kala ulang 20 tahun di kondisi eksisting memiliki debit puncak 20.90 m³/det naik pada kondisi rencana menjadi 22.12 m³/det.

4.3.2 Koreksi Geometri Sungai Utama Kedurus Berdasarkan Rencana Penampang Sungai pada Surabaya Drainage Management Plan

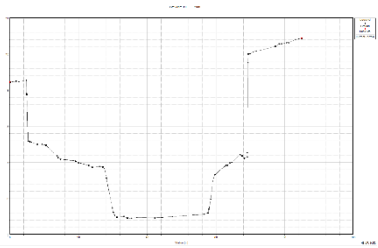
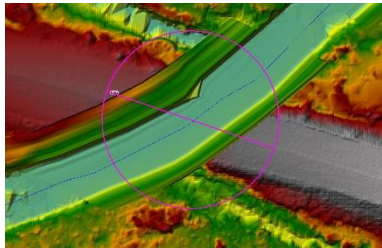
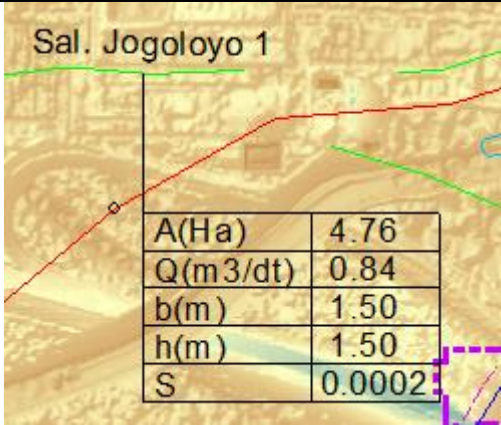
Rencana Penampang Sungai pada SDMP 2018 akan aplikasikan pada data Digital Terrain Madel Lidar Surabaya 0.33 x 0.33 meter. Aplikasi SDMP dalam DTM menggunakan Cross Section Editor pada Software HEC RAS 5.0 . Nilai pada *section* yang akan dirubah sesuai dengan nilai pada SDMP 2018. Berikut hasil koreksi DTM Lidar Surabaya terhadap SDMP 2018.

Tabel 4.44 Penyesuaian SDMP pada DTM Lidar Surabaya

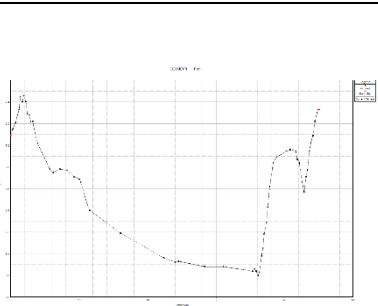
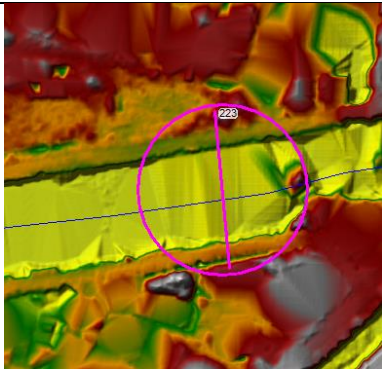
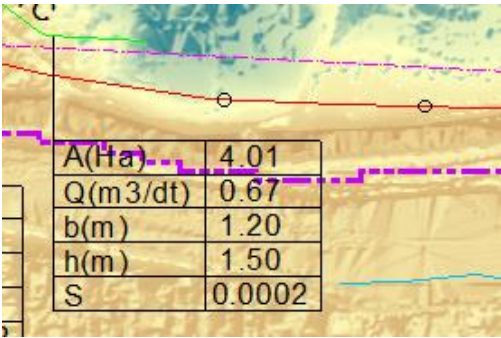
Nama Saluran	Rencana Penampang	Hasil Koreksi DTM	Profil DTM Terkoreksi										
Saluran Wisma Lidah Kulon 2	 <table><tr><td>A(Ha)</td><td>19.73</td></tr><tr><td>Q(m³/dt)</td><td>2.59</td></tr><tr><td>b(m)</td><td>2.50</td></tr><tr><td>h(m)</td><td>1.50</td></tr><tr><td>S</td><td>0.0002</td></tr></table>	A(Ha)	19.73	Q(m ³ /dt)	2.59	b(m)	2.50	h(m)	1.50	S	0.0002		
A(Ha)	19.73												
Q(m ³ /dt)	2.59												
b(m)	2.50												
h(m)	1.50												
S	0.0002												
Saluran Taman Citra 2	 <table><tr><td>A(Ha)</td><td>23.84</td></tr><tr><td>Q(m³/dt)</td><td>3.27</td></tr><tr><td>b(m)</td><td>3.00</td></tr><tr><td>h(m)</td><td>2.00</td></tr><tr><td>S</td><td>0.0002</td></tr></table>	A(Ha)	23.84	Q(m ³ /dt)	3.27	b(m)	3.00	h(m)	2.00	S	0.0002		
A(Ha)	23.84												
Q(m ³ /dt)	3.27												
b(m)	3.00												
h(m)	2.00												
S	0.0002												

Saluran Pondok Menggala	 <table><tr><td>A(Ha)</td><td>8.19</td></tr><tr><td>Q(m³/dt)</td><td>1.49</td></tr><tr><td>b(m)</td><td>2.50</td></tr><tr><td>h(m)</td><td>1.50</td></tr><tr><td>S</td><td>0.0002</td></tr></table>	A(Ha)	8.19	Q(m ³ /dt)	1.49	b(m)	2.50	h(m)	1.50	S	0.0002		
A(Ha)	8.19												
Q(m ³ /dt)	1.49												
b(m)	2.50												
h(m)	1.50												
S	0.0002												
Saluran Balas Kluprik Utara	 <table><tr><td>A(Ha)</td><td>9.50</td></tr><tr><td>Q(m³/dt)</td><td>1.78</td></tr><tr><td>b(m)</td><td>2.50</td></tr><tr><td>h(m)</td><td>1.50</td></tr><tr><td>S</td><td>0.0002</td></tr></table>	A(Ha)	9.50	Q(m ³ /dt)	1.78	b(m)	2.50	h(m)	1.50	S	0.0002		
A(Ha)	9.50												
Q(m ³ /dt)	1.78												
b(m)	2.50												
h(m)	1.50												
S	0.0002												
Saluran Raya Menganti	 <table><tr><td>A(Ha)</td><td>12.19</td></tr><tr><td>Q(m³/dt)</td><td>2.49</td></tr><tr><td>b(m)</td><td>2.50</td></tr><tr><td>h(m)</td><td>2.00</td></tr><tr><td>S</td><td>0.0002</td></tr></table>	A(Ha)	12.19	Q(m ³ /dt)	2.49	b(m)	2.50	h(m)	2.00	S	0.0002		
A(Ha)	12.19												
Q(m ³ /dt)	2.49												
b(m)	2.50												
h(m)	2.00												
S	0.0002												

Saluran Jogoloyo



Saluran Golf C



(Halaman ini sengaja di kosongkan)

4.3.3 Membangungan Peta Persebaran Koefisien Kekasaran *Manning* berdasarkan Rencana Penggunaan Lahan dan Rencana Koefisien Dasar Bangunan

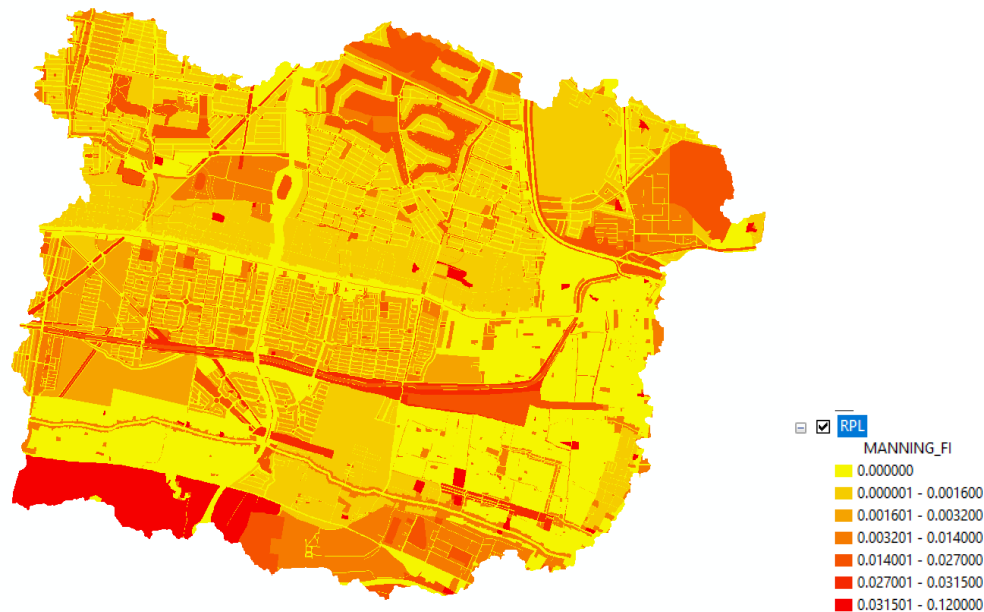
Koefisien kekasaran manning akan dibuat berdasarkan data rencana penggunaan lahan dan koefisien dasar hijau. Untuk nilai koefisien kekasaran manning per kelas rencana penggunaan lahan akan mereferensi pada (Guo et al., 2010; Li & Zhang, 2001). Selanjutnya nilai tersebut akan dikalikan dengan koefisien dasar hijau karena semakin besar lahan non terbangun semakin besar nilai koefisien dasar hijau.

Tabel 4.45 Penyesuaian Koefisien Manning terhadap Rencana Penggunaan Lahan dan Rencana KDH

Kawasan	Zona	Sub_Zona	Kode	Manning Referensi	KDH	Manning Penyesuaian	Luas Ha	Luas %
Badan Air dan Jalan	Jalan	Jalan		0.016	0	0	552.10	16.27
	Saluran	Saluran		0.027	10	0.0027	26.70	0.79
	Sungai	Sungai		0.027	90	0.0243	27.40	0.81
Kawasan Budidaya	Industri	Aneka Industri	I-4	0.016	40	0.0064	11.36	0.33
	Perdagangan dan Jasa	Skala Lokal/Lingkungan	K-6	0.016	40	0.0064	96.82	2.85
		Skala Regional/Kota/UP	K-5	0.016	0	0	173.42	5.11
	Perkantoran	Kantor Pemerintah	KT-1	0.016	50	0.008	14.83	0.44
	Perumahan	Rumah Kepadatan Rendah	R-4	0.016	10	0.0016	307.95	9.07
		Rumah Kepadatan Sedang	R-3	0.016	0	0	212.10	6.25
					10	0.0016	146.34	4.31
					20	0.0032	337.88	9.96
		Rumah Kepadatan Tinggi	R-2	0.016	0	0	218.37	6.43
					10	0.0016	416.81	12.28
					20	0.0032	20.59	0.61
	Peruntukan Khusus	Instalasi Utilitas	KH-5	0.035	40	0.014	2.59	0.08
		Pertahanan dan Keamanan	KH-1	0.016	40	0.0064	173.16	5.10
	Ruang Terbuka Hijau	Jalur Hijau	RTH-2	0.03	90	0.027	0.08	0.00
		Kesehatan	SPU-3	0.016	50	0.008	2.14	0.06

	Sarana Pelayanan Umum	Olahraga	SPU-4	0.016	50	0.008	2.71	0.08
		Pendidikan	SPU-1	0.016	50	0.008	62.65	1.85
		Peribadatan	SPU-6	0.016	50	0.008	5.06	0.15
		Sarana Pelayanan Umum Lainnya	SPU-7	0.016	50	0.008	17.47	0.51
		Sosial Budaya	SPU-5	0.016	50	0.008	8.89	0.26
		Transportasi	SPU-2	0.016	50	0.008	0.19	0.01
Kawasan Lindung	Perlindungan Bawahan	Hutan Kota	PB-1	0.15	80	0.12	68.50	2.02
		Waduk/Bozem	PB-2	0.027	90	0.0243	49.01	1.44
	Perlindungan Setempat	Sempadan Sungai	PS-2	0.035	90	0.0315	24.43	0.72
		Sempadan SUTT	PS-4	0.035	90	0.0315	34.38	1.01
		Sempadan Waduk/Bozem	PS-3	0.035	90	0.0315	11.39	0.34
	Ruang Terbuka Hijau	Jalur Hijau	RTH-2	0.03	90	0.027	39.77	1.17
		Makam	RTH-3	0.075	90	0.0675	71.72	2.11
		Taman dan Lapangan	RTH-1	0.03	90	0.027	257.02	7.57
Grand Total							3,393.83	100.00

Sumber : (Guo et al., 2010; Li & Zhang, 2001) disesuaikan RDTRK di DAS Kedurus 2018



Gambar 4.29 Penyesuaian Koefisien Manning terhadap Rencana Penggunaan Lahan dan Rencana KDH

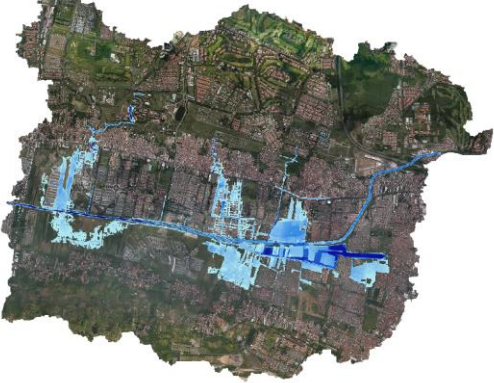
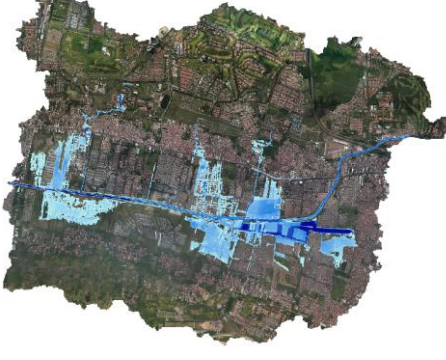
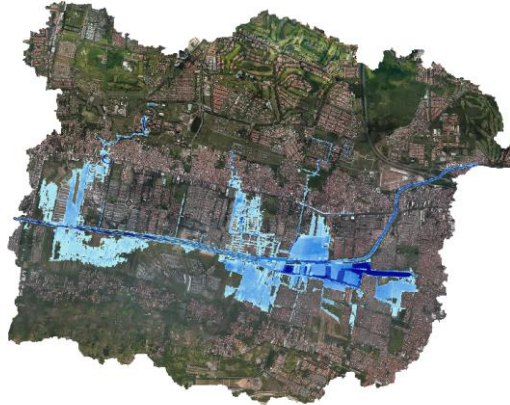
Berdasarkan tabel dan gambar diatas diketahui bahwa dengan parameter rencana penggunaan lahan dan rencana KDH dominasi nilai koefisien kekasaran manning di DAS Kedurus adalah nilai 0 karena banyaknya jaringan jalan dan

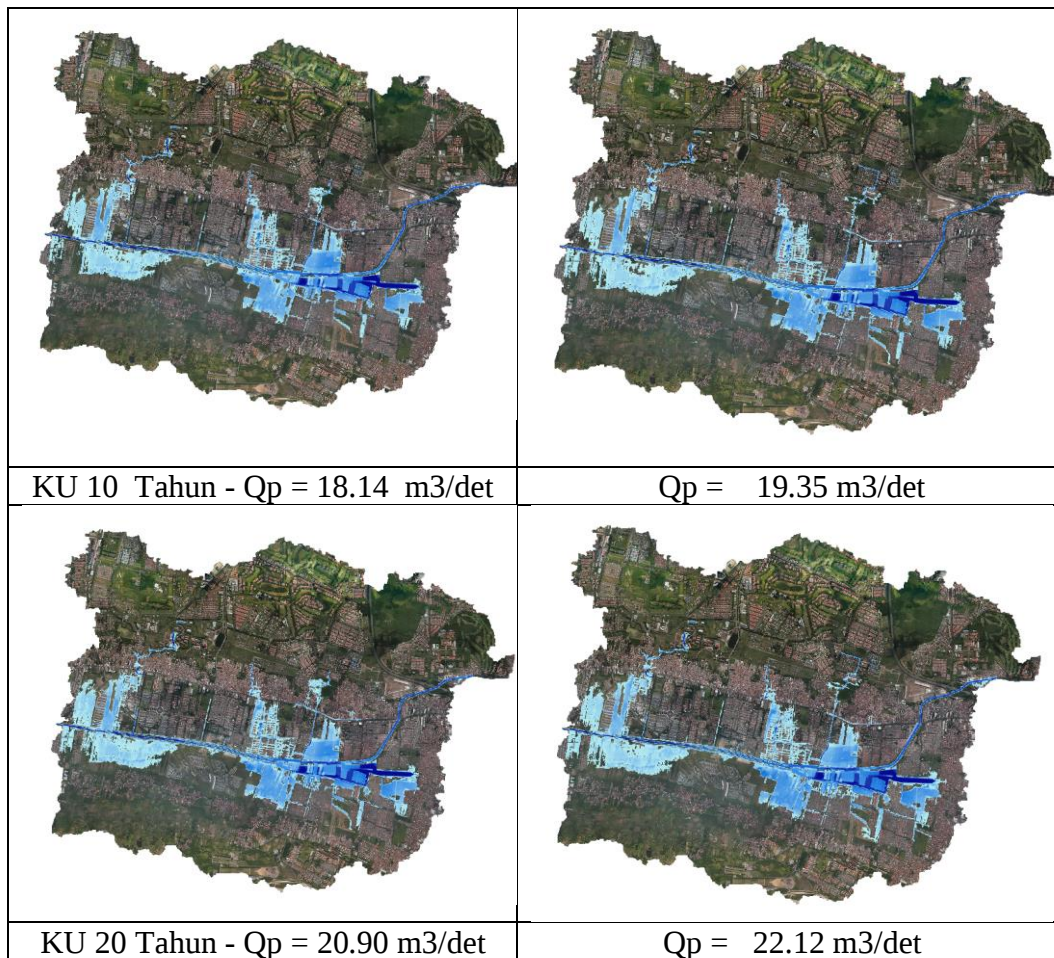
perumahan kepadatan sedang dengan KDB 100 yang berdampak pada nilai KDH 0. Sehingga potensi untuk menyebabkan terjadi banjir sangat besar.

4.3.4 Pemodelan Spasial Banjir DAS Kedurus Untuk Evaluasi Rencana Penggunaan Lahan, Rencana Koefisien Dasar Bangunan Dan Rencana Saluran Drainase.

Pada tahap terakhir ini menggunakan pengaturan untuk software HEC RAS 5.0 sama dengan sasaran 1 pada sub bab 4.2.4. Perbedaan pengaturan hanya pada nilai grafik hidrograf disesuaikan dengan Run Off Rencana, Terrain model menggunakan hasil koreksi DTM dengan SDMP 2018 dan peta koefisien manning menggunakan data rencana penggunaan lahan dan koefisien dasar bangunan.

Berikut output hasil permodelan spasial banjir DAS Kedurus yang menggunakan parameter rencana penggunaan lahan, rencana KDB dan Rencana Saluran Drainase Kedurus.

Kondisi Eksisting	Kondisi Rencana
	
KU 2 Tahun - $Q_p = 10.85 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_p = 11.50 \text{ m}^3/\text{det}$
	
KU 5 Tahun - $Q_p = 15.22 \text{ m}^3/\text{det}$	$Q_p = 16.03 \text{ m}^3/\text{det}$



Gambar 4.30 Hasil Permodelan Spasial Banjir di DAS Kedurus berdasarkan parameter Rencana

Tabel 4.46 Perbandingan Luas Genangan dari Parameter Eksisting dan Parameter Rencana

Parameter	Kala Ulang 2 Tahun	Kala Ulang 5 Tahun	Kala Ulang 10 Tahun	Kala Ulang 20 Tahun
Eksisting	129.63	180.66	207.16	228.88
Rencana	139.74	181.83	207.76	226.41
Kenaikan	10.11	1.17	0.60	-2.47

Jika ditinjau dari luas wilayah tergenang, terjadi kenaikan luas wilayah tergenang dari parameter eksisting ke parameter rencana pada kala ulang 2 tahun mengalami kenaikan luas 10.11 Ha, pada kala ulang 5 tahun mengalami kenaikan seluas 1.17 Ha, pada kala ulang 10 tahun mengalami kenaikan seluas 0.60 Ha dan pada kala ulang 20 tahun mengalami penurunan seluas -2.47 Ha.

Tabel 4.47 Kedalaman Banjir Per Skenario Kala Ulang

Kedalaman Banjir Per Kala Ulang (Hektar)									
Kedalaman Banjir (Meter)		Kala Ulang 2 Tahun				Kala Ulang 20 Tahun			
		Eksisting		Rencana		Eksisting		Rencana	
		Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Rendah	0-0.1	35.55	1.29	32.36	1.17	42.01	1.52	42.04	1.52
Sedang	0.1-0.5	79.13	2.86	95.57	3.46	115.98	4.19	109.58	3.96
Tinggi	0.5-1	13.01	0.47	10.61	0.38	45.92	1.66	72.38	2.62
Ekstrim	1-1.5	1.94	0.07	1.19	0.04	3.24	0.12	2.40	0.09
Luas Banjir		129.63	4.69	139.74	5.05	207.16	7.49	226.41	8.19
Luas Wilayah Penelitian		2,766.08							

Jika dilihat dari klasifikasi kedalaman banjir, untuk skenario kala ulang 20 tahun, terjadi penurunan luas area tergenang per klasifikasinya jika dibandingkan antara parameter eksisting dan parameter rencana. pada klasifikasi banjir rendah dengan kedalaman 0-0.1 meter memiliki luas yang sama. Untuk banjir menengah dengan kedalaman 0.1-0.5 meter mengalami penurunan 4.19 Ha menjadi 3.96 Ha. Untuk banjir tinggi dengan kedalaman 0.5-1 meter mengalami kenaikan 45.92 Ha menjadi 72.38 Ha. Sedangkan untuk banjir ekstrim dengan kedalaman 1-1.5 meter mengalami penurunan 3.24 Ha menjadi 2.40 Ha.

Sehingga adanya rencana penggunaan lahan, rencana KDB dan rencana saluran drainase yang saat ini ada tidak menurunkan potensi terjadinya banjir, cenderung meningkatkan potensi banjir walaupun sedikit.

4.4 Merumuskan Konsep Tata Ruang Untuk Mengurangi Banjir Di DAS Kedurus

Pada sasaran ini perumusan konsep dilakukan dengan alat bantu analisis sensitivitas untuk menilai signifikansi perubahan variabel pada perubahan luas genangan banjir. Dari analisis sensitivitas diketahui prioritas variabel yang signifikan dalam mengurangi luas genangan banjir. Kemudian dilakukan perumusan dalam bentuk skenario 1 dan 2. Skenario 1 adalah konsep yang terdiri dari perubahan variabel penggunaan lahan, koefisien dasar bangunan dan kapasitas saluran berdasarkan nilai signifikansi dan kemungkinan untuk dilakukan. Skenario 2

adalah konsep yang terdiri dari optimalisasi seluruh variabel dan penggunaan komponen infrastruktur hijau untuk menurunkan banjir hingga 100%.



Gambar 4.31 Alur Perumusan Konsep Pengurangan Luas Genangan Banjir

4.4.1 Analisis Sensitivitas Untuk Menilai Signifikansi Perubahan Variabel pada Perubahan Luas Genangan Banjir sebagai Dasar Perumusan Konsep

Tahap ini bertujuan mengetahui sensitivitas dampak penurunan banjir dari perubahan parameter yang dilakukan. Sehingga diketahui parameter yang memiliki dampak perubahan signifikan dan diprioritaskan. Ada 4 model pengujian sensitivitas yaitu :

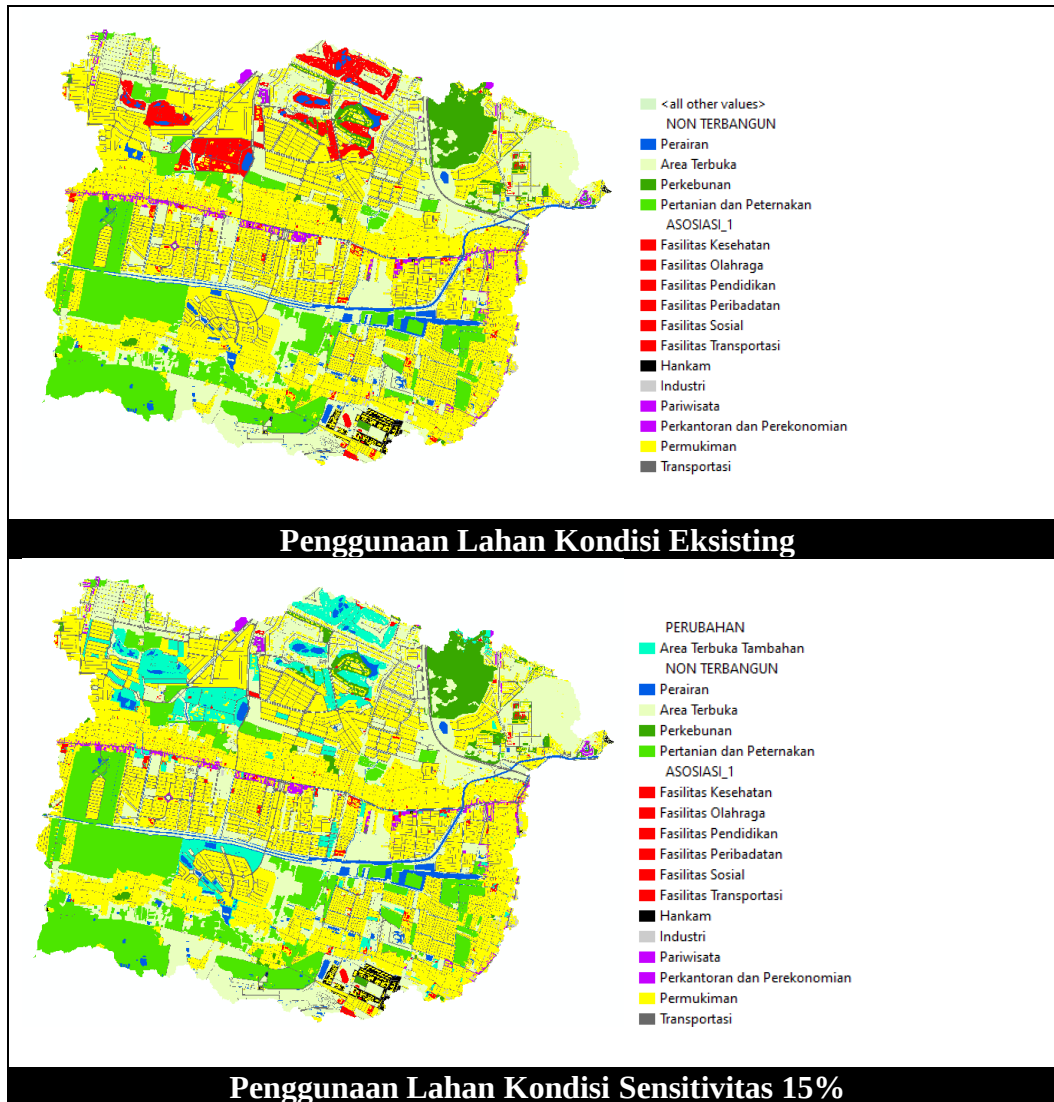
4.4.1.1 Sensitivitas 1 : Perubahan Variabel Penggunaan Lahan

Pengujian sensitivitas terhadap parameter intensitas penggunaan lahan dilakukan dengan menaikkan luas pertanian dan area terbuka seluas 15% dari kondisi saat ini. Hal ini karena pertanian dan area terbuka memiliki nilai koefisien limpasan yang paling kecil dan optimal meresapkan air kedalam tanah. Sumber penggunaan lahan sebelumnya yang diubah menjadi pertanian dan area terbuka adalah penggunaan lahan terbangun yang berada pada tanah asset pemerintah Kota

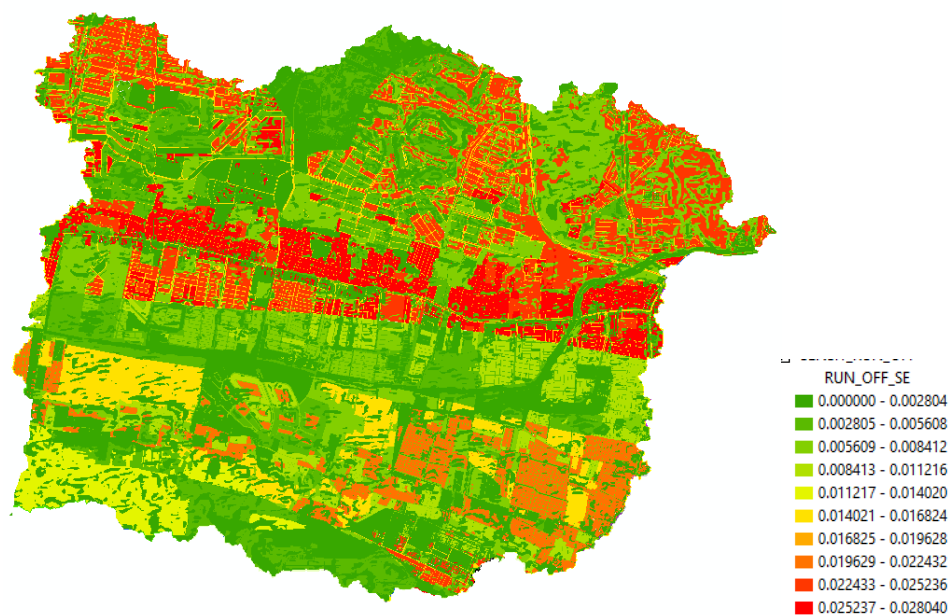
Surabaya yang bukan merupakan fasilitas umum (fasilitas perkantoran pemerintah, fasilitas pendidikan dan fasilitas sosial). Luas area terbuka dan pertanian pada kondisi eksisting adalah 804.5 Ha. Kemudian ditambahkan seluas dari tanah asset Pemerintah Kota Surabaya sebesar 15% atau 208.21 Ha menjadi 1012.81 Ha. Intensitas penggunaan lahan akan berpengaruh pada perhitungan *Run Off* yang akan menentukan besaran debit puncak kawasan. Selain itu juga mempengaruhi terhadap besaran koefisien kekasaran *Manning*. Semakin luas kawasan area terbuka akan mengurangi debit banjir dan meningkatkan koefisien kekasaran *Manning* yang akan mengurangi luas genangan banjir. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada matriks perubahan lahan dari penggunaan lahan eksisting menjadi penggunaan lahan sensitivitas 15%.

Tabel 4.48 Matriks Perubahan Lahan dari Kondisi Eksisting menjadi Kondisi Sensitivitas 15%

Penggunaan Lahan Eksisting	Penggunaan Lahan Area Terbuka Sensitivitas		Total Luas Ha
	Area Terbuka	Area Terbuka Tambahan	
Area Terbuka	804.59		804.59
Fasilitas Kesehatan			1.72
Fasilitas Olahraga		91.01	95.93
Fasilitas Pendidikan		34.66	49.40
Fasilitas Peribadatan			3.45
Fasilitas Sosial			1.57
Fasilitas Transportasi			0.08
Hankam			14.71
Industri		0.07	7.37
Pariwisata			1.80
Perairan			99.51
Perkantoran dan Perekonomian		2.76	36.92
Perkebunan			115.48
Permukiman		79.72	1,374.1
Pertanian dan Peternakan			505.60
Transportasi			298.81
Grand Total	804.59	208.22	3,410.97



Langkah pertama adalah dengan melakukan perhitungan koefisien limpasan dengan menggunakan teknik sesuai dengan sasaran 1. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada peta dibawah.



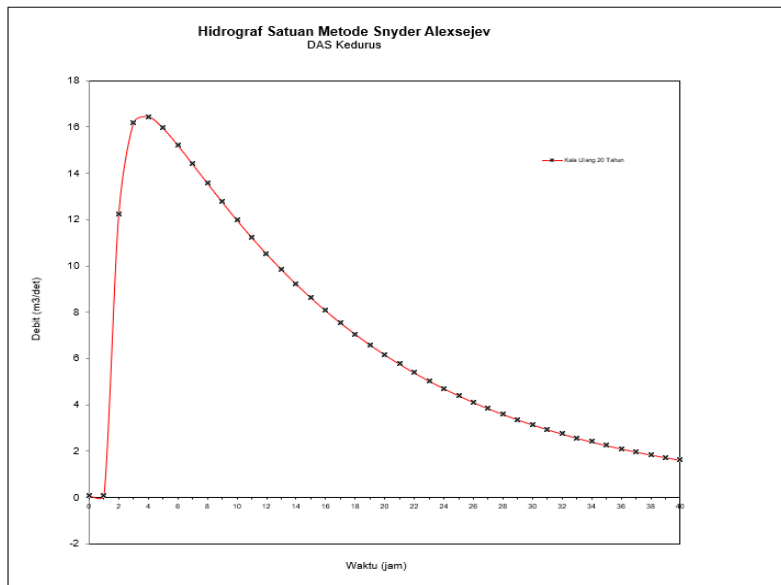
Gambar 4.33 Peta Run Off Penerapan Sensitivitas 1

Perubahan penggunaan lahan dengan penambahan 15% area terbuka menurunkan nilai koefisien limpasan dari 0.36 menjadi 0.30. Dampaknya ialah akan menurunkan volume air hujan yang harus dibebankan kedalam saluran drainase di DAS Kedurus. Hal tersebut ditunjukkan pada tabel dibawah.

Tabel 4.49 Hujan Masuk Aliran Akibat Penerapan Penggunaan Lahan Sensitivitas Kala Ulang 20 Tahun

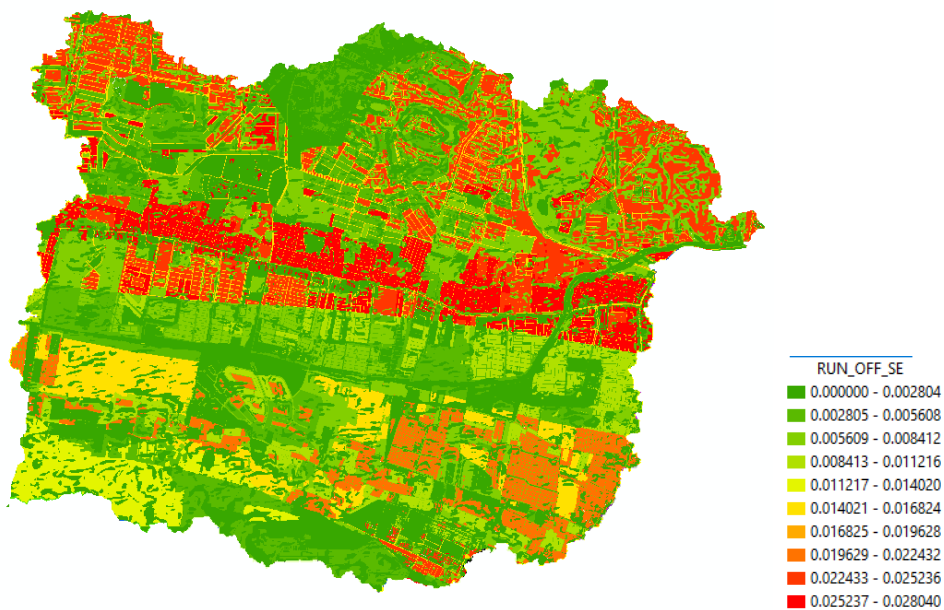
NO	Persentase	Tebal Hujan Kala Ulang 20 Tahun	Index Ø	Hujan yang masuk aliran
t-1	11.78	16.95	36	0
t-2	49.74	71.59	36	35.59
t-3	30.49	43.89	36	7.89
t-4	6.33	9.11	36	0
t-5	1.05	1.52	36	0
t-6	0.44	0.63	36	0
t-7	0.18	0.25	36	0
		143.94		43.182

Penurunan koefisien limpasan berakibat penurunan volume hujan yang masuk kedalam saluran dari 51.48 mm/hari menjadi 43.182 mm/hari. Hal ini berdampak pada penurunan debit puncak banjir yang ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 4.34 Hidrograff Sintentis Satuan Akibat Penerapan Penggunaan Lahan Sensitivitas Kala Ulang 20 Tahun

Debit puncak berkurang dari 20.9 m3/detik menjadi 17.4 m3/detik. Hal ini disebabkan semakin banyaknya air yang teresapkan air kedalam tanah. Perubahan penggunaan lahan selain merubah koefisien limpasan, volume hujan masuk saluran dan debit puncak, tapi juga merubah koefisien kekasaran kawasan.



Gambar 4.35 Peta Koefisien Kekasaran Manning Akibat Penerapan Penggunaan Lahan Sensitivitas Kala Ulang 20 Tahun

Perubahan penggunaan lahan dengan memperbanyak area terbuka menambah lahan dengan kemampuan menahan debit air secara optimal. Untuk hasil pemodelan spasial banjir dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4.50 Tabel Luas Genangan Banjir Hasil Pemodelan Spasial Banjir Sensitivitas 1

Kelas Banjir	Kedalaman Banjir (m)	Luas Genangan (Ha)
Rendah	0.0-0.1	37.44
Sedang	0.1-0.5	91.16
Tinggi	0.5-1	13.96
Ekstrim	1-1.5	2.16



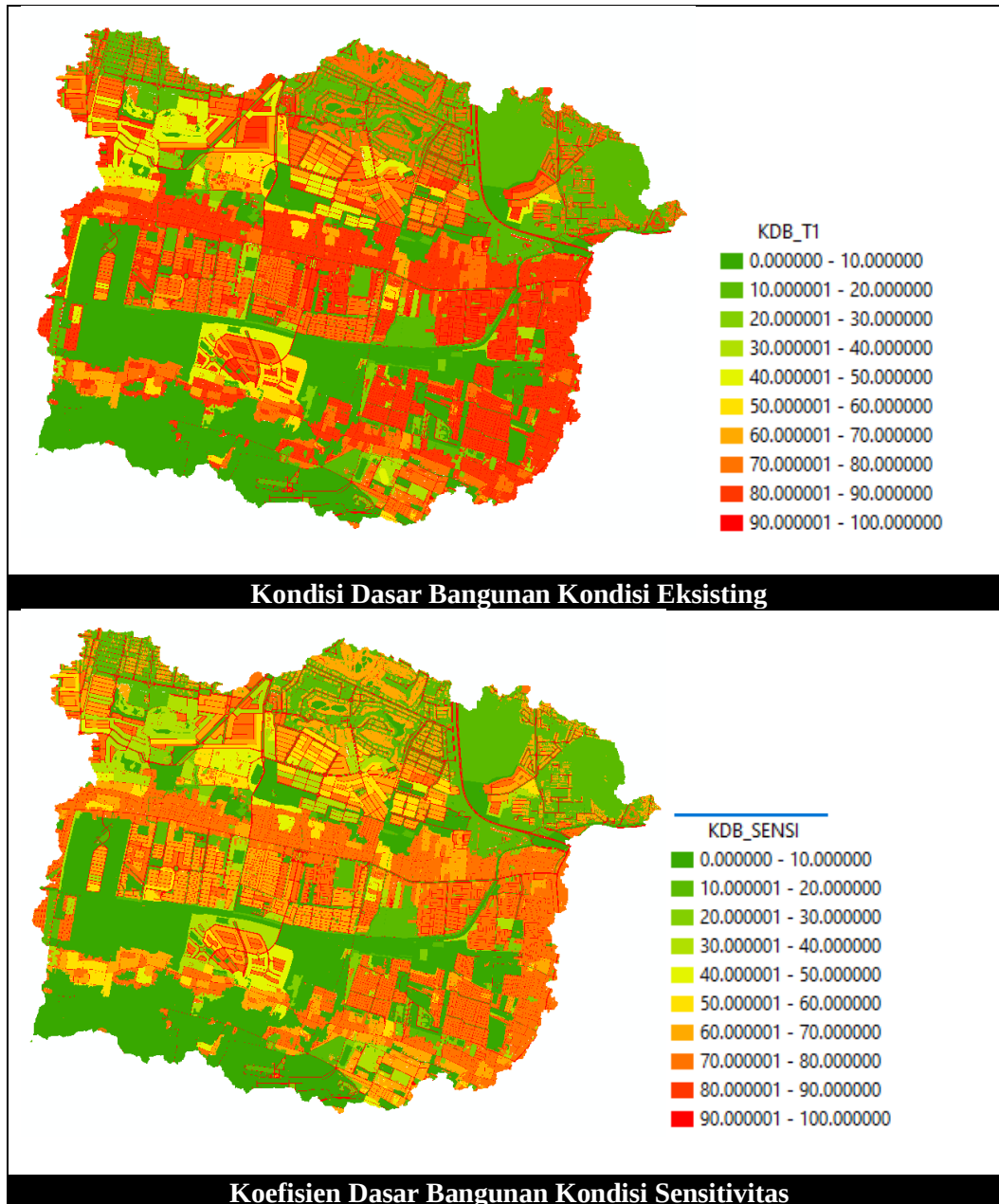
Gambar 4.36 Hasil Model Spasial Banjir untuk Sensitivitas 1

Berdasarkan hasil pemodelan banjir untuk sensitivitas 1 secara total luas genangan berkurang dari kondisi eksisting dari 228.88 Ha menjadi 144.73 Ha atau berkurang sebesar 36.77%. Jika ditinjau dari kelas kedalaman banjir, perubahan penggunaan lahan dengan menambah area terbuka secara signifikan mengurangi banjir dengan kedalaman 0.5-1 meter dari kondisi eksisting seluas 67.27 Ha menjadi 13.96 Ha atau berkurang sebesar 79.25%.

4.4.1.2 Sensitivitas 2 : Koefisien Dasar Bangunan

Pengujian terhadap parameter koefisien dasar bangunan dilakukan dengan menurunkan KDB Lahan Terbangun seluas 15% dari kondisi saat ini. Koefisien dasar bangunan yang diturunkan mulai KDB 50% hingga 100%. Hal ini karena KDB dibawah 40 merupakan kawasan non terbangun dominasi area terbuka.

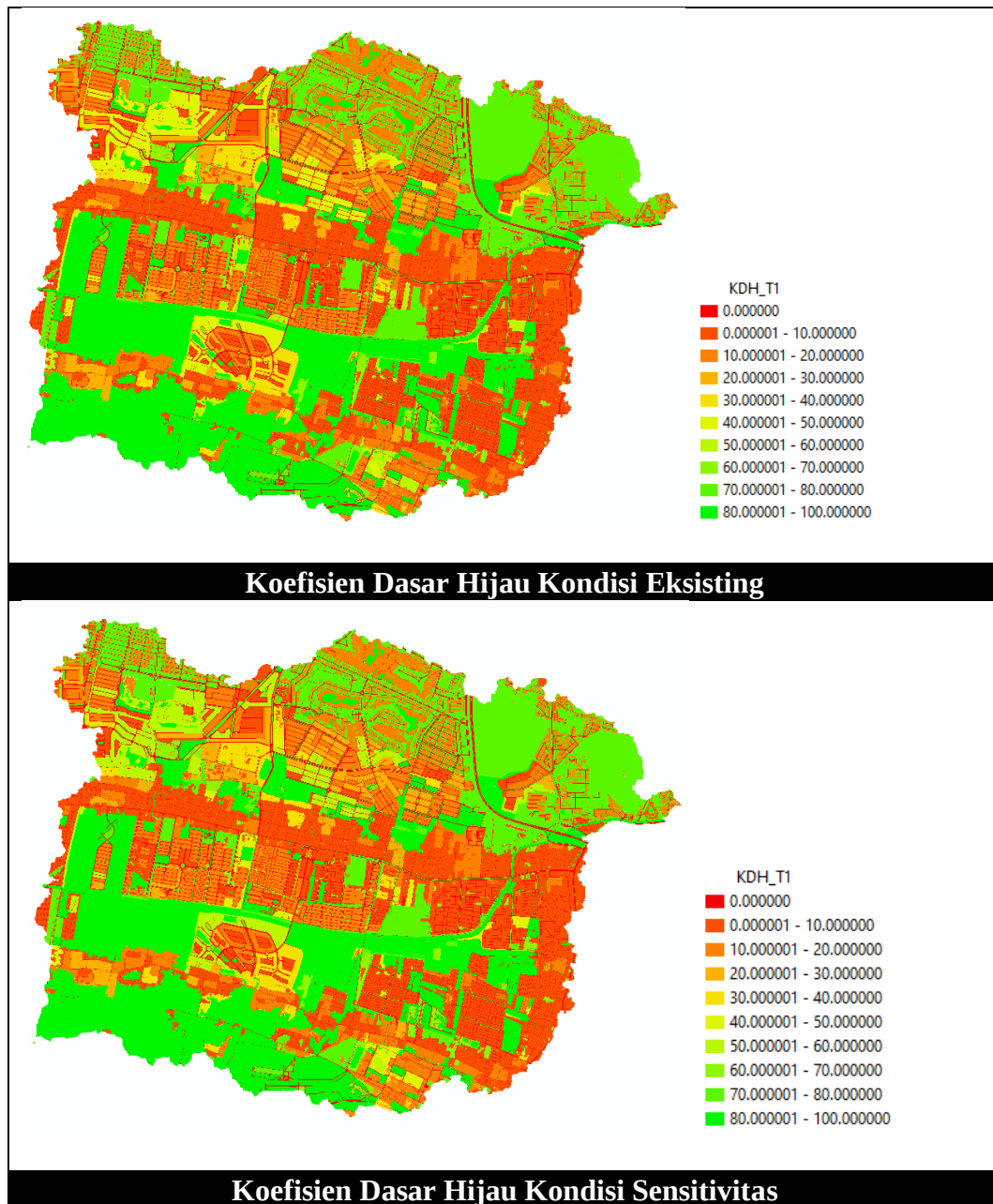
Perubahan Koefisien Dasar Bangunan akan berpengaruh terhadap besaran koefisien limpasan yang menentukan debit puncak kawasan. Semakin kecil koefisien dasar bangunan berdampak semakin kecil pula debit banjir yang akan mengurangi luas genangan banjir. Untuk lebih detailnya



Gambar 4.37 Perubahan Koefisien Dasar Bangunan Kondisi Sensitivitas 15% dari Kondisi Eksisting

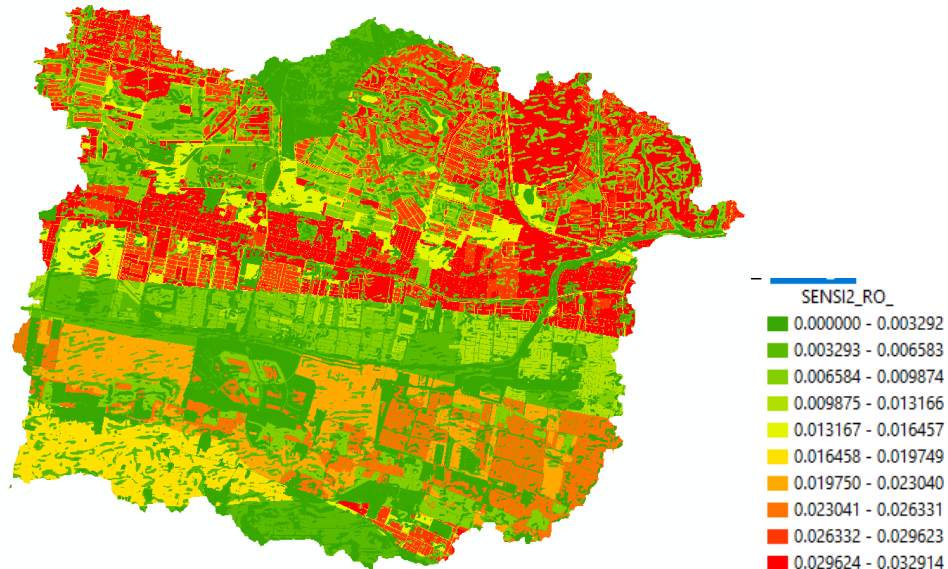
Pengurangan KDB juga akan berpengaruh pada penambahan Koefisien Dasar Hijau (KDH) sebesar 15% dari kondisi eksisting. Sedangkan perubahan KDH akan

mempengaruhi besaran koefisien limpasan Manning. Semakin besar KDH berdampak semakin besar koefisien limpasan manning untuk mengurangi luas genangan banjir.



Gambar 4.38 Perubahan Koefisien Dasar Hijau Kondisi Sensitivitas 15% dari Kondisi Eksisting

Perubahan koefisien dasar bangunan berpengaruh pada koefisien limpasan. Dilakukan perhitungan koefisien limpasan dengan metode yang sama disasaran 1. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada gambar dibawah.



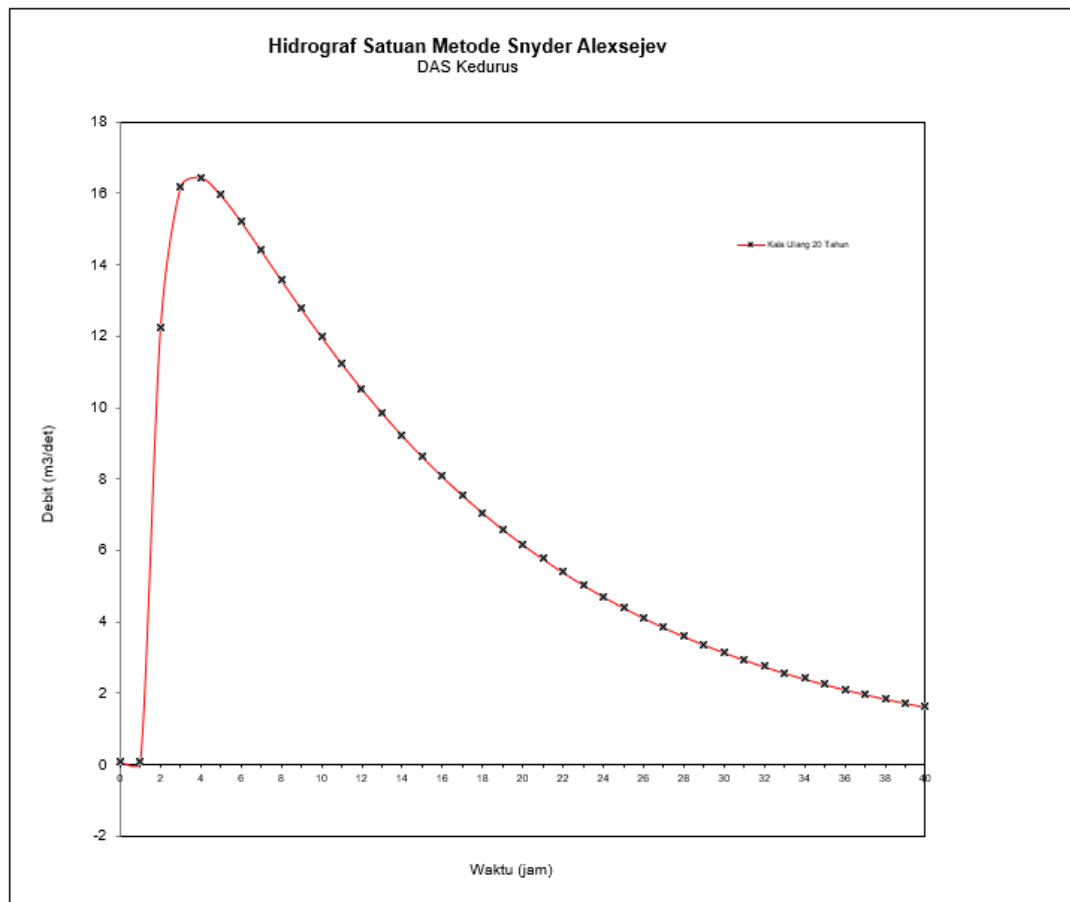
Gambar 4.39 Peta Run Off Penerapan Sensitivitas 2

Pengurangan koefisien dasar bangunan sebesar 15% dari kondisi eksisting menurunkan nilai koefisien limpasan dari 0.36 menjadi 0.28 . Hal tersebut ditunjukkan pada tabel dibawah.

Tabel 4.51 Hujan Masuk Aliran Akibat Perubahan Sensitivitas 2 Kala Ulang 20 Tahun

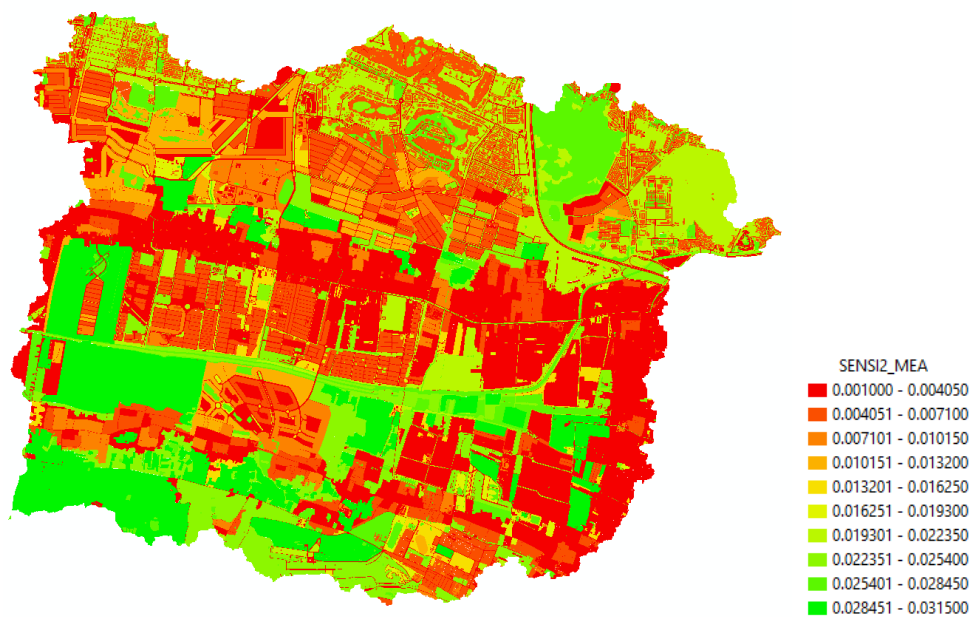
NO	Persentase	Tebal Hujan Kala Ulang 20 Tahun	Index Ø	Hujan yang masuk aliran
t-1	11.78	16.95	37.5	0
t-2	49.74	71.59	37.5	34.09
t-3	30.49	43.89	37.5	6.39
t-4	6.33	9.11	37.5	0
t-5	1.05	1.52	37.5	0
t-6	0.44	0.63	37.5	0
t-7	0.18	0.25	37.5	0
		143.94		40.3032

Penurunan koefisien limpasan berakibat penurunan volume hujan yang masuk kedalam saluran dari 51.48 mm/hari menjadi 40.30 mm/hari. Hal ini berdampak pada penurunan debit puncak banjir yang ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 4.40 Hidrograf Sintetis Satuan Akibat Penerapan Sensitivitas 2 Kala Ulang 20 Tahun

Debit puncak berkurang dari 20.9 m³/detik menjadi 16.5 m³/detik. Hal ini disebabkan semakin banyaknya air yang teresapkan air kedalam tanah. Perubahan penggunaan lahan selain merubah koefisien limpasan, volume hujan masuk saluran dan debit puncak, tapi juga merubah koefisien kekasaran kawasan.

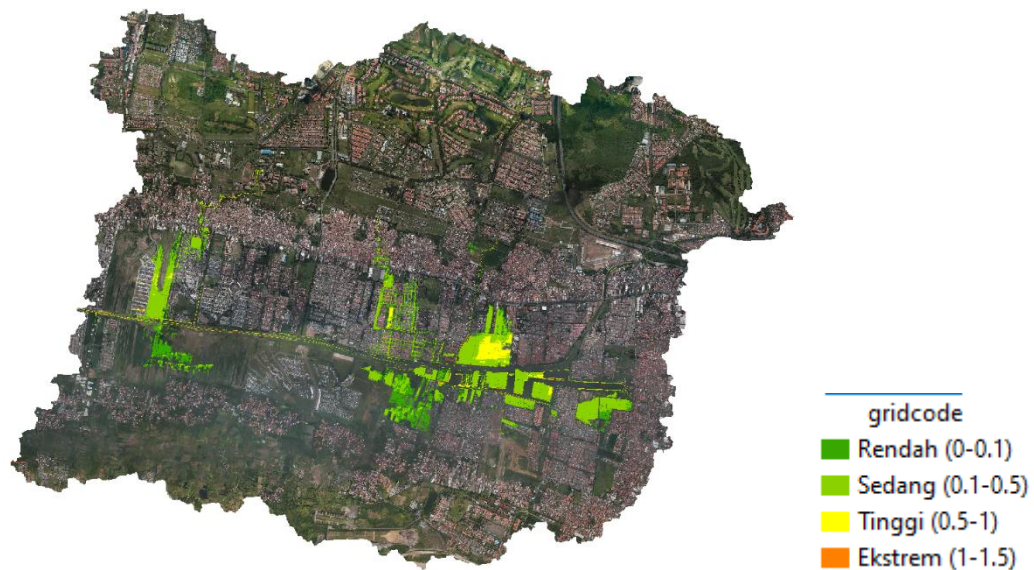


Gambar 4.41 Peta Koefisien Kekasaran Manning Akibat Penerapan Sensitivitas 2 Kala Ulang 20 Tahun

Perubahan penggunaan lahan dengan memperbanyak area terbuka menambah lahan dengan kemampuan menahan debit air secara optimal. Untuk hasil pemodelan spasial banjir dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4.52 Tabel Luas Genangan Banjir Hasil Pemodelan Spasial Banjir Sensitivitas 2

Kelas Banjir	Kedalaman Banjir (m)	Luas Genangan (Ha)
Rendah	0.0-0.1	37.88
Sedang	0.1-0.5	79.29
Tinggi	0.5-1	12.91
Ekstrem	1-1.5	2.01



Gambar 4.42 Hasil Model Spasial Banjir untuk Sensitivitas 2

Berdasarkan hasil pemodelan banjir untuk sensitivitas 2 secara total luas genangan berkurang dari kondisi eksisting dari 228.88 Ha menjadi 132.09 Ha atau berkurang sebesar 42.29%. Jika ditinjau dari kelas kedalaman banjir, perubahan penggunaan lahan dengan menambah area terbuka secara signifikan mengurangi banjir dengan kedalaman 0.5-1 meter dari kondisi eksisting seluas 67.27 Ha menjadi 12.91 Ha atau berkurang sebesar 80.81%.

4.4.1.3 Sensitivitas 3 : Kapasitas Saluran Drainase

Pengujian terhadap parameter kapasitas saluran drainase dilakukan dengan memperdalam saluran drainase utama Kedurus sebesar 15% dari kedalaman eksistingnya. Teknik yang digunakan ialah merubah data Digital Terrain Model (DTM) Lidar Surabaya 0.33 x 0.33 meter dengan XS Interpolation dengan bantuan RAS Mapper di HEC RAS 5. Saluran drainase utama Kedurus akan dibagi menjadi 31 Cross Section untuk identifikasi kedalaman saluran eksistingnya. Kemudian di rubah sebesar 15% dari kondisi esistingnya. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada tabel dibawah.

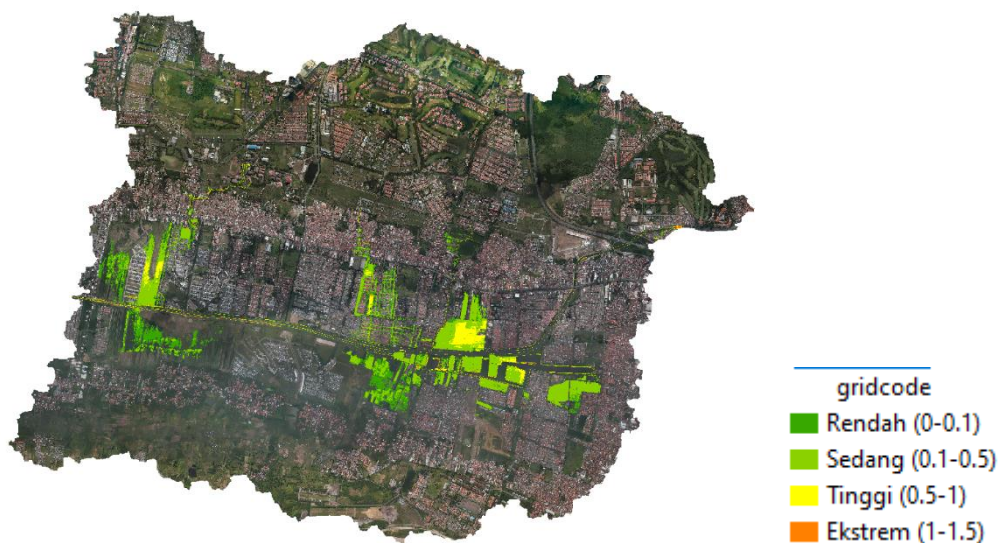
Tabel 4.53 Cross Sectin yang diaplikasikan dalam XS Interpolation pada HEC RAS 5

Cross Section	Ketinggian Tanggul Saluran (mdpl)	Ketinggian Dasar Saluran (mdpl)	Kedalaman Saluran Eksisting (m)	Pendalaman Sebesar 15% (m)	Ketinggian Setelah Pendalaman (mdpl)
1	8.55	5.79	2.76	3.174	5.376
2	8.24	6.07	2.17	2.4955	5.7445
3	7.75	5.63	2.12	2.438	5.312
4	8.59	5.84	2.75	3.1625	5.4275
5	8.2	5.69	2.51	2.8865	5.3135
6	7.32	5.75	1.57	1.8055	5.5145
7	9.08	5.63	3.45	3.9675	5.1125
8	8.66	5.78	2.88	3.312	5.348
9	8.78	5.81	2.97	3.4155	5.3645
10	8.51	5.89	2.62	3.013	5.497
11	8.77	5.62	3.15	3.6225	5.1475
12	8.08	5.68	2.4	2.76	5.32
13	7.96	5.64	2.32	2.668	5.292
14	8.19	5.7	2.49	2.8635	5.3265
15	8.59	6.07	2.52	2.898	5.692
16	7.56	5.7	1.86	2.139	5.421
17	7.81	5.7	2.11	2.4265	5.3835
18	7.79	5.79	2	2.3	5.49
19	7.96	5.79	2.17	2.4955	5.4645
20	8.19	5.79	2.4	2.76	5.43
21	7.61	5.39	2.22	2.553	5.057
22	8.52	5.89	2.63	3.0245	5.4955
23	8.24	5.63	2.61	3.0015	5.2385
24	7.71	5.95	1.76	2.024	5.686
25	8.43	5.88	2.55	2.9325	5.4975
26	8.29	5.7	2.59	2.9785	5.3115
27	8.39	5.65	2.74	3.151	5.239
28	7.18	5.66	1.52	1.748	5.432
29	7.27	5.55	1.72	1.978	5.292
30	7.1	5.49	1.61	1.8515	5.2485
31	7.45	5.61	1.84	2.116	5.334
32	7.15	5.51	1.64	1.886	5.264
33	7.15	5.52	1.63	1.8745	5.2755
34	7.22	5.96	1.26	1.449	5.771

Karena perubahan hanya dilakukan pada Digital Terrain Modelnya sehingga tidak mengubah koefisien limpasan, hujan masuk aliran, debit puncak dan koefisien kekasaran manning, semuanya sama dengan yang ada pada sasaran 1 pada sub-bab 4.2. koefisien limpasan sebesar 0.36 dengan hujan masuk aliran sebesar 51.48 mm/hari yang menyebabkan debit puncak pada 20.90 m³/s. Berikut hasil pemodelan spasial banjir pada pengujian sensitivitas untuk parameter kapasitas saluran drainase.

Tabel 4.54 Tabel Luas Genangan Banjir Hasil Pemodelan Spasial Banjir Sensitivitas 3

Kelas Banjir	Kedalaman Banjir (m)	Luas Genangan (Ha)
Rendah	0.0-0.1	40.10
Sedang	0.1-0.5	90.38
Tinggi	0.5-1	58.37
Ekstrem	1-1.5	3.40



Gambar 4.43 Hasil Model Spasial Banjir untuk Sensitivitas 3

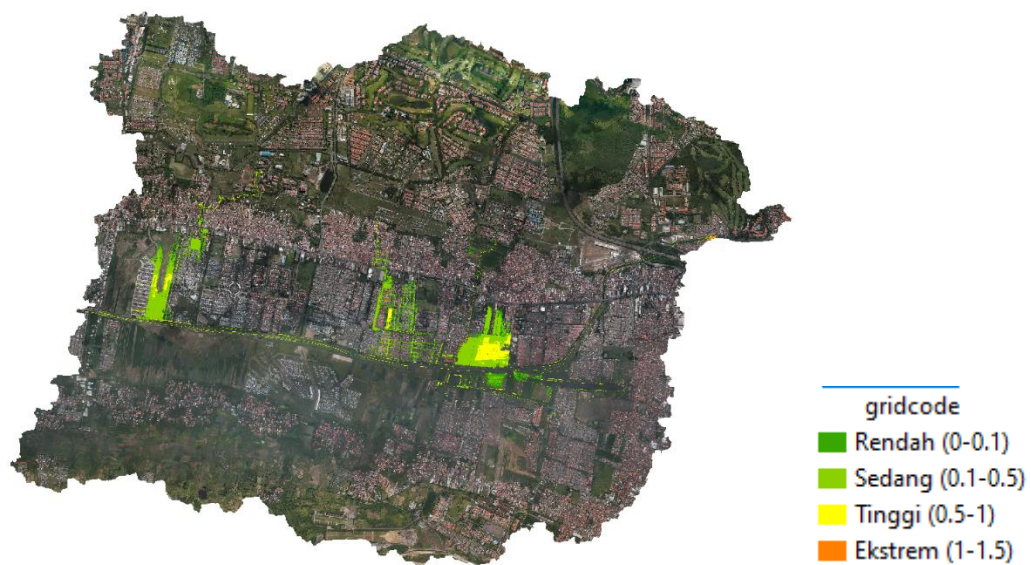
Berdasarkan hasil pemodelan banjir untuk sensitivitas 3 secara total luas genangan berkurang dari kondisi eksisting dari 228.88 Ha menjadi 192.25 Ha atau berkurang sebesar 16.00 %. Jika ditinjau dari kelas kedalaman banjir, perubahan penggunaan lahan dengan menambah area terbuka secara signifikan mengurangi banjir dengan kedalaman 0.1-0.5 meter dari kondisi eksisting seluas 115.78 Ha menjadi 90.38 Ha atau berkurang sebesar 21.94 %.

4.4.1.4 Sensitivitas 4 : Kombinasi Intensitas Penggunaan Lahan, Koefisien Dasar Bangunan dan Kapasitas Saluran Drainase

Pada pengujian sensitivitas ini akan dilakukan kombinasi parameter intensitas penggunaan lahan, koefisien dasar bangunan dan kapasitas saluran. Teknik yang digunakan adalah menggabungkan data pada sensitivitas 1, 2 dan 3. Berikut hasil pengujian sensitivitas 4.

Tabel 4.55 Tabel Luas Genangan Banjir Hasil Pemodelan Spasial Banjir Sensitivitas 4

Kelas Banjir	Kedalaman Banjir (m)	Luas Genangan (Ha)
Rendah	0.0-0.1	17.93
Sedang	0.1-0.5	40.34
Tinggi	0.5-1	10.81
Ekstrem	1-1.5	0.99



Gambar 4.44 Hasil Model Spasial Banjir untuk Sensitivitas 5

Berdasarkan hasil pemodelan banjir untuk sensitivitas 4 secara total luas genangan berkurang dari kondisi eksisting dari 228.88 Ha menjadi 70.07 Ha atau berkurang sebesar 69.38 %. Jika ditinjau dari kelas kedalaman banjir, perubahan penggunaan lahan dengan menambah area terbuka secara signifikan mengurangi banjir dengan kedalaman 0.5-1 meter dari kondisi eksisting seluas 67.27 Ha menjadi 10.81 Ha atau berkurang sebesar 83.94%.

Setelah diketahui dampak perubahan setiap parameter terhadap pengurangan luas genangan banjir. Maka di prioritaskan berdasarkan seberapa sensitif perubahan parameter terhadap pengurangan banjir. Hasil yang didapatkan adalah merubahan koefisien dasar bangunan memiliki dampak paling besar dalam menurunkan luas genangan banjir sebesar 42.29%. Kemudian di urutan kedua adalah merubah intensitas penggunaan lahan berdampak menurunkan luas genangan sebesar 36.77%. Terakhir adalah merubah kapasitas saluran drainase menurunkan luas genangan sebesar 16.00%. Jika dikombinasikan ketiga parameter tersebut, maka akan menurunkan luas genangan sebesar 69.38%. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada tabel dibawah.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Tabel 4.56 Penilaian Setiap Pengujian Sensitivitas

Pengujian Sensitivitas	Parameter	Perubahan	Hasil Model							Total
			Run Off	Hujan Masuk Saluran (mm/hari)	Debit Puncak KU 20 Tahun m ³ /detik	Luas Genangan (Ha)				
						Rendah 0.0-0.1	Sedang 0.1-0.5	Tinggi 0.5-1	Ekstrim 1-1.5	
KONDISI EKSITING			0.36	51.48	20.9	42.33	115.78	67.27	3.50	228.88
KONDISI RENCANA			0.38	54.48	22.12	42.04	109.58	72.38	2.4	226.40
PENGUJIAN SENSITIVITAS										
1	INTENSITAS PENGGUNAAN LAHAN	Menaikan Luas Pertanian dan Area Terbuka seluas 15% dari kondisi saat ini	0.3	43.182	17.4	37.44	91.16	13.96	2.16	144.73
Penurunan dalam % dibandingkan EKSITING						11.55	21.26	79.25	38.19	36.77
2	KOEFISIEN DASAR BANGUNAN	Menurunkan KDB Lahan Terbangun seluas 15% dari kondisi saat ini	0.31	40.3	16.5	37.88	79.29	12.91	2.01	132.09
Penurunan dalam % dibandingkan EKSITING						10.51	31.52	80.81	42.45	42.29
3	KAPASITAS SALURAN DRAINASE	Meningkatkan kapasitas saluran drainase sebesar 15% dari kondisi saat ini	0.36	51.48	20.9	40.10	90.38	58.37	3.40	192.25
Penurunan dalam % dibandingkan EKSITING						5.26	21.94	13.23	2.90	16.00

4	PENGUNAAN LAHAN DAN KOEFISIEN DASAR BANGUNAN SERTA SALURAN DRAINASE	Menaikan Luas Pertanian dan Area Terbuka seluas 15% dari kondisi saat ini dan menurunkan KDB Lahan Terbangun seluas 15% dari kondisi saat ini serta meningkatkan kapasitas saluran drainase sebesar 15% dari kondisi saat ini	0.25	35.48	14.43	17.93	40.34	10.81	0.99	70.07
Penurunan dalam % dibandingkan EKSITING						57.64	65.16	83.94	71.57	69.38

4.4.2 Menentukan Skenario Pengurangan Luas Genangan Banjir Berdasarkan Signifikasi Perubahan Variabel dan Kemungkinan Untuk Dilakukan

Setelah diketahui uji efektivitas perubahan setiap variabel, kemudian dilakukan penyaringan perubahan variabel yang mungkin dilakukan di lapangan. Pertimbangan penyaringan tersebut adalah :

1. Kemungkinan dilakukan perubahan parameter
2. Kemungkinan besaran perubahan parameter yang dapat dilakukan

Dasar pertimbangan yang dilakukan adalah :

1. Ketersediaan lahan non terbangun eksisting yang ada
2. Keterbangunan dan kepadatan bangunan yang sudah ada
3. Rencana infrastruktur vital (rencana jaringan jalan lingkar luar barat Surabaya)
4. Rencana penggunaan lahan yang sudah ada untuk pencapaian target ekonomi

Hasil penyaringan tersebut akan menjadi skenario 1 pada sebagai alternatif pemilihan konsep pengurangan luas genangan banjir di DAS Kedurus yang menekankan pada kemungkinan untuk di terapkan oleh pemerintah Kota Surabaya. Berikut pengaturan pada skenario 1 :

4.4.2.1 Menentukan Pengaturan pada Skenario 1

Pengaturan skenario 1 terdiri dari perubahan pada varibel penggunaan lahan, variabel koefisien dasar bangun dan variabel kapasitas saluran. Perubahan di sesuaikan dengan kemungkinan untuk di implementasikan oleh Pemerintah Kota Surabaya. Berikut pengaturan pada skenario 1.

4.4.2.1.1 Pengaturan Variabel Penggunaan Lahan

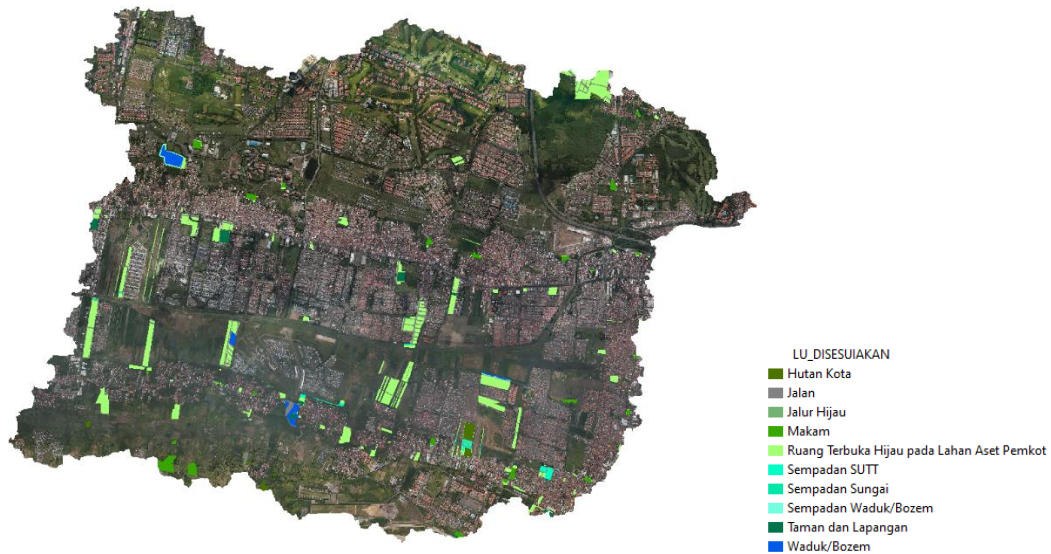
Perubahan pada variable ini direkomendasikan dilakukan, akan tetapi besaran yang dapat dilakukan tidak sampai 15% sesuai analisis sensitivitas. Perubahan besaran berdasarkan dengan Rencana Detail Tata Ruang Kawasan di DAS Kedurus dengan penyesuaian sebagai berikut :

- Lahan asset Pemerintah Kota Surabaya dijadikan Ruang Terbuka Hijau (RTH).

Lahan yang dikuasai pemerintah Kota Surabaya sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai lahan resapan dalam bentuk RTH. Lahan asset pemerintah Kota Surabaya di DAS Kedurus yang memungkinkan untuk dijadikan lahan resapan seluas 119.37 Ha. Lahan asset pemerintah Kota Surabaya yang sudah terbangun sebagai fasilitas umum tidak dapat dijadikan RTH karena memiliki fungsi pelayanan pemerintah. Untuk lahan asset pemerintah Kota Surabaya yang sudah dialokasikan sebagai kawasan lindung dan jaringan jalan pada RDTRK di DAS Kedurus karena sudah sesuai untuk pengurangan banjir. Detail pemanfaatan lahan asset pemerintah kota Surabaya untuk pengurangan banjir di DAS Kedurus sebagai berikut :

Tabel 4.57 Penyesuaian Variabel Penggunaan Lahan terhadap lahan asset Pemerintah Kota Surabaya

JENIS TANAH ASET	USULAN PENGGUNAAN LAHAN	LUAS HA
BTKD	Hutan Kota	4.2
	Jalan	9.4
	Jalur Hijau	0.1
	Makam	12.2
	Ruang Terbuka Hijau pada Lahan Aset Pemkot	56.4
	Sempadan Sungai	0.1
	Sempadan SUTT	3.3
	Sempadan Waduk/Bozem	1.0
	Taman dan Lapangan	4.2
	Waduk/Bozem	6.6
HP	Jalan	2.5
	Jalur Hijau	0.2
	Ruang Terbuka Hijau pada Lahan Aset Pemkot	5.9
	Sempadan Sungai	0.2
	Taman dan Lapangan	0.1
P2TUN	Jalan	1.8
	Jalur Hijau	0.1
	Ruang Terbuka Hijau pada Lahan Aset Pemkot	11.1
	Taman dan Lapangan	0.1
	TOTAL	119.4

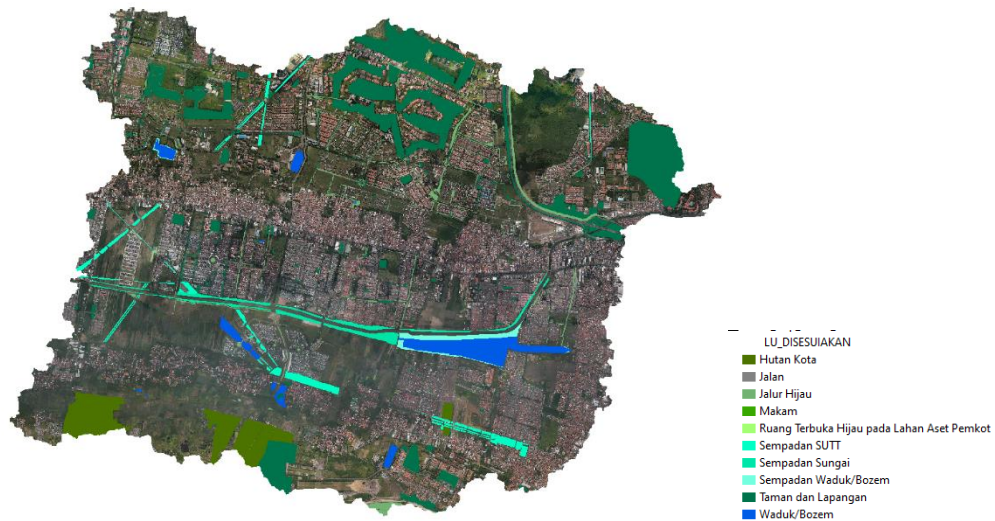


Gambar 4.45 Pengaturan Variabel Penggunaan Lahan terhadap lahan asset Pemerintah Kota Surabaya

- Perubahan Penggunaan Lahan yang sesuai dengan RDTRK agar sesuai dengan rencana yang sudah ada.
 - Taman dan Lapangan
 - Hutan Kota
 - Jalur Hijau
 - Makam
 - Sempadan SUTT
 - Sempadan Sungai
 - Sempadan Waduk
 - Sempadan Sungai

Selain itu untuk rencana permukiman pada kelas seluruh kepadatan, perdagangan dan jasa, dan industry yang kedepan akan menggunakan lahan area terbuka, perkebunan dan pertanian di perbolehkan dengan persyaratan tidak mengurangi nilai *Run Off* lahan. Caranya dengan disesuaikan dengan nilai KDB yang di syaratkan. kemudian selain itu pada lahan KDH setiap lahannya di harus di tanami dengan tanaman dengan kemampuan penyerapan air besar.

Rencana Pola Ruang RDTRK		Usulan Pengaturan Variabel Penggunaan Lahan				
	Sub Zona	Area Terbuka	Perkebunan	Pertanian dan Peternakan	Ruang Terbuka Hijau pada Lahan Aset Pemkot	Grand Total
	Aneka Industri	0.39	0.00		0.27	11.36
	Hutan Kota					68.50
	Instalasi Utilitas	0.51		0.12	0.01	2.59
	Jalan					552.10
	Jalur Hijau	0.02				39.86
	Kantor Pemerintah	4.48	0.18	0.00	2.76	14.83
	Kesehatan	0.03			0.13	2.14
	Makam					71.72
	Olahraga	1.27			0.13	2.71
	Pendidikan	6.57	0.04	3.61	6.68	62.66
	Peribadatan	0.44	0.01		0.65	5.06
	Pertahanan dan Keamanan	79.57	8.65	31.74	0.23	173.16
	Rumah Kepadatan Rendah	71.28	74.29	8.16	7.37	307.95
	Rumah Kepadatan Sedang	94.83		148.71	23.31	696.98
	Rumah Kepadatan Tinggi	103.10	8.35	100.81	19.08	655.77
	Saluran	6.89	0.02	3.46	1.09	26.70
	Sarana Pelayanan Umum Lainnya	4.36	0.03	0.97	4.90	17.47
	Sempadan Sungai					24.43
	Sempadan SUTT					34.38
	Sempadan Waduk/Bozem					11.39
	Skala Lokal/Lingkungan	19.39	0.13	6.50	1.61	96.82
	Skala Regional/Kota/UP	54.66	0.91	9.42	4.16	173.42
	Sosial Budaya	1.80			0.24	8.89
	Sungai	8.19	0.03	1.11	0.27	27.40
	Taman dan Lapangan					257.02
	Transportasi	0.07				0.19
	Waduk/Bozem					49.01
	(blank)	3.99	0.34	1.51	0.46	17.28
	Grand Total	461.83	92.98	316.12	73.38	3411.77



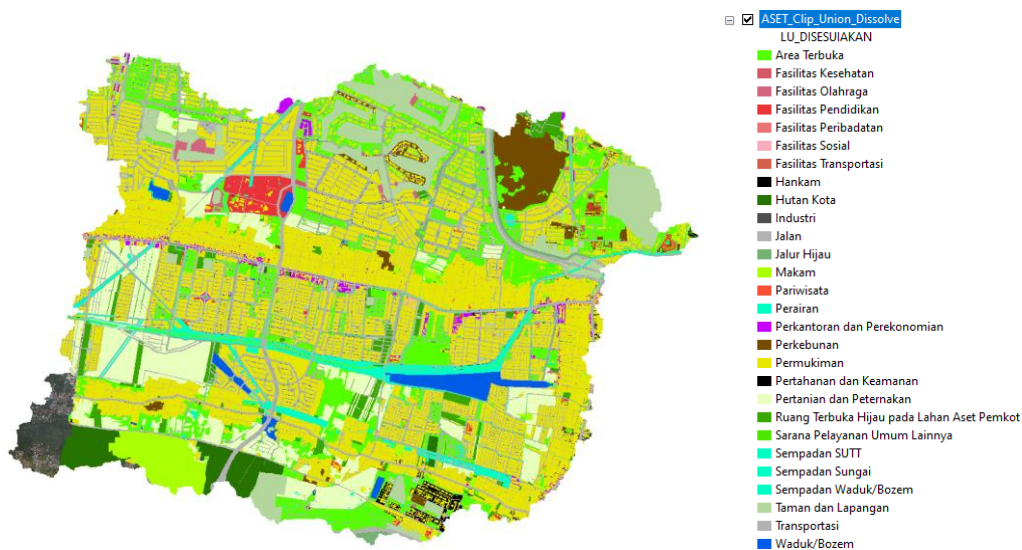
Gambar 4.46 Pengaturan Variabel Penggunaan Lahan terhadap Rencana Kawasan Lindung pada RDTRK

- Selain penggunaan lahan diatas, menyesuaikan dengan kondisi eksisting. Berikut detail penyesuaian variabel penggunaan lahan terhadap kemungkinan dilakukan.

Tabel 4.58 Pengaturan Variabel Penggunaan Lahan Skenario 1

Penyesuaian Variabel Penggunaan Lahan	Luas Ha	Persentase (%)
Area Terbuka	461.83	13.5
Fasilitas Kesehatan	1.52	0.0
Fasilitas Olahraga	12.94	0.4
Fasilitas Pendidikan	41.03	1.2
Fasilitas Peribadatan	2.44	0.1
Fasilitas Sosial	1.09	0.0
Fasilitas Transportasi	0.02	0.0
Hankam	14.47	0.4
Hutan Kota	68.50	2.0
Industri	5.62	0.2
Jalan	552.10	16.2
Jalur Hijau	39.77	1.2
Makam	71.72	2.1
Pariwisata	1.80	0.1
Perairan	41.34	1.2
Perkantoran dan Perekonomian	24.78	0.7
Perkebunan	92.98	2.7
Permukiman	1188.88	34.8
Pertahanan dan Keamanan	0.00	0.0
Pertanian dan Peternakan	316.12	9.3

Ruang Terbuka Hijau pada Lahan Aset Pemkot	73.38	2.2
Sarana Pelayanan Umum Lainnya	0.00	0.0
Sempadan Sungai	24.43	0.7
Sempadan SUTT	34.38	1.0
Sempadan Waduk/Bozem	11.39	0.3
Taman dan Lapangan	257.02	7.5
Transportasi	23.22	0.7
Waduk/Bozem	49.01	1.4
Grand Total	3411.77	100.0

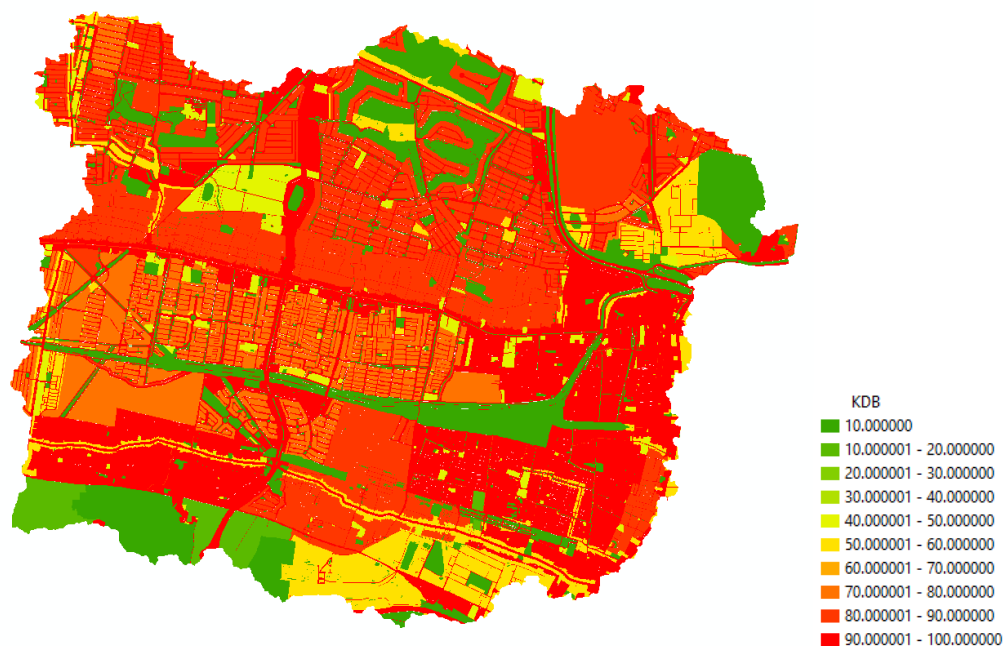


Gambar 4.47 Peta Pengaturan Variabel Penggunaan Lahan Skenario 1

4.4.2.1.2 Pengaturan Variabel Koefisien Dasar Bangunan

Perubahan variable KDB ini sangat dapat dilakukan. Karena perubahan variable ini memiliki dampak yang signifikan terhadap penurunan banjir. Selain itu juga kondisi rencana KDB pada RDTRK di DAS Kedurus yang masih dapat disesuaikan dengan kondisi eksisting. Kemudian perlu dilakukan penyesuaian rencana KDB terhadap ketersediaan lahan pada setiap blok kelas penggunaan lahan. Untuk rencana KDB untuk rencana penggunaan lahan terbangun sesuai KDB yang saat ini masih pada kondisi non terbangun maka di turunkan sebesar 20% dari rencana yang ada. Lahan tersebut akan di optimalkan untuk penyerapan air kedalam tanah dengan tanaman yang sesuai. Tujuan adalah agar pembangunan kawasan budidaya pada RDTRK tidak menurunkan nilai koefisien limpasan kawasan. Untuk lebih detail dapat dilihat pada **Lampiran 2. Tabel Penyesuaian Variabel Koefisien Dasar Bangunan terhadap Kemungkinan Dilakukan.**

- Penurunan KDB sebesar 5%
 - Aneka Industri
 - Instalasi Utilitas
 - Kantor Pemerintahan
 - Fasilitas Umum (Kesehatan, Pendidikan, Sosial, Budaya, Pemerintahan)
 - Pertahanan dan Keamanan
- Penurunan KDB sebesar 10%
 - Perdagangan dan Jasa
- Penurunan KDB sebesar 15%
 - Perumahan Kepadatan Tinggi
 - Perumahan Kepadatan Sedang
 - Perumahan Kepadatan Tinggi



Gambar 4.48 Peta Pengaturan Variabel Koefisien Dasar Bangunan Skenario 1

4.4.2.1.3 Pengaturan Variabel Kapasitas Saluran

Perubahan pada variable ini dapat dilakukan hal ini karena kondisi eksisting hasil survey bahwa terjadi pendangkalan sungai Kedurus yang menyebabkan penurunan kapasitas air sungai sehingga tidak mampu menampung potensi volume banjir. sedangkan untuk besaran perubahan dapat dilakukan dapat ditingkatkan melebihi nilai 15%. Hal ini dikarena nilai 15% tidak cukup efesien dalam

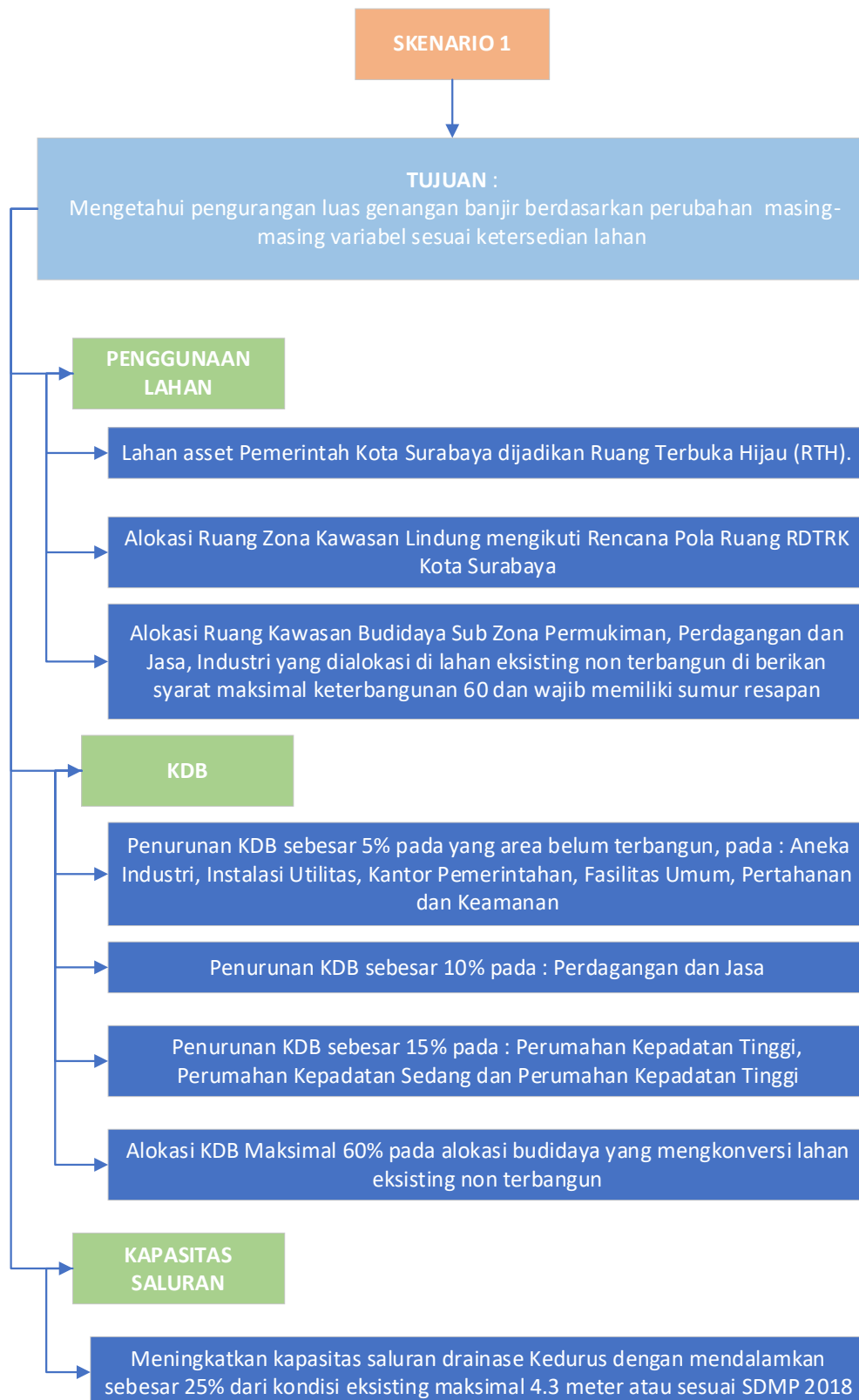
mengurangi banjir. potensi pendalaman saluran drainase yang dapat dilakukan adalah dengan mendalamkan sebesar 25% dari kondisi eksisting. Kedalaman eksisting paling dalam Sungai Kedurus adalah 3.45 meter. Jika kedalamannya di tingkatkan sebesar 25%, maka kedalaman maksimalnya adalah 4.3 meter. Target peningkatan kapasitas tampungan potensi volume banjir ialah meningkat sebesar 25%. Teknik yang digunakan sama dengan pada proses sensitivitas 3 dengan XS Interpolation di HEC RAS 5. Cross Section yang digunakan mengikuti dengan proses sebelumnya. Untuk lebih penyesuaian variabel kapasitas saluran drainase (kedalaman drainase) terhadap kemungkinan dilakukan dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4.59 Pengaturan Variabel Kapasitas Saluran Skenario 2

Cross Section	Ketinggian Tanggul dalam MDPL	Ketinggian Dasar Saluran dalam MDPL	Kedalaman Eksisting (m)	Kedalaman Penyesuaian (m)	Ketinggian Dasar Saluran Penyesuaian dalam MDPL
1	8.55	5.79	2.76	3.45	5.10
2	8.24	6.07	2.17	2.71	5.53
3	7.75	5.63	2.12	2.65	5.10
4	8.59	5.84	2.75	3.44	5.15
5	8.2	5.69	2.51	3.14	5.06
6	7.32	5.75	1.57	1.96	5.36
7	9.08	5.63	3.45	4.31	4.77
8	8.66	5.78	2.88	3.60	5.06
9	8.78	5.81	2.97	3.71	5.07
10	8.51	5.89	2.62	3.28	5.24
11	8.77	5.62	3.15	3.94	4.83
12	8.08	5.68	2.4	3.00	5.08
13	7.96	5.64	2.32	2.90	5.06
14	8.19	5.7	2.49	3.11	5.08
15	8.59	6.07	2.52	3.15	5.44
16	7.56	5.7	1.86	2.33	5.24
17	7.81	5.7	2.11	2.64	5.17
18	7.79	5.79	2	2.50	5.29
19	7.96	5.79	2.17	2.71	5.25
20	8.19	5.79	2.4	3.00	5.19
21	7.61	5.39	2.22	2.78	4.84
22	8.52	5.89	2.63	3.29	5.23
23	8.24	5.63	2.61	3.26	4.98

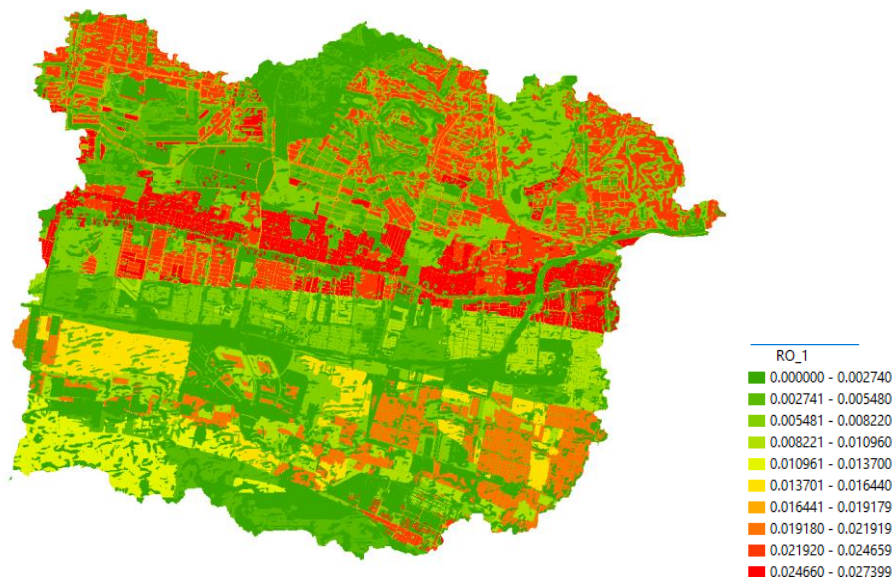
24	7.71	5.95	1.76	2.20	5.51
25	8.43	5.88	2.55	3.19	5.24
26	8.29	5.7	2.59	3.24	5.05
27	8.39	5.65	2.74	3.43	4.97
28	7.18	5.66	1.52	1.90	5.28
29	7.27	5.55	1.72	2.15	5.12
30	7.1	5.49	1.61	2.01	5.09
31	7.45	5.61	1.84	2.30	5.15
32	7.15	5.51	1.64	2.05	5.10
33	7.15	5.52	1.63	2.04	5.11
34	7.22	5.96	1.26	1.58	5.65

Secara umum pengaturan pada skenario 1 dapat dilihat pada gambar di bawah, menunjukan rekomendasi yang diberikan untuk mengurangi luas genangan banjir. rekomendasi diberikan sesuai dengan 3 variabel utama yang memiliki signifikansi mengurangi luas genangan banjir.



Gambar 4.49 Pengaturan Variabel pada Skenario 1 untuk Mengurangi Banjir di DAS Kedurus

Kemudian setelah dilakukan pengaturan terhadap variabel penggunaan lahan, variabel koefisien dasar bangunan dan variabel kapasitas saluran. Dilakukan pemodelan spasial banjir ulang terhadap skenario 1.



Gambar 4.50 Peta Run Off Penyesuaian Variabel

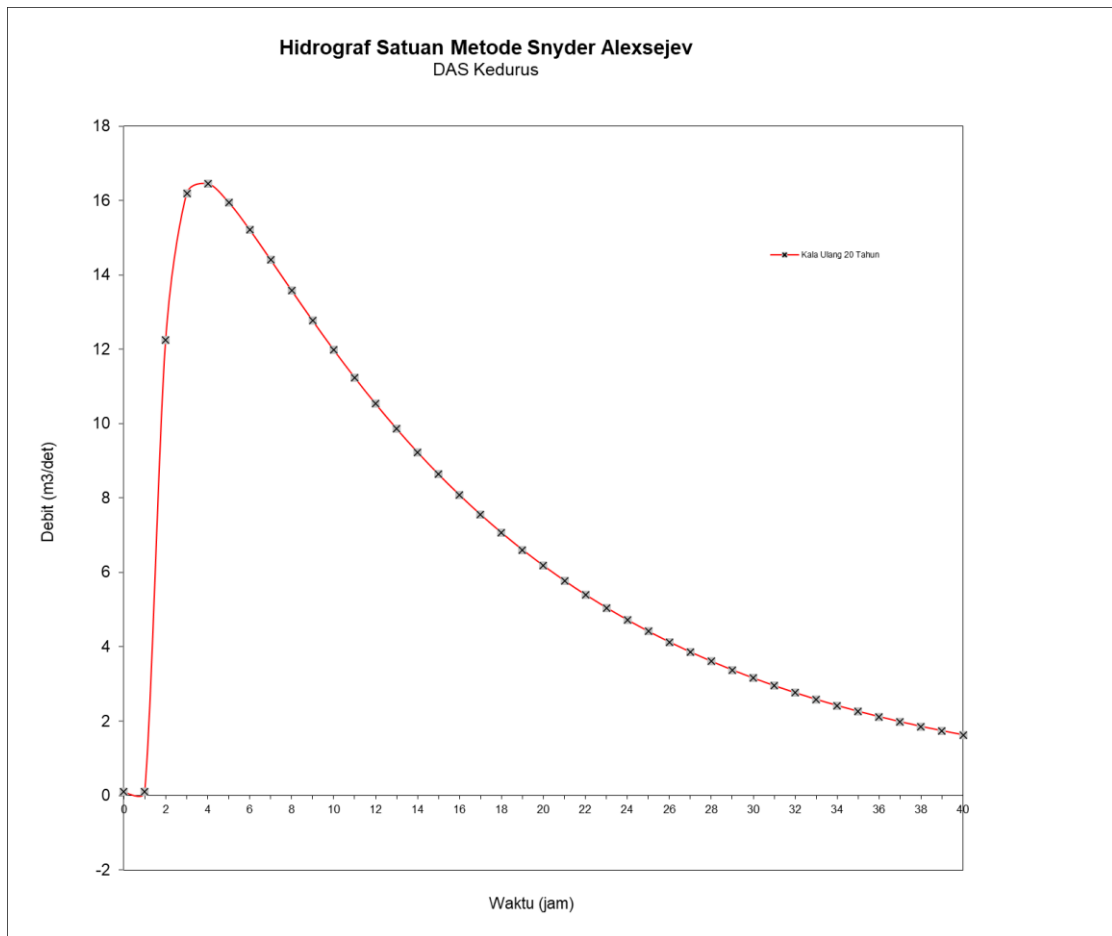
Penyesuaian pengaturan penggunaan lahan dan pengaturan variabel koefisien dasar bangun pada skenario 1 menghasilkan nilai koefisien menurunkan nilai koefisien limpasan dari 0.36 menjadi 0.27.. Hal tersebut ditunjukkan pada tabel dibawah.

Tabel 4.60 Hujan Masuk Saluran pada Skenario 1

NO	Persentase	Tebal Hujan Kala Ulang 20 Tahun	Index Ø	Hujan yang masuk aliran
t-1	11.78	16.95	31	0
t-2	49.74	71.59	37.5	34.09
t-3	30.49	43.89	37.5	6.39
t-4	6.33	9.11	31	0
t-5	1.05	1.52	31	0
t-6	0.44	0.63	31	0
t-7	0.18	0.25	31	0
		143.94		40.48

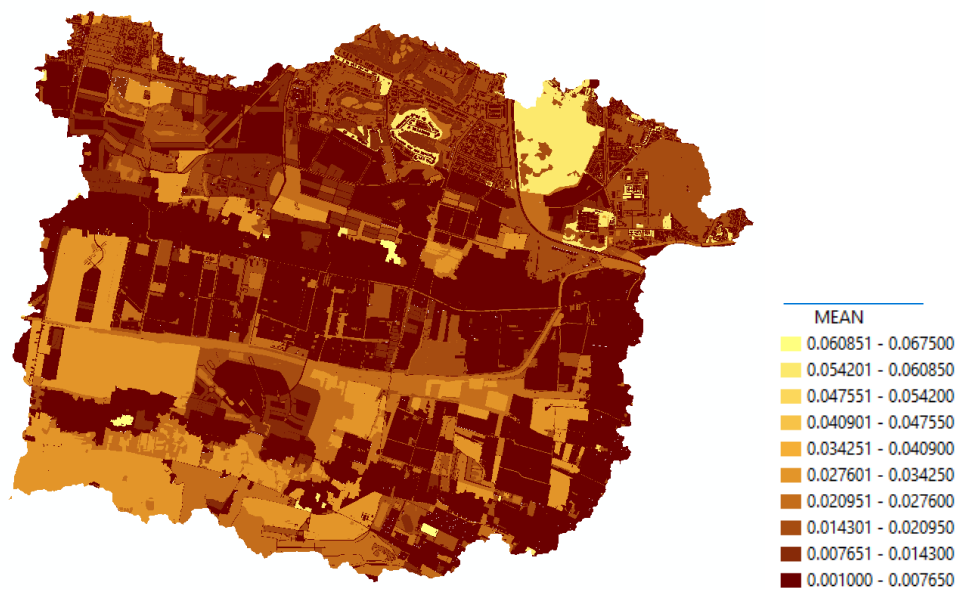
Penurunan koefisien limpasan berakibat penurunan volume hujan yang masuk kedalam saluran dari 51.48 mm/hari menjadi 40.48 mm/hari. Hal ini

berdampak pada penurunan debit puncak banjir yang ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 4.51 Hidrograf Sintetis Satuan pada Skenario 1

Debit puncak berkurang dari 20.9 m³/detik menjadi 16.45 m³/detik. Perubahan penggunaan lahan selain merubah koefisien limpasan, volume hujan masuk saluran dan debit puncak, tapi juga merubah koefisien kekasaran kawasan.

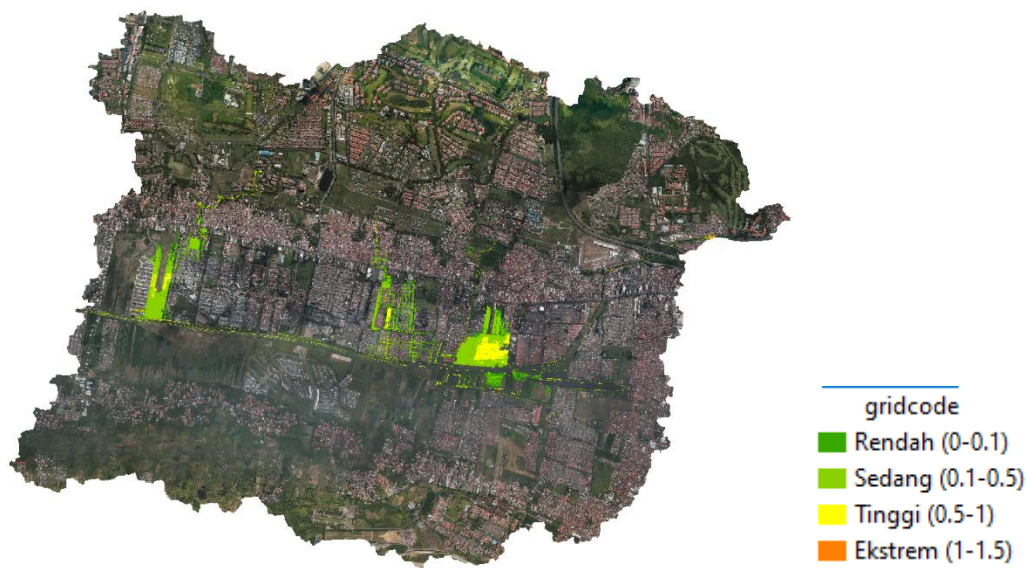


Gambar 4.52 Koefisien Manning Penerapan Penyesuaian Variabel

Perubahan penggunaan lahan dengan memperbanyak area terbuka menambah lahan dengan kemampuan menahan debit air secara optimal. Untuk hasil pemodelan spasial banjir dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4.61 Tabel Luas Genangan Banjir Skenario 1

Kelas Banjir	Kedalaman Banjir (m)	Luas Genangan (Ha)
Rendah	0.0-0.1	20.13
Sedang	0.1-0.5	43.74
Tinggi	0.5-1	15.11
Ekstrim	1-1.5	1.29
		80.27



Gambar 4.53 Hasil Model Spasial Banjir untuk Skenario 1

Berdasarkan hasil pemodelan banjir untuk pengaturan variabel pada skenario 1 secara total luas genangan berkurang dari kondisi eksisting dari 228.88 Ha menjadi 80.27 Ha atau berkurang sebesar 64.93%. Hasil penerapan pengaturan pada skenario 1 menunjukkan tidak mengurangi banjir hingga 100%. Sehingga perlu disusun skenario 2 untuk mengurangi luas genangan banjir hingga 100%.

4.4.2.2 Menentukan Pengaturan pada Skenario 2

Skenario 2 disusun dengan tetap menekankan pada kemungkinan implementasi oleh Pemerintah Kota Surabaya. Perluasan area terbuka pada variabel penggunaan lahan sudah mencapai batas karena ketersediaan lahannya, sehingga tidak dapat ditingkatkan lagi luas area terbuka.

Penurunan koefisien dasar bangunan sudah tidak dapat dilakukan, mempertimbangkan sudah membatasi area yang terbangun saat ini maksimal keterbangunan 60%, nilai 60% sudah cukup rendah apabila di diterapkan di perkotaan seperti DAS Kedurus. selain itu mengacu pada Rencana Detail Tata Ruang Kawasan Kota Surabaya menetapkan KDB minimal untuk area terbanguna dalah 70%. Sehingga dari beberapa pertimbangan tersebut maka penurunan nilai pada variabel koefisien dasar bangunan tidak dapat dilakukan lagi.

Peningkatan variabel kapasitas saluran drainase Kedurus pada skenario 1 didalamkan hingga 25% kondisi eksisting. Untuk peningkatan diatas nilai 25%

sudah tidak relevan untuk dilakukan. Karena dengan meningkat 25% saja kedalam maksimal pada Sungai Kedurus ialah 4.3 meter. Sehingga mempertimbangkan hal tersebut. Peningkatan kedalaman saluran pada variabel kapasitas saluran tidak dapat dilakukan.

Mempertimbangkan beberapa hal tersebut, maka pengaturan variabel penggunaan lahan, koefisien dasar bangunan dan kapasitas saluran drainase tidak dapat dilakukan. Sehingga skenario 2 di arahkan pada penggunaan infrastruktur hijau. Penggunaan infrastruktur hijau menekankan pada yang dapat di ukur masukan dan dampaknya pada model spasial banjir.

Pemilihan infrastruktur hijau pengurang luas genangan banjir didasarkan pada Natural Water Retention Measurements (NWRMs). NWRMs adalah gerakan pengendalian banjir dengan menekan proses alamiah air (Mubareka et al., 2013). Dalam NWRMs terdapat 23 komponen infrastruktur hijau yang dibagi menjadi 4 sektor yaitu Hidromorphogi, agrikultur dan kehutanan dan perkotaan. 3 sektor sudah menjadi bagian dari variabel yang dilakukan pengaturan di skenario 1 yaitu sektor hidromorphologi pada variabel kapasitas saluran dan sektor agrikultur serta sektor kehutanan pada variabel penggunaan lahan. sehingga infrastruktur hijau yang digunakan adalah pada sektor perkotaan. Pada tabel dibawah diketahui ada 10 infrastruktur hijau pada sektor perkotaan yang memiliki kemampuan reduksi banjir, tapi hanya 7 yang memiliki kemampuan reduksi banjir tinggi. Pemilihan infrastruktur hijau pada skenario 2 selain mempertimbangkan beberapa hal tersebut, juga menyesuaikan kemungkinan untuk di terapkan oleh Pemerintah Kota Surabaya. Dari 7 infrastruktur hijau sesuai referensi (Dige et al., 2017), di pilih *Detention Basins (U10)* sebagai infrastruktur hijau pada skenario 2. *Detention Basins* atau Bozem adalah kolam tampungan air sementara untuk menampung limpasan air hujan berlebih yang tidak dapat di tampung saluran drainase, ketika saluran drainase muka airnya turun, maka limpasan air pada bozem akan alirkan kesaluran drainase kembali. Pembuatan bozem di Kota Surabaya sangat relevan untuk dilakukan, karena karakteristiknya topografinya yang datar dan jenis tanahnya yang mengalami kemampuan resapan rendah (Kusdarwati, Kurniawan, & Prayogi, 2017),

Tabel 4.62 Infrastruktur Hijau Berdasarkan Natural Water Retention Measurements (NMWRs)

Code	Name of sector/measure	Possible benefits with levels (high and medium)	
		ES7 — Flood risk reduction	PO9 — Take adequate and coordinated measures to reduce flood risks
Hydromorphological sector			
N01	Basins and ponds	High	High
N02	Wetland restoration and management	Medium	Medium
N03	Floodplain restoration and management	High	High
N04	Re-meandering	High	High
N05	Stream bed re-naturalisation	Medium	Medium
N06	Restoration and reconnection of seasonal streams	Medium	High
N07	Reconnection of oxbow lakes and similar features	Medium	High
N08	Riverbed material re-naturalisation	Medium	Medium
N10	Natural bank stabilisation	Medium	Medium
N11	Elimination of riverbank protection	High	Medium
N12	Lake restoration	Medium	Medium
N14	Re-naturalisation of polder areas	Medium	High
Agricultural sector			
A01	Meadows and pastures	High	High
A02	Buffer strips	High	High
A04	Strip cropping	Medium	High
A05	Intercropping	Medium	High
A08	Green cover	High	High
A09	Early sowing	High	High
A10	Traditional terracing	Medium	High
A11	Controlled traffic farming	Medium	High
A12	Reduced stocking density	Medium	Medium
A13	Mulching	Medium	Medium
Forest sector			
F02	Maintenance of forest cover in headwater areas	High	High
F03	Afforestation of reservoir catchments	Medium	High
F04	Targeted planting for 'catching' precipitation	Medium	Medium
F05	Land use conversion	High	High
F10	Coarse woody debris	Medium	Medium
F13	Overland flow areas in peatland forests	High	High
Urban sector			
U01	Green roofs	Medium	Medium
U03	Permeable surfaces	Medium	High
U04	Swales	Medium	High
U07	Soakaways	High	High
U08	Infiltration trenches	High	High
U09	Rain gardens	High	High
U10	Detention basins	High	High
U11	Retention ponds	High	High
U12	Infiltration basins	High	High

Sumber : (Dige et al., 2017)

Pemilihan bozem sebagai infrastruktur hijau karena berdasarkan hasil pemodelan spasial di tahap sebelumnya terdapat lahan non terbangun yang memiliki ketinggian tanah lebih rendah dari tanggul sungai. Sehingga ketika terjadi banjir akan menjadi area genangan banjir.

Tabel 4.63 Rekomendasi Lokasi Bozem Tambahan

Kode Bozem	Keterangan	Luas	Gambar
1	Pembuatan Bozem Baru pada lahan eksisting tambak yang memiliki ketinggian tanah di bawah tanggul sungai Kedurus.	22.98 Ha	
2	Pengembangan dan Perluasan Bozem Kedurus dengan menambah lahan eksisting tambak	4.9 Ha dan 3.8 Ha	
3	Pembuatan Bozem Baru pada lahan eksisting tambak yang memiliki ketinggian tanah di bawah tanggul sungai Kedurus.	8.53 Ha	

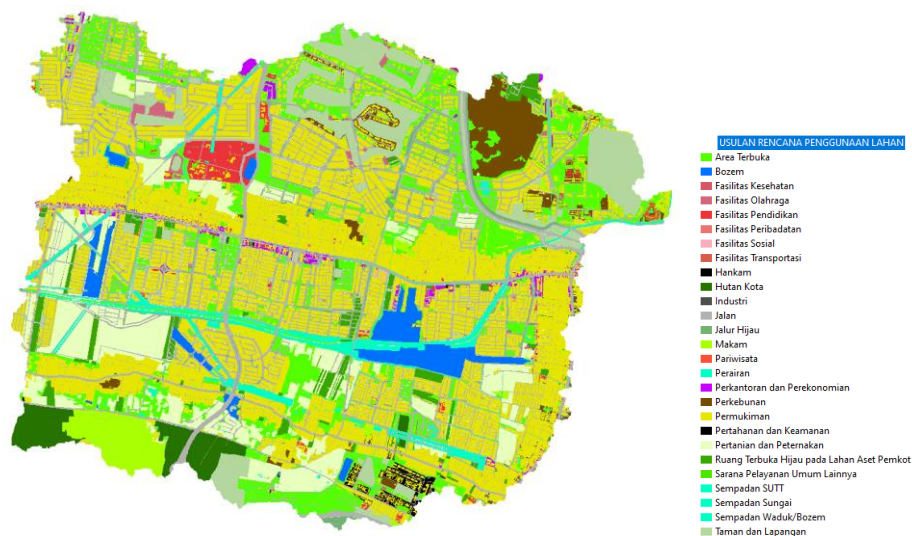


Gambar 4.54 Rekomendasi Lokasi Bozem

Selain pengaturan pada infrastruktur hijau berupa bozem, pada skenario 2 juga mengadopsi pengaturan variabel penggunaan lahan, koefisien dasar bangunan dan kapasitas saluran drainase sesuai dengan skenario 1. Sehingga sebagai berikut perubahan peta penggunaan lahan akibat pengaturan pada skenario 2 dengan penambahan bozem.

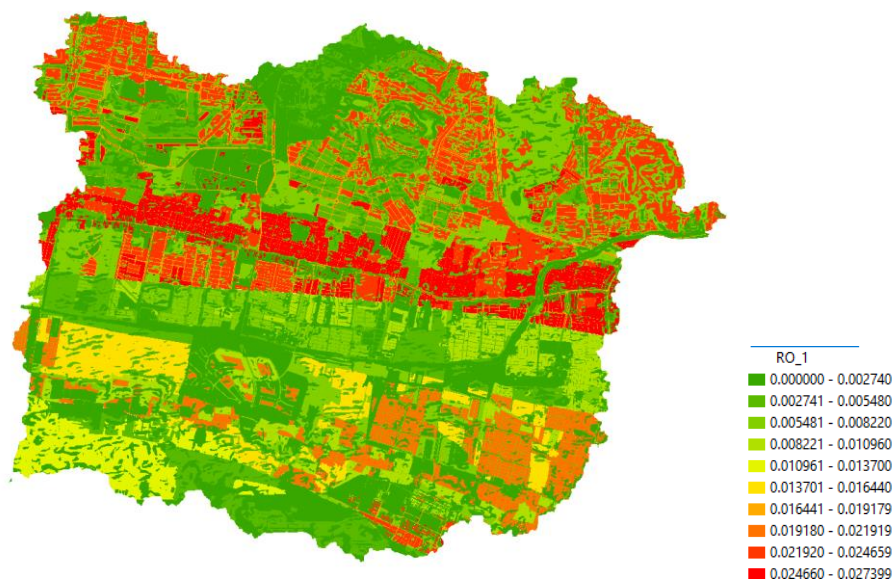
**Tabel 4.64 Rekomendasi Rencana Penggunaan Lahan Pengurangan Banjir
di DAS Kedurus**

Usulan Rencana Penggunaan Lahan	Luas Ha	%
Area Terbuka	437.8	12.9
Bozem	87.6	2.6
Fasilitas Kesehatan	1.5	0.0
Fasilitas Olahraga	12.9	0.4
Fasilitas Pendidikan	40.8	1.2
Fasilitas Peribadatan	2.4	0.1
Fasilitas Sosial	1.1	0.0
Fasilitas Transportasi	0.0	0.0
Hankam	13.7	0.4
Hutan Kota	68.5	2.0
Industri	4.9	0.1
Jalan	570.9	16.8
Jalur Hijau	39.8	1.2
Makam	71.7	2.1
Pariwisata	1.8	0.1
Perairan	40.9	1.2
Perkantoran dan Perekonomian	24.5	0.7
Perkebunan	92.6	2.7
Permukiman	1181.7	34.8
Pertahanan dan Keamanan	0.0	0.0
Pertanian dan Peternakan	302.8	8.9
Ruang Terbuka Hijau pada Lahan Aset Pemkot	71.9	2.1
Sarana Pelayanan Umum Lainnya	0.0	0.0
Sempadan Sungai	23.9	0.7
Sempadan SUTT	34.0	1.0
Sempadan Waduk/Bozem	9.2	0.3
Taman dan Lapangan	257.0	7.6
Total	3393.8	100.0



Gambar 4.55 Peta Rekomendasi Rencana Penggunaan Lahan Pengurangan Banjir di DAS Kedurus

Kemudian setelah dilakukan pengaturan pada skenario 2. Dilakukan evaluasi skenario 2 tersebut dalam mengurangi luas genangan banjir. Alat evaluasi menggunakan pemodelan spasial banjir ulang sesuai dengan sasaran 1.



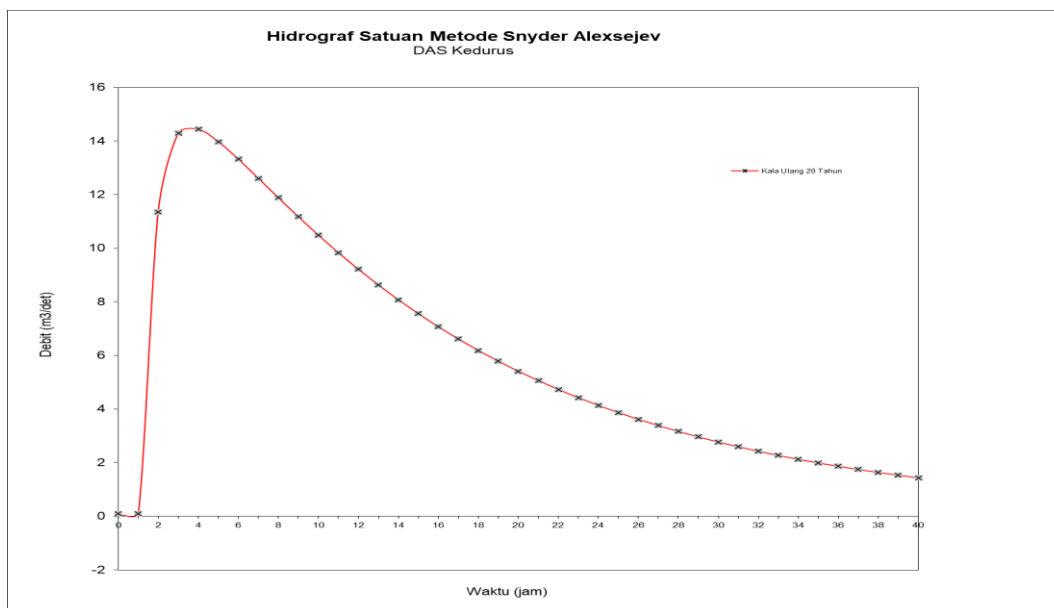
Gambar 4.56 Peta Run Off Skenario 2

Penambahan infrastruktur hijau berupa bozem seluas 45.0 Ha di DAS Kedurus menurunkan koefisien limpasan Run Off dari awal pada skenario 1 sebesar 0.28 menjadi 0.25 . Hal tersebut ditunjukkan pada tabel dibawah.

Tabel 4.65 Hujan Masuk Saluran Skenario 2

NO	Persentase	Tebal Hujan Kala Ulang 20 Tahun	Index Ø	Hujan yang masuk aliran
t-1	11.78	16.95	40	0
t-2	49.74	71.59	40	31.59
t-3	30.49	43.89	40	3.89
t-4	6.33	9.11	40	0
t-5	1.05	1.52	40	0
t-6	0.44	0.63	40	0
t-7	0.18	0.25	40	0
		143.94		35.48

Penurunan koefisien limpasan berakibat penurunan volume hujan yang masuk kedalam saluran dari 40.48 mm/hari pada skenario 1 menjadi 35.48 mm/hari. Hal ini berdampak pada penurunan debit puncak banjir yang ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 4.57 Hidrograf Sintetis Satuan Skenario 2

Debit puncak berkurang dari skenario 1 sebesar 16.45 m³/detik menjadi 14.43 m³/detik. Perubahan penggunaan lahan selain merubah koefisien limpasan, volume hujan masuk saluran dan debit puncak, tapi juga merubah koefisien kekasaran kawasan.



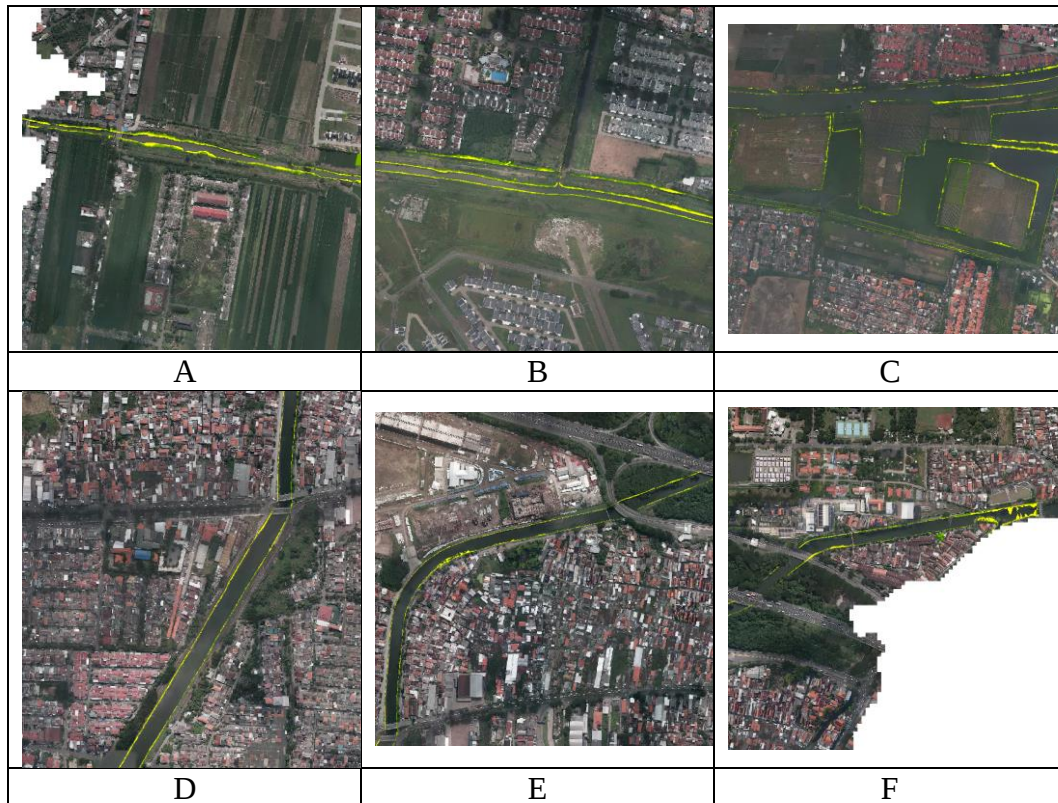
Gambar 4.58 Koefisien Manning Skenario 2

Untuk hasil pemodelan spasial banjir dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4.66 Tabel Luas Genangan Banjir Hasil Pemodelan Spasial Banjir Skenario 2

Kelas Banjir	Kedalaman Banjir (m)	Luas Genangan (Ha)
Rendah	0.0-0.1	1.19
Sedang	0.1-0.5	2.87
Tinggi	0.5-1	2.20
Ekstrim	1-1.5	0
		6.26





Gambar 4.59 Hasil Model Spasial Banjir untuk Skenario 2

Berdasarkan hasil pemodelan banjir untuk pengaturan variabel pada skenario 2 secara total luas genangan berkurang dari kondisi skenario 1 dari 80.27 Ha menjadi 6.26 Ha atau berkurang sebesar 97.26% dari kondisi eksisting.

Dari hasil proses perumusan konsep tata ruang pengurangan banjir di DAS Kedurus di simpulkan secara keseluruhan sebagai berikut.

Pengujian Sensitivitas	Parameter	Perubahan	Hasil Model							Luas Genangan Banjir Total (Ha)
			Run Off	Hujan Masuk Saluran	Debit Puncak Kala Ulang 20 Tahun	Luas Genangan Meter dalam Ha				
						0.0-0.1	0.1-0.5	0.5-1	1-1.5	
SASARAN 1										
		KONDISI EKSITING	0.36	51.48	20.9	42.33	115.78	67.27	3.50	228.88
SASARAN 2										
		KONDISI RENCANA	0.38	54.48	22.12	42.04	109.58	72.38	2.4	226.40
SASARAN 3										
SENSITIVITAS										
1	INTENSITAS PENGGUNAAN LAHAN	Menaikan Luas Pertanian dan Area Terbuka seluas 15% dari kondisi saat ini	0.3	43.182	17.4	37.44	91.16	13.96	2.16	144.73
Presentae Pengurangan dari KONDISI EKSISTING						11.55	21.26	79.25	38.19	36.77
2	KOEFISIEN DASAR BANGUNAN	Menurunkan KDB Lahan Terbangun seluas 15% dari kondisi saat ini	0.28	40.3	16.5	37.88	79.29	12.91	2.01	132.09
Presentae Pengurangan dari KONDISI EKSISTING						10.51	31.52	80.81	42.45	42.29
3	KAPASITAS SALURAN DRAINASE	Meningkatkan kapasitas saluran drainase sebesar 15% dari kondisi saat ini	0.36	51.48	20.9	40.10	90.38	58.37	3.40	192.25
Presentae Pengurangan dari KONDISI EKSISTING						5.26	21.94	13.23	2.90	16.00

4	PENGUNAAN LAHAN DAN KOEFISIEN DASAR BANGUNAN SERTA SALURAN DRAINASE	Menaikan Luas Pertanian dan Area Terbuka seluas 15% dari kondisi saat ini dan menurunkan KDB Lahan Terbangun seluas 15% dari kondisi saat ini serta meningkatkan kapasitas saluran drainase sebesar 15% dari kondisi saat ini	0.25	35.48	14.43	17.93	40.34	10.81	0.99	70.07
Presentae Pengurangan dari KONDISI EKSISTING						57.64	65.16	83.94	71.57	69.38
KONSEP PENGURANGAN LUAS GENANGAN BANJIR										
1	SKENARIO 1	Penyesuaian penyesuaian penggunaan lahan dan keofisien dasar bangunan serta kapasitas saluran berdasarkan kemunngkina dilakukan	0.28	40.48	16.45	20.13	43.74	15.11	1.29	80.27
Presentae Pengurangan dari KONDISI EKSISTING						52.45	62.22	77.54	63.00	64.93
2	SKENARIO 2	Penambahan Bozem	0.23	33.26	12.65	1.19	2.87	2.2	0	6.26
Presentae Pengurangan dari KONDISI EKSISTING						97.19	97.52	96.73	100.00	97.26

Tabel 4.67 Konsep Tata Ruang Pengurangan Banjir di DAS Kedurus secara keseluruhan

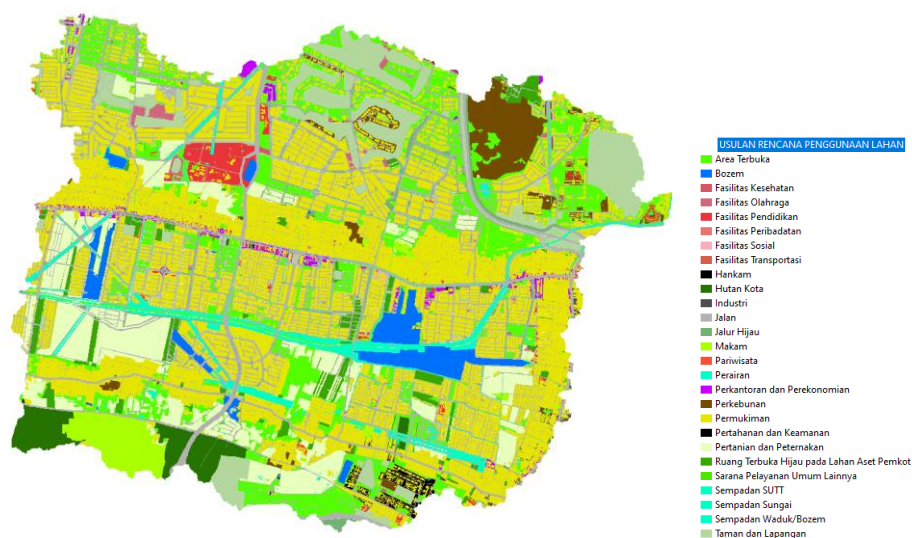
No	Variabel	Usulan	Penggunaan Lahan Eksisting	Target Pengurangan Banjir	Implementasi Usulan
1	Penggunaan Lahan	Lahan asset Pemerintah Kota Surabaya dijadikan Ruang Terbuka Hijau (RTH).	Area Terbuka, Permukiman dan Perdagangan Jasa	148.61 Ha	Sebagai Revisi Dokumen RTRW dan RDTRK Surabaya
		Alokasi Ruang Zona Kawasan Lindung mengikuti Rencana Pola Ruang RDTRK Kota Surabaya	-		
		Alokasi Ruang Kawasan Budidaya Sub Zona Permukiman, Perdagangan dan Jasa, Industri yang dialokasi di lahan eksisting non terbangun di berikan syarat maksimal keterbangunan 60 dan wajib memiliki sumur resapan	Area Terbuka, Pertanian dan Perkebunan		
2	Koefisien Dasar Bangunan	Penurunan KDB sebesar 5% pada : Aneka Industri, Instalasi Utilitas, Kantor Pemerintahan, Fasilitas Umum, Pertahanan dan Keamanan	-		
		Penurunan KDB sebesar 10% pada : Perdagangan dan Jasa	-		
		Penurunan KDB sebesar 15% pada : Perumahan Kepadatan Tinggi, Perumahan Kepadatan Sedang dan Perumahan Kepadatan Tinggi	-		
		Alokasi KDB Maksimal 60% pada alokasi budidaya yang mengkonversi lahan eksisting non terbangun	Area Terbuka, Pertanian dan Perkebunan		

3	Kapasitas Saluran Saluran	Meningkatkan kapasitas saluran drainase Kedurus dengan mendalamkan sebesar 25% dari kondisi eksisting maksimal 4.3 meter atau sesuai SDMP 2018			Sebagai Revisi Dokumen Surabaya Drainage Management Plan 2018
4	Infrastruktur Hijau : Detention Pond	Pembuatan 2 Bozem Baru seluas 22.98 Ha dan 8.53 Ha	Tambak dan Area Terbuka	74.01 Ha	Sebagai Revisi Dokumen RTRW dan RDTRK Surabaya
		Perluasan Bozem Kedurus Eksisting Seluas 4.9 Ha dan 3.8 Ha	Tambak dan Area Terbuka		

Secara detail berikut rekomendasi rencana penggunaan lahan untuk pengurangan banjir di DAS Kedurus.

Tabel 4.68 Rekomendasi Rencana Penggunaan Lahan Pengurangan Banjir di DAS Kedurus

Usulan Rencana Penggunaan Lahan	Luas Ha	%
Area Terbuka	437.8	12.9
Bozem	87.6	2.6
Fasilitas Kesehatan	1.5	0.0
Fasilitas Olahraga	12.9	0.4
Fasilitas Pendidikan	40.8	1.2
Fasilitas Peribadatan	2.4	0.1
Fasilitas Sosial	1.1	0.0
Fasilitas Transportasi	0.0	0.0
Hankam	13.7	0.4
Hutan Kota	68.5	2.0
Industri	4.9	0.1
Jalan	570.9	16.8
Jalur Hijau	39.8	1.2
Makam	71.7	2.1
Pariwisata	1.8	0.1
Perairan	40.9	1.2
Perkantoran dan Perekonomian	24.5	0.7
Perkebunan	92.6	2.7
Permukiman	1181.7	34.8
Pertahanan dan Keamanan	0.0	0.0
Pertanian dan Peternakan	302.8	8.9
Ruang Terbuka Hijau pada Lahan Aset Pemkot	71.9	2.1
Sarana Pelayanan Umum Lainnya	0.0	0.0
Sempadan Sungai	23.9	0.7
Sempadan SUTT	34.0	1.0
Sempadan Waduk/Bozem	9.2	0.3
Taman dan Lapangan	257.0	7.6
Total	3393.8	100.0

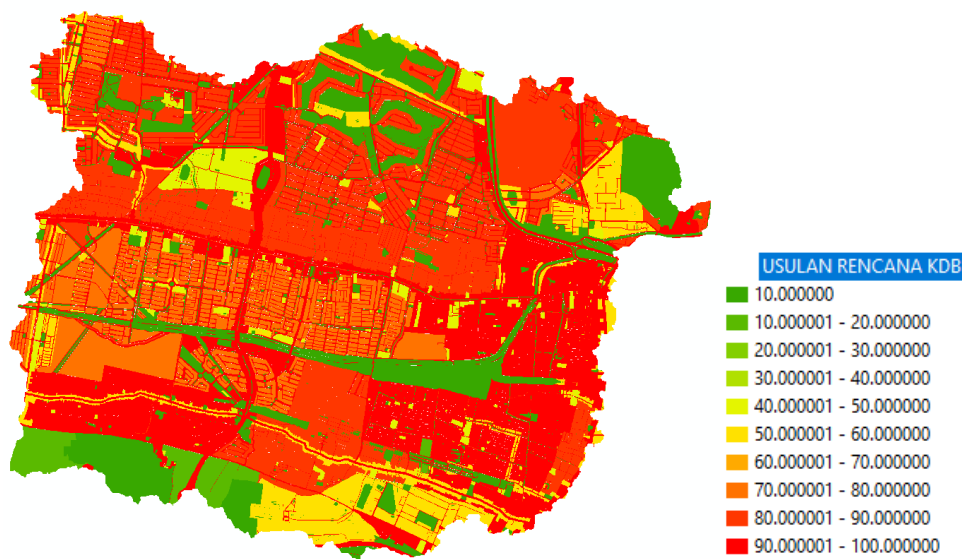


Gambar 4.60 Peta Rekomendasi Rencana Penggunaan Lahan Pengurangan Banjir di DAS Kedurus

Secara detail berikut rekomendasi rencana koefisien dasar bangunan untuk pengurangan banjir di DAS Kedurus.

Tabel 4.69 Rekomendasi Koefisien Dasar Bangunan Pengurangan Banjir di DAS Kedurus

Rekomendasi Koefisien Dasar Bangun	Luas Ha	%
0-10	630.9	18.6
10-20	245.3	7.2
20-40	0.0	0.0
40-50	353.2	10.4
50-60	155.5	4.6
60-70	353.7	10.4
70-80	715.9	21.1
80-85	368.7	10.9
85-90	16.1	0.5
90-100	554.6	16.3
TOTAL	3393.8	100.0



Gambar 4.61 Peta Rekomendasi Rencana Koefisien Dasar Bangunan Pengurangan Banjir di DAS Kedurus

Penerapan konsep tata ruang pengurangan banjir di DAS Kedurus yang merupakan gabungan skenario 1 dan 2 masih menyisakan luas genangan banjir sebesar 6.26 Ha. Distribusi spasial sisa genangan banjir berdasarkan model spasial banjir sesuai gambar Gambar 4.58 menunjukkan sisa genangan tersebut berada di area sempadan sungai. Sehingga di rekomendasikan untuk meninggikan tanggul sungai.

Untuk memberikan gambaran bahwa rekomendasi tindakan rekayasa pada variabel penggunaan lahan, koefisien dasar bangunan dan kapasitas saluran dapat dapat diimplementasikan di lapangan. Maka dikaji tingkat implementasi dari setiap rekomendasi yang sudah dirumuskan.

Pada variabel penggunaan lahan rekomendasi yang berikan adalah lahan asset Pemerintah Kota Surabaya dijadikan Ruang Terbuka Hijau (RTH). Rekomendasi ini bertujuan untuk memperluas area resapan air sehingga mengurangi nilai Run Off kawasan. Penyediaan area resapan melalui Ruang Terbuka Hijau memiliki tingkat implementasi yang cukup tinggi. Hal ini dikarena penyediaan RTH selain sebagai fungsi ekologi juga memiliki fungsi sosial dan ekonomis (M. Nugroho, 2015). Apalagi penyediaan RTH menggunakan lahan aset Pemerintah Kota Surabaya, sehingga dapat di integrasi antara pelayanan kepada masyarakat dan pengurangan genangan banjir di DAS Kedurus.

Rekomendasi selanjutnya dalam variabel penggunaan lahan adalah alokasi ruang zona kawasan lindung mengikuti rencana pola ruang RDTRK Kota Surabaya. Rekomendasi tersebut memiliki potensi implementasi cukup tinggi karena memiliki kekuatan hukum melalui peraturan daerah terkait peruntukan lahan RDTRK Kota Surabaya sebagai pertimbangan penerbitan ijin membangun bangunan. Selain itu sampai saat ini kinerja Pemerintah Kota Surabaya dalam menyediakan ruang terbuka hijau dan perlindungan pada kawasan lindung yang cukup baik (Iswari, 2012).

Kemudian masih pada variabel penggunaan lahan terdapat rekomendasi lain berupa alokasi ruang kawasan budidaya sub zona permukiman, perdagangan jasa dan industri yang dialokasi di lahan eksisting non terbangun di berikan syarat maksimal keterbangunan 60 % dan wajib memiliki sumur resapan. Rekomendasi tersebut memiliki kendala dalam implementasinya karena pengendalian pemanfaatan ruang terkait keterbangunan suatu petak lahan masih belum jelas. Sampai saat ini di DAS Kedurus kawasan yang sudah terbangun memiliki keterbangunan berupa 80-90%. Strategi yang dapat diterapkan adalah pemberian insentif pada petak lahan yang mampu menekan keterbangunan hingga 60%, serta memberikan disinsentif bagi petak lahan yang akan dibangun melebihi 60% keterbangunan. Insentif yang diberikan seperti pembebasan/pengurangan pajak bumi bangunan, serta disinsentifnya adalah meningkatkan besaran pajak bumi bangunan (Zazili, Fathoni, & Firmansyah, 2016). Penerapan insentif dan disinsentif dalam pengendalian keterbangunan memiliki kemungkinan untuk diterapkan (Sugiarto, 2019).

Pada variabel koefisien dasar bangunan terdapat rekomendasi penurunan rencana koefisien dasar bangun sebesar 5% pada aneka industri, instalasi utilitas, kantor pemerintahan, fasilitas umum dan pertahanan keamanan. Juga ada rekomendasi penurunan rencana koefisien dasar bangunan sebesar 10% pada perdagangan dan jasa. Selain itu terdapat rekomendasi penurunan koefisien dasar bangunan sebesar 15% pada : perumahan kepadatan tinggi, perumahan kepadatan sedang dan perumahan kepadatan tinggi. Rekomendasi terakhir pada variabel koefisien alokasi koefisien dasar bangun maksimal 60% pada alokasi budidaya yang mengkonversi lahan eksisting non terbangun. Dalam rangkaian rekomendasi

tersebut memiliki potensi penerapan yang baik karena batas maksimal koefisien dasar bangunan berada di keterbangunan 60%. Nilai tersebut masih implementatif dilakukan karena 60% ialah termasuk koefisien dasar bangunan dengan kelas tinggi(Kurniati, 2016). Selain itu sebagai alternatif pengurangan luas bangunan akibat rekomendasi tersebut, dapat dikompensasi dengan peningkatan rencana lantai bangunan yang diijinkan.

Selanjutnya pada variabel kapasitas saluran terdapat rekomendasi meningkatkan kapasitas saluran drainase Kedurus dengan mendalamkan sebesar 25% dari kondisi eksisting maksimal 4.3 meter atau sesuai SDMP 2018. Rekomendasi tersebut memiliki potensi untuk di terapkan karena kondisi eksisting saluran drainase utama Kedurus yang tidak memiliki bangunan air serta sedimentasi yang terjadi. Selain itu kedalaman saluran maksimal 4.3 meter di kawasan DAS Kedurus masih berada diatas tinggi muka ai laut normal, sehingga gravitasi untuk mengalirkan air ke saluran yang lebih rendah masih bisa dilakukan.

Selain ketiga variabel tersebut, pengurangan banjir menggunakan instrumen Detention Pond atau bozem. Rekomendasi tersebut adalah pembuatan 2 bozem baru seluas 22.98 Ha dan 8.53 Ha. Juga dilakukan perluasan bozem kedurus eksisting seluas 4.9 Ha Dan 3.8 Ha. Rekomendasi tersebut memiliki potensi untuk diterapkan karena Pemerintah Kota Surabaya sudah pernah melakukan pembuatan bosem dan teknologi yang digunakan tidak terlalu rumit. Kendala yang dihadapi

BAB 5

PENUTUP

5.1.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan diketahui bahwa dengan kondisi eksisting DAS Kedurus memiliki koefisien Run Off sebesar 0.36 dengan debit puncak DAS pada kala ulang 20 tahun sebesar 20.90 m³/detik. Hasil pemodelan banjir menunjukkan bahwa potensi luasan genangan pada kala ulang 20 tahun adalah 228.88 Ha. Sedangkan jika pada kondisi rencana (rencana penggunaan lahan, rencana koefisien dasar bangunan dan rencana kapasitas salurn) menghasilkan koefisien *Runoff* sebesar 0.38 dengan debit puncak kala ulang 20 tahun sebesar 22.12 m³/det. Hasil permodelannya di kondisi rencana menunjukkan luas genangan kala ulang 20 seluas 228.88 Ha mengalami penurunan dari 226.41 Ha dikondisi eksisting. Sehingga adanya rencana penggunaan lahan, rencana koefisien dasar bangunan dan rencana saluran drainase yang saat ini ada tidak menurunkan potensi terjadinya banjir, cenderung meningkatkan potensi banjir.

Pada tahapan perumusan konsep tata ruang pengurangan banjir menghasilkan beberapa usulan yaitu alokasi RTH dari seluruh lahan asset pemerintah Kota Surabaya dan pemberian syarat maksimal 60% keterbangunan untuk alokasi ruang di lahan eksisting non terbangun. Selain itu diusulkan penurunan rencana koefisien dasar bangunan dari 5-15%. Usulan untuk peningkatan kapasitas saluran dengan mendalamkan sebesar 25% dari kondisi eksisting. Usulan konsep tata ruang tersebut di targetkan pengurangan banjir seluas 148.61 Ha. Selain itu dilibatkan instrumen pengurangan luasan banjir berupa *Detention Pond* atau bosem. Penyediaan bosem di targetkan pengurangan genangan banjir sebesar 74.01 Ha. Total pengurangan luas genangan banjir jika rekomendasi konsep tata ruang ini diterapkan ialah 222.62 Ha atau 97.26%.

Konsep tata ruang pengurangan banjir di DAS Kedurus menghasilkan rekomendasi sebagai berikut :

- Lahan asset Pemerintah Kota Surabaya dijadikan ruang terbuka hijau (RTH).
- Alokasi ruang zona kawasan lindung mengikuti rencana pola ruang RDTRK Kota Surabaya

- Alokasi ruang kawasan budidaya sub zona permukiman, perdagangan dan jasa, industri yang dialokasi di lahan eksisting non terbangun di berikan syarat maksimal keterbangunan 60 dan wajib memiliki sumur resapan
- Penurunan koefisien dasar bangunan sebesar 5% pada : aneka industri, instalasi utilitas, kantor pemerintahan, fasilitas umum, pertahanan dan keamanan
- Penurunan koefisien dasar bangunan sebesar 10% pada : perdagangan dan jasa
- Penurunan koefisien dasar bangunan sebesar 15% pada : perumahan kepadatan tinggi, perumahan kepadatan sedang dan perumahan kepadatan tinggi
- Alokasi koefisien dasar bangunan maksimal 60% pada alokasi budidaya yang mengkonversi lahan eksisting non terbangun
- Meningkatkan kapasitas saluran drainase Kedurus dengan mendalamkan sebesar 25% dari kondisi eksisting maksimal 4.3 meter atau sesuai SDMP 2018
- Pembuatan 2 bozem baru seluas 22.98 Ha dan 8.53 Ha
- Perluasan bozem Kedurus eksisting seluas 4.9 Ha dan 3.8 Ha

5.1.2 Saran

Untuk kepentingan penelitian lanjutan berikut saran pada penelitian ini.

- 1) Pada penelitian ini asumsi koefisien run off dan koefisien meaning masih menggunakan referensi di kawasan lain, saran yang diberikan dilakukan penelitian terkait penilaian nilai run off di DAS Kedurus
- 2) Rekomendasi yang diberikan pada konsep tata ruang di DAS Kedurus di asumsikan pada kondisi curah hujan paling maksimal dan tidak mengakomodasi kondisi ketika terjadi kemarau, saran yang diberikan dilakukan penelitian lanjutan terkait perumusan konsep tata ruang yang mengakomodasi kondisi curah hujan ekstrim dikombinasikan dengan kondisi musim kemarau.

DAFTAR PUSTAKA

PERATURAN DAN DOKUMEN PERENCANAAN

Undang-Undang Nomor 26 Tahun 27 Tentang Penataan Ruang

Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya

Rencana Detail Tata Ruang Kota Unit Pengembangan Wiyung

BUKU DAN JURNAL PENELITIAN

- Abdulhalim, D. F., Tanudjaja, L., & Sumarauw, J. (2018). Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Talawaan Di Titik 250 M Sebelah Hulu Bendung Talawaan. *Jurnal Sipil Statik*, 6(5).
- Al Amin, M. B. (2016). Analisis Genangan Banjir di Kawasan Sekitar Kolam Retensi dan Rencana Pengendaliannya, Studi Kasus: Kolam Retensi Siti Khadijah Palembang. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 27(2), 69-90.
- Alby, L. (2018). *Perbandingan Metode Alih Ragam Hujan menjadi Debit dengan FJ. Mock dan NRECA di DAS Kemuning Kabupaten Sampang*. Universitas Brawijaya,
- Anna, A. N., & Cholil, M. (2011). Analisis Fluktuasi Hujan dan Morfologi Sungai Terhadap Konsentrasi Banjir Daerah Surakarta.
- Arianto, B. B. (2015). *Studi Penentuan Jalur Aliran Lava Metode Steepest Slope Dari Data Dem Insar Dan Peta Rupa Bumi Indonesia (Studi Kasus: Gunung Semeru, Jawa Timur)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
- Arikunto, S. (2010). Metode Peneltian. In: Jakarta: Rineka Cipta.
- Arsyad, S. (1989). Konservasi tanah dan air. In: IPB press. Bogor.
- Arsyad, S. (2000). Konservasi Tanah dan Air. UPT Produksi Media Informasi. Lembaga Sumberdaya Informasi. Institut Pertanian Bogor. In: IPB Press, Bogor.
- Aryanto, A. (2010). *Pengaruh Perubahan Penutup Lahan Terhadap Debit Aliran Permukaan di Sub-DAS Keduang Kabupaten Wonogiri*. Universitas Sebelas Maret,
- Asdak, C. J. G. M. U. P., Yogyakarta. (2002). Hidrologi dan Daerah Aliran Sungai.
- Badan Informasi Geografis, B. (2014). *Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2015 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar*. Bogor
- Baja, S. (2012). *Perencanaan Tata Guna Lahan dalam Pengembangan Wilayah: Andi*.
- Barnett, J. (1982). *An Introduction to Urban Design*. New York.
- Brandt, S. A., & Lim, N. J. (2012). *Importance of river bank and floodplain slopes on the accuracy of flood inundation mapping*. Paper presented at the International Conference on Fluvial Hydraulics. River Flow 2012. San José, Costa Rica, 5-7 September 2012.
- Brown, R. R., Keath, N., & Wong, T. H. J. W. s. (2009). Urban water management in cities: historical, current and future regimes. *Water Science Technology*, 59(5), 847-855.

- BSN. (2016). SNI 2415-2016 Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana. In: Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Castillo, V., Gomez-Plaza, A., & Martinez-Mena, M. J. J. o. H. (2003). The role of antecedent soil water content in the runoff response of semiarid catchments: a simulation approach. *284*(1-4), 114-130.
- Chai, T., & Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?—Arguments against avoiding RMSE in the literature.
- Chalid, A., & Prasetya, B. (2020). *Utilization of a pond in East Jakarta for a sustainable urban drainage system model*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Chesterfield, C., Ulrich, C., Beck, L., Burge, K., Castonguay, A., Brown, R., . . . Rogers, B. (2016). *A Water Sensitive Cities Index—Benchmarking cities in developed and developing countries*. Paper presented at the Proceedings of the International Low Impact Development Conference, Beijing, China.
- Chow, C.-Y., & Kao, K.-H. (1992). Investigation of mechanisms for vorticity generation and flow separation on bodies in unsteady motion.
- Cook, H. L. J. E., Transactions American Geophysical Union. (1946). The infiltration approach to the calculation of surface runoff. *27*(5), 726-747.
- Coto, E. B. (2002). *Flood hazard, vulnerability and risk assessment in the city of Turrialba, Costa Rica*.
- Crossan, F. J. N. R. (2003). Research philosophy: towards an understanding. *11*(1), 46.
- da Silva Peixoto, F., Cavalcante, I. N., & Gomes, D. F. J. W. R. M. (2020). Influence of Land Use and Sanitation Issues on Water Quality of an Urban Aquifer. *34*(2), 653-674.
- Dahlenburg, J., & Morison, P. (2009). *Tapping Into Our Biggest Resource: Engaging With The Community In Water Quality Objective Setting And Wsud Planning*.
- Dahri, N., & Abida, H. J. A. J. o. G. (2020). Causes and impacts of flash floods: case of Gabes City, Southern Tunisia. *13*(4), 176.
- David, I., Beilicci, E., & Beilicci, R. (2016). Basics for hydraulic modelling of flood runoff using advanced hydroinformatic tools. In *Geospatial Research: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (pp. 1291-1318): IGI Global.
- Dige, G., Eichler, L., Vermeulen, J., Ferreira, A., Rademaekers, K., Adriaenssens, V., & Kolaszewska, D. J. E. E. A. R. (2017). Green Infrastructure and Flood Management: Promoting Cost-Efficient Flood Risk Reduction via Green Infrastructure Solutions. (14).
- Dirapratama, H. (2015). *Aplikasi Wilayah Manajemen Kebakaran Dan Intensitas Pemanfaatan Ruang Dalam Meminimalkan Potensi Kebakaran Di Kabupaten Ponorogo Provinsi Jawa Timur*. Falkultas Teknik Universitas Islam Bandung (UNISBA),
- Falter, D., Dung, N., Vorogushyn, S., Schröter, K., Hundecha, Y., Kreibich, H., . . . Merz, B. J. J. o. F. R. M. (2016). Continuous, large-scale simulation model for flood risk assessments: proof-of-concept. *9*(1), 3-21.
- FEMA, F. (2014). Intro to Incident Command System-Course IS-100. b.
- Ferguson, R. J. E. s. p., & landforms. (1987). Accuracy and precision of methods for estimating river loads. *12*(1), 95-104.

- Gao, Y., Chen, J., Luo, H., & Wang, H. J. S. o. T. T. E. (2020). Prediction of hydrological responses to land use change. *708*, 134998.
- Ghifari, R. A. (2018). *Zonasi Ruang Berbasis Pengurangan Risiko Bencana Pada Kawasan Bahaya Bencana Banjir Di DAS Wae Apu, Pulau Buru*. (Magister), Universtas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Gichamo, T. Z., Popescu, I., Jonoski, A., & Solomatine, D. (2012). River cross-section extraction from the ASTER global DEM for flood modeling. *Environmental Modelling & Software*, *31*, 37-46. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.12.003>
- Gonzalez, C. (2012). *Planning, Zoning, and Development Laws. Governor's Office of Planning and Research*. California USA.
- Grimaldi, S., Petroselli, A., Arcangeletti, E., & Nardi, F. J. J. o. H. (2013). Flood mapping in ungauged basins using fully continuous hydrologic-hydraulic modeling. *487*, 39-47.
- Guo, H.-q., Han, Y.-z., & Bai, X.-m. J. J. S. W. C. (2010). Hydrological effects of litter on different forest stands and study about surface roughness coefficient. *24*(2), 179-183.
- Gupta, R., Singh, M. K., Snehmami, S., Ganju, A. J. T. I. A. o. P., Remote Sensing, & Sciences, S. I. (2014). Validation of SRTM X band DEM over Himalayan Mountain. *40*(4), 71.
- Hadi, U., Hidayah, E., & Halik, G. (2020). Evaluasi Kinerja Sistem Drainase Pada Wilayah Kelurahan Medokan Ayu Kota Surabaya. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, *3*(1), 49-60.
- Harjanto, P., & Imammudin, A. (2017). Evaluasi Kapasitas Penampang Sungai Bodri dengan menggunakan HEC-RAS. In: Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata.
- Harto, S. J. G. P. U., Jakarta. (1993). Analisis hidrologi.
- Hromadka, T. J. E. S. (1996). A rainfall-runoff probabilistic simulation program: 2. Synthetic data analysis. *11*(4), 243-249.
- Hu, S., Fan, Y., & Zhang, T. J. L. (2020). Assessing the Effect of Land Use Change on Surface Runoff in a Rapidly Urbanized City: A Case Study of the Central Area of Beijing. *9*(1), 17.
- Hung, H. V., Shaw, R., Kobayashi, M. J. D. P., & Journal, M. A. I. (2007). Flood risk management for the RUA of Hanoi.
- Idfi, G. (2017). Perbandingan Model Aliran Banjir Unsteady Flow dan Steady Flow pada Sungai Ngotok Ring Kanal. *Jurnal Bangunan : Teori, Praktek, Penelitian, dan Pengajaran Teknik Bangunan*, *22*(2).
- Idfi, G., Wahyono, I., Yulistiyorini, A., & Khomsati, N. (2019). *The comparative study of flood modelling with the unsteady and the steady flow on Ngotok river*. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- Imaduddin, A. H., & Widodo, W. H. S. J. S. (2017). Pemodelan Bahaya Bencana Banjir Rob Di Kawasan Pesisir Kota Surabaya. *15*(30), 45-56.
- Iqra, L. M. (2017). Estimasi Debit Aliran Berdasarkan Data Curah Hujan Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Wilayah Sungai Poleang-Roraya).
- Iswari, A. N. J. K. d. M. P. U. A. (2012). Strategi dinas kebersihan dan pertamanan kota surabaya dalam pengelolaan ruang terbuka hijau (RTH) untuk

- mewujudkan pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. 4(4), 1-9.
- Jacobson, R. B., Janke, T. P., Skold, J. J. J. W. E., & Management. (2011). Hydrologic and geomorphic considerations in restoration of river-floodplain connectivity in a highly altered river system, Lower Missouri River, USA. 19(4), 295-316.
- Jayadi, R. (2000). *Hidrologi I Pengenalan Hidrologi Teknik Sipil*. Yogyakarta: UGM-Press.
- Johnson, C., Suri, S. N., & Lipietz, B. (2020). Words into Action guidelines: Implementation guide for land use and urban planning.
- Kallioras, A. (2020). Urban flood hazard management-Case study: Shanghai.
- Khattak, M. S., Anwar, F., Saeed, T. U., Sharif, M., Sheraz, K., Ahmed, A. J. A. J. f. S., & Engineering. (2016). Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcGIS: a case study of Kabul River. 41(4), 1375-1390.
- Kingma, N. C. J. L. N., ITC, Enschede, the Netherlands. (2002). Flood hazard assessment and zonation.
- Kösters, M., Bichai, F., & Schwartz, K. J. I. J. o. W. R. D. (2020). Institutional inertia: challenges in urban water management on the path towards a water-sensitive Surabaya, Indonesia. 36(1), 50-68.
- Kristianto, A. B., Norken, I. N., Dharma, I. G. B. S., & Yekti, M. I. J. J. S. (2019). Komparasi Model Hidrograf Satuan Terukur Dengan Hidrograf Satuan Sintetis (Studi Kasus Das Tukad Pakerisan). 7(1).
- Kurniati, P. S. J. d. J. I. P. d. K., VI,. (2016). Implementasi Kebijakan Penataan Ruang Di Kota Bandung.
- Kusdarwati, R., Kurniawan, H., & Prayogi, Y. T. (2017). *Isolation and identification of Aeromonas hydrophila and Saprolegnia sp. on catfish (Clarias gariepinus) in floating cages in Bozem Moro Krembangan Surabaya*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Lauri, H., & Kumm, M. J. H. R. (2014). Improving the accuracy of a grid-based distributed hydrological model using slope and river length corrections in a large river basin: case Mekong. 45(4-5), 715-726.
- Li, Z., & Zhang, J. J. A. w. m. (2001). Calculation of field Manning's roughness coefficient. 49(2), 153-161.
- Linsley Jr, R. K., Kohler, M. A., & Paulhus, J. L. (1975). Hydrology for engineers.
- Loveridge, M., Rahman, A. J. S. e. r., & assessment, r. (2014). Quantifying uncertainty in rainfall-runoff models due to design losses using Monte Carlo simulation: a case study in New South Wales, Australia. 28(8), 2149-2159.
- Machyus, M. (2006). *Evaluasi Strategi Pengembangan Kawasan Perumahan Melalui Pendekatan Urban Redevelopment di Kawasan Kemayoran DKI Jakarta*. Universitas Diponegoro,
- Maddock, I., Harby, A., Kemp, P., & Wood, P. J. (2013). *Ecohydraulics: an integrated approach*: John Wiley & Sons.
- Malingreau, J.-P., & Christiani, R. (1981). A land cover/land use classification for Indonesia. *Journal of Geography Faculty of Geography Gadjah Mada University*, 11(41), 13-50.

- Manfreda, S., Nardi, F., Samela, C., Grimaldi, S., Taramasso, A. C., Roth, G., & Sole, A. J. J. o. h. (2014). Investigation on the use of geomorphic approaches for the delineation of flood prone areas. *517*, 863-876.
- Manullang, S., Prasetyo, Y., & Bashit, N. J. J. G. U. (2019). Analisis Spasial Terhadap Tingkat Kerawanan Banjir Kawasan Sungai Bringin Menggunakan Metode Kombinasi LIDAR dan SIG. *8*(1), 218-227.
- Masitoh, L., Ma'rif, S., & Rudiarto, I. (2002). *Pengaruh Keberadaan Perumahan Terhadap Perubahan Harga Lahan Di Kecamatan Ciledug*. Universitas Diponegoro,
- McCuen, R. H. (1989). *Hydrologic analysis and design*: Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ.
- McEnroe, B. M., Wade, R. P., & Smith, A. K. (1999). *Hydraulic performance of curb and gutter inlets*. Retrieved from
- Meijerink, A. M. J. (1970). *Photo-interpretation in Hydrology, a Geomorphological Approach*: International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences.
- Miller, A. J. J. E. S. P., & Landforms. (1990). Flood hydrology and geomorphic effectiveness in the central Appalachians. *15*(2), 119-134.
- Mubareka, S., Estreguil, C., Baranzelli, C., Gomes, C. R., Lavallo, C., & Hofer, B. J. I. J. o. G. I. S. (2013). A land-use-based modelling chain to assess the impacts of Natural Water Retention Measures on Europe's Green Infrastructure. *27*(9), 1740-1763.
- Nasional, B. S. (2016). SNI 2415-2016 Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana. In: Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Natakusumah, D. K., Hatmoko, W., & Harlan, D. J. J. o. C. E. (2011). Prosedur Umum Perhitungan Hidrograf Satuan Sintetis dengan Cara ITB dan Beberapa Contoh Penerapannya. *18*(3), 251-291.
- Nugroho, A. (2013). Model Perubahan Landuse akibat kenaikan muka air laut dan pasang maksimum di pantai utara teluk lamong (PUTL) bagian surabaya.
- Nugroho, M. (2015). Problematika Penyediaan Ruang Terbuka Hijau di Kota Semarang.
- Oktaga, A. T., Suripin, S., & Darsono, S. (2014). Perbandingan Hasil Pemodelan Aliran Satu Dimensi Unsteady Flow dan Steady Flow pada Banjir Kota. *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*, *21*(1), 35-46.
- Oktaga, A. T., Suripin, S., & Darsono, S. (2016). Perbandingan Hasil Pemodelan Aliran Satu Dimensi Unsteady Flow dan Steady Flow pada Banjir Kota. *21*(1), 35-46.
- Pamungkas, A., & Purwitaningsih, S. J. I. J. o. D. R. i. t. B. E. (2019). Green and grey infrastructures approaches in flood reduction.
- Papaioannou, G., Loukas, A., Vasiliades, L., & Aronica, G. J. N. H. (2016). Flood inundation mapping sensitivity to riverine spatial resolution and modelling approach. *83*(1), 117-132.
- Prasetyo, E. I. J. S. I. P. B. B. (2009). Analisis hubungan curah hujan dan produksi kelapa sawit dengan model fungsi transfer.
- Purwaningsih, S. (2018). *A combination of green and grey infrastructures approaches in flood reduction: Kedurus Case Study, Indonesia*. Paper presented at the ICDM 2018.

- Purwitaningsih, S. (2017). *Skenario Pengurangan Banjir Berdasarkan Tata Guna Lahan di Daerah Aliran Sungai Kedurus Menggunakan Model Hidrologi SWAT*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
- Purwitaningsih, S., & Pamungkas, A. (2017). Analisis Kondisi Hidrologi Daerah Aliran Sungai Kedurus untuk Mengurangi Banjir Menggunakan Model Hidrologi SWAT. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 107-111.
- Rahman, A. J. B. L. J. o. E. (2013). Model Sistem Informasi Geografis untuk estimasi koefisien aliran dan hubungannya dengan tutupan lahan di DAS Riam Kanan Provinsi Kalimantan Selatan. 13(1).
- Rahman, A. S., Haddad, K., & Rahman, A. (2013). *Regional flood modelling in the new Australian Rainfall and Runoff*. Paper presented at the Adapting to Change: the Multiple Roles of Modelling: Proceedings of the 20th International Congress on Modelling and Simulation (MODSIM2013), 1-6 December 2013, Adelaide, South Australia.
- Ramirez, M. C. V., de Campos Velho, H. F., & Ferreira, N. J. J. J. o. h. (2005). Artificial neural network technique for rainfall forecasting applied to the Sao Paulo region. 301(1-4), 146-162.
- Riri, S. (2017). *Perbandingan Hidrograf Satuan Terukur Dan Hidrograf Satuan Sintetis Pada Daerah Aliran Sungai Batang Anai*. Universitas Andalas,
- Roberts, D. R., Bahn, V., Ciuti, S., Boyce, M. S., Elith, J., Guillera-Arroita, G., . . . Dormann, C. F. (2017). Cross-validation strategies for data with temporal, spatial, hierarchical, or phylogenetic structure. 40(8), 913-929. doi:10.1111/ecog.02881
- Rohman, M. A., Wiguna, I. P. A., & Dewi, E. S. (2019). Risk Analysis of Box Culvert Construction Project in Surabaya City, Indonesia.
- Rustiadi, E., Saefulhakim, S., & Panuju, D. R. (2009). *Perencanaan pengembangan wilayah*. Bogor: Crespent Press.
- Salamin, A. L. (2020). *Technical Evaluation and Boezem Bratang Operation Patterns In Surabaya*. Paper presented at the Journal of World Conference (JWC).
- Santato, S., Bender, S., & Schaller, M. J. C. r. (2013). The European floods directive and opportunities offered by land use planning. 12.
- Satiti, I. T. R. W., & Jayadi, I. R. (2018). *Pengaruh Penetapan Orde Sungai Tertinggi Terhadap Kinerja Hidrograf Satuan Sintetis Gama I Dan Snyder-Alexeyev*. Universitas Gadjah Mada,
- Sembiring, F. D. A. I. (2019). Analisis Perbandingan Hidrograf Satuan Sintetik Gama I Dan SCS (HEC-HMS) Dengan Hidrograf Satuan Terukur Di Sungai Way Besai.
- Septiani, D. R., Subiyanto, S., & Amarrohman, F. J. J. J. G. U. (2020). Identifikasi Kesesuaian dan Intensitas Pemanfaatan Lahan Di Kelurahan Lamper Lor Menggunakan Foto Udara Tahun 2018. 9(2), 71-80.
- Sharif Ahmadian, A. (2016). Chapter 7 - Numerical Modeling and Simulation. In A. Sharif Ahmadian (Ed.), *Numerical Models for Submerged Breakwaters* (pp. 109-126). Boston: Butterworth-Heinemann.
- Sherman, L. K. (1932). Streamflow from rainfall by the unit-graph method. *Eng. News Record*, 108, 501-505.
- Soemarto, C. (1999). Hidrologi Teknik Edisi Dua. In: Erlangga, Jakarta.

- Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (2006). Hidrologi untuk Pengairan Cetakan ke-X. In: Jakarta: Pradnya Paramita.
- Starzec, M., Dziopak, J., & Słyś, D. J. R. (2020). An Analysis of Stormwater Management Variants in Urban Catchments. 9(2), 19.
- Subramanya, K. (2013). *Engineering Hydrology, 4e*: Tata McGraw-Hill Education.
- Sugiarto, A. J. J. (2019). Implementasi Pengendalian Pemanfaatan Ruang dan Sanksi Administratif Dalam Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo. 5(1), 41-60.
- Sugiyono, P. (2013). *Metode Penelitian Manajemen*. Bandung: Alfabeta, CV.
- Sumiati, I., & Si, M. (2019). *Kajian Strategis Kebijakan Satu Peta (One Map Policy) Bidang Perencanaan Tata Ruang*. Paper presented at the Seminar Nasional Administrasi Publik Dinamika Perkembangan Administrasi Publik Di Era Disrupsi dan Tantangan Global.
- Sutapa, I. W. J. M. (2005). Kajian Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu Untuk Perhitungan Debit Banjir Rancangan di Daerah Aliran Sungai Kodina. 7(1).
- Syahputra, I. (2015). Kajian Hidrologi dan Analisa Kapasitas Tampang Sungai Krueng Langsa Berbasis HEC-HMS dan HEC-RAS. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 1(1), 15-28.
- Syofyan, E. R. J. J. I. P. R. (2016). Kajian Model Hidrograf Akibat Perubahan Tataguna Lahan dengan Menggunakan Data Lapangan DAS Batang Air Dingin. 12(1), 29-40.
- Syofyan, Z. J. J. T. S. I. (2014). Karakteristik Distribusi Hujan Pada Stasiun Hujan Dalam Das Batang Anai Kabupaten Padang Pariaman Sumatera Barat. 1(1).
- Triatmodjo, B. (2006). *Perencanaan bangunan pantai*: Beta Offset.
- Upomo, T. C., & Kusumawardani, R. J. J. T. S. d. P. (2016). Pemilihan distribusi probabilitas pada analisa hujan dengan metode goodness of fit test. 18(2), 139-148.
- USACE. (2001). HEC-RAS River Analysis System: User's Manual version 3.0 Hidrologic Engineering Center. *USAGE (US Army of Engineers)*.
- USACE. (2016). HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual. Version 5.0. In: Institute of Water Resources, Hydrological Engineering Center Davis.
- Viglione, A., Merz, R., Blöschl, G. J. H., & Sciences, E. S. (2009). On the role of the runoff coefficient in the mapping of rainfall to flood return periods. 13(5), 577-593.
- Wang, H., Stephenson, S. R., & Qu, S. J. E. I. (2020). Quantifying the relationship between streamflow and climate change in a small basin under future scenarios. 113, 106251.
- Wardhana, P. N. (2015). Analisis transpor sedimen Sungai Opak dengan menggunakan program HEC-RAS 4.1. 0. *Jurnal Teknisia*, 20(1), 22-31.
- Wibowo, G. D. (2007). Sistem Pengendalian Banjir Kali Juana. *Dinamika Teknik Sipil Majalah Ilmiah Teknik Sipil* 7(2), 191-197.
- Willmott, C. J., & Matsuura, K. J. I. J. o. G. I. S. (2006). On the use of dimensioned measures of error to evaluate the performance of spatial interpolators. 20(1), 89-102.

- Wizor, C. H., & Wali, E. J. A. J. o. G. R. (2020). Geo-Spatial Analysis of Urban Wetlands Loss in Obio/Akpor Local Government Area of Rivers State, Nigeria. 35-48.
- WSC, C. (2015). *Ideas for Ripley Valley*. Retrieved from
- Yang, X., Chen, H., Wang, Y., & Xu, C.-Y. J. H. R. (2016). Evaluation of the effect of land use/cover change on flood characteristics using an integrated approach coupling land and flood analysis. 47(6), 1161-1171.
- Yuliantari, E., Ir Dwita Hadi Rahmi, M., & Pramono, R. W. D. (2019). *Pengaruh Kesesuaian Implementasi Ketentuan Intesitas Ruang Pada Peraturan Zonasi Terhadap Suhu Permukaan Di Kota Semarang*. Universitas Gadjah Mada,
- Zazili, A., Fathoni, F., & Firmansyah, A. A. J. J. C. H. (2016). Pemberian insentif penanaman modal sebagai upaya daya tarik investasi di daerah. 7(1), 112–122.
- Zischg, A. P., Mosimann, M., Bernet, D., & Röthlisberger, V. (2017). Validation of 2D flood models with insurance claims. *Journal of Hydrology*, 557. doi:10.1016/j.jhydrol.2017.12.042

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Lukman Yusuf. Dilahirkan di Kabupaten Kediri pada tanggal 22 Juli 1996. Merupakan mahasiswa pascasarjana di Program Studi Magister Arsitektur Bidang Keahlian Manajemen Pembangunan Perkotaan Departemen Arsitektur – ITS. Pendidikan formal yang pernah ditempuh penulis adalah SDN 1 Ngasem, SMPN 1 Ngasem dan SMAN 1 Kota Kediri. Pendidikan Sarjana ialah Sarjana Perencanaan Wilayah dan Kota (S.PWK) di Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota-

ITS. Riwayat Kegiatan Mahasiswa penulis sebagai berikut :

- 1) Kepala Departemen Keilmiahan dan Keprofesian HMPL (Himpunan Planologi ITS).
- 2) Aktif dalam lomba Karya Tulis Ilmiah tingkat Nasional
- 3) Pernah terlibat dalam Program Kreativitas Ilmiah Bidang Penelitian
- 4) Pernah terlibat dalam kegiatan Laboratorium di Departemen PWK-ITS

Bidang studi yang diminati penulis ialah :

- 1) Pemodelan Spasial
- 2) Spasial Statistik
- 3) Sistem Informasi Geografis

Kontak yang bisa dihubungi dari penulis adalah 085791946091 atau email ylukman36@gmail.com.

Untuk akses file softfile dari tesis ini silakan scan dibawah.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**LAMPIRAN BERITA ACARA
UJIAN TESIS PROGRAM MAGISTER**

Nama : Lukman Yusuf
NRP : 08111850050003
Departemen : Arsitektur
Bidang Keahlian : Arsitektur
Judul Tesis : Konsep Tata Ruang untuk Pengurangan Banjir di Daerah
Aliran Sungai Kedurus

I Keunggulan Tesis

.....
.....
.....
.....

II Saran Perbaikan

1. Gaya penulisan abstrak masih harus diperbaiki
2. Perlu dicari proses generalisasi dari hasil temuan
3. Harus ada 1 skenario yang paling optimal dan dihighlight sebagai temuan.
- 4.
- 5.

Persetujuan Penguji setelah Perbaikan Tesis

Paraf:

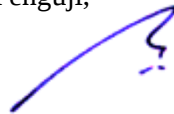
Tanggal:

Catatan:

1. Perbaikan tesis dilaksanakan sesuai Berita Acara Keputusan Sidang Tesis.
2. Lembar lampiran mohon diisi penguji dan dikembalikan ke Program Pascasarjana Arsitektur setelah ujian lisan selesai.

Peserta Ujian Tesis

Surabaya, 23 Juni 2020
Penguji,



Adjie Pamungkas, S.T., M.Dev.Plg., Ph.D.

**LAMPIRAN BERITA ACARA
UJIAN TESIS PROGRAM MAGISTER**

Nama : Lukman Yusuf
NRP : 08111850050003
Departemen : Arsitektur
Bidang Keahlian : Arsitektur
Judul Tesis : Konsep Tata Ruang untuk Pengurangan Banjir di Daerah Aliran Sungai Kedurus

I Keunggulan Tesis

.....
..... Pentingnya memahami ekologi sungai dalam mengatasi banjir secara terintegrasi

II Saran Perbaikan

.....1. Mana variabel yang penting dalam pengendalian banjir di DAS Kedurus? Antara sistem drainase, tata guna lahan, pengaturan bangunan

.....2. Sistem drainase sebagai salah satu pengendali banjir dalam analisa sudah mendorong perluasan polder, dan normalisasi/pelebaran/pengerukan sungai. Dalam pembahasan belum nampak usulan penambahan saluran baru. Bagaimana dengan pembangunan saluran baru?.....

.....

Persetujuan Penguji setelah Perbaikan Tesis

Paraf:

Tanggal:

Catatan:

1. Perbaikan tesis dilaksanakan sesuai Berita Acara Keputusan Sidang Tesis.
2. Lembar lampiran mohon diisi penguji dan dikembalikan ke Program Pascasarjana Arsitektur setelah ujian lisan selesai.

Peserta Ujian Tesis

Surabaya, 23 Juni 2020 Penguji,



Dr. Ir. Eko Budi Santoso, Lic.Rer.Reg.



LAMPIRAN BERITA ACARA
UJIAN TESIS PROGRAM MAGISTER

Nama : Lukman Yusuf
NRP : 08111850050003
Departemen : Arsitektur
Bidang Keahlian : Arsitektur
Judul Tesis : Konsep Tata Ruang untuk Pengurangan Banjir di Daerah Aliran Sungai Kedurus

I Keunggulan Tesis

1. Cukup intensif dalam analisis permodelan simulasi lingkungan/spasial
2. Mampu menyajikan ide yang sangat kontekstual (bersifat mikro) tetapi memiliki peluang kontributif dalam keilmuan tata ruang dan arsitektur

II Saran Perbaikan

1. Tata bahasa dan penulisan diperbaiki serta format penyajian dirapikan (salah satunya efektivitas penyajian; hindari perulangan)
2. Dikoreksi kembali terkait kelengkapan (semua sasaran)
3. Koreksi kembali: Bahasan hasil masih bersifat naratif/deskriptif. Diskusi ilmiah harus ditunjukkan dalam setiap hasil/temuan (paragraf), dengan membuat pernyataan perbedaan, penambahan, atau penyangkalan terhadap referensi yang relevan dengan keilmuan arsitektur, secara khusus tata ruang berkonteks lokasi (DAS+Kedurus)
4. Pertimbangan faktor waktu antara hujan dan kemarau: Adakah rekomendasi masing-masing untuk tata ruang dan persentase penutup permukaan (lanskap) serta morfologinya (kemungkinan tidak hanya terkait alokasi KDB), dalam mengurangi banjir
5. Perbandingan/overlapping dengan produk standar - RDTRK UP Wiyung dengan hasil, adakah diskusi yang diberikan, terkait deviasi perencanaan landuse dan beberapa aturan terkait lainnya (KDB)?
6. Perlunya pernyataan justifikasi hasil penelitian (dari *basecase* mikro – DAS Kedurus ke kontribusi secara umum) sebagai kesimpulan dalam bentuk diagram algoritma (alur metode dan temuan) sebagai *design thinking & argumentation/solution* melibatkan serta kata kunci: tata ruang, pengurangan banjir, DAS Kedurus (sungai urban tropis)
7. Bila memungkinkan grafik rekomendasi persentase spasial dengan trendline input data iklim dan faktor terkait dalam periode tertentu, khususnya dalam jangka panjang?
8. Proyeksi (saran) penelitian ke depan? = Kelanjutan Catatan Minor Temuan atau Ekspansi Batasan penelitian

Persetujuan Penguji setelah Perbaikan Tesis

Paraf:

Tanggal:

06/08/20

Catatan:

1. Perbaikan tesis dilaksanakan sesuai Berita Acara Keputusan Sidang Tesis.
2. Lembar lampiran mohon diisi penguji dan dikembalikan ke Program Pascasarjana Arsitektur setelah ujian lisan selesai.

Peserta Ujian Tesis

Surabaya, 23 Juni 2020
Penguji,

Fx. Teddy Badai Samodra, ST. MT., Ph.D

LEMBAR TANGGAPAN PERBAIKAN ATAS SIDANG THESIS LUKMAN YUSUF – 08111850050003 – SIDANG PADA 23 JUNI 2020

BAGIAN	KOREKSI	TANGGAPAN	HASIL PERBAIKAN
PAK TEDDY			
BAB 1 Latar Belakang	Saran : Di tambahkan dilatar belakang alasan pemilihan wilayah studi sebagai wilayah DAS rawan banjir di perkotaan yang berpotensi meningkat keterbangunan	Tindakan : Akan di tambahkan	Telah ditambahkan di latar belakang paragraph 4
SELURUHNYA	Saran : Redaksional penulisan komunikasi Bahasa laporan • Tata Bahasa Baku • Format sesuai pandan • Judul Gambar • Sitasi • Lokasi Gambar • Kelengkapan (Lampiran)	Tindakan : Akan di perbaiki	Sudah di perbaiki diseluruh bagian laporan
BAB 4	Pertanyaan : Apakah konsep yang dihasilkan dapat diaplikasi di 2 musim	Jawaban : Konsep yang dihasilkan hanya mengantisipasi kondisi curah hujan ekstrim, sehingga tidak mengakomodasi 2 musim. Tetap mempertimbangkan untuk digunakan lahan terbangun pad a kondisi normal. Tindakan : Akan di tambahkan di tambahkan di Batasan penelitian	Telah ditambahkan pada atasan penelitian 1.5.4

BAB 4	Saran : Konsep yang dihasilkan di banding dengan RDTRK, untuk melihat perbaikanya dari RDTRK apa ?	Tindakan : Akan di tambahkan tabel luasan rencana penggunaan lahan antara luas rencana RDTRK dan Rekomendasi Konsep, juga demikian untuk KDB	Sudah ditambahkan perbandingan dalam bentuk tabel dan narasi perbandingan usulan rekomendasi dengan rencana RDTRK dihalaman 175-187
BAB 4	Saran : Temuan di masukan ke alur analisis, sekaligusna inputnya, untuk menghasilkan summary dari proses permodelan	Tindakan : Akan ditambahkan alur analisis yang berisikan input dan output pada setiap hasil akhir sasaran.	Sudah di tambahkan alur analisis yang memiliki input, proses dan analisis di halaman 175-187
BAB 4	Saran : Rekomendasi di bentuk timeline jangka Panjang, janga menengah, jangka pendek	Tindakan : Akan di tambahkan rekomendasi di bentuk timeline jangka Panjang, janga menengah, jangka pendek	Sudah di tambahkan timeline usulan rekomendasi yang diberikan dai halaman 181-182
BAB 1-Batasan Penelitian	Saran : Untuk memberikan saran penelitian yang mendetail, Batasan penelitan di detailkan	Tindakan : Batasan penelitian di detailkan sesuai asumsi yang di gunakan pada BAB 3	Batasan penelitian sudah di tambahkan di halaman 8-9
BAB 4	Saran : Narasi dalam menjelaskan hasil analisis jangan hanya deksripsi hasil, akan tetapi di narasikan dengan membandingkan penelitian yang sudah ada, bagaimana perbandingan temuannya.	Tindakan : Akan di sesuai teknik penarasian hasil analisis dan temuan penelitian.	Narasi sudah di sesuaikan dengan diskusi referensi lain baik mendukung dan membantah referensi tersebut
PAK HARYO			
Abstrak	Saran :	Tindakan : Akan di sesuaikan	Sudah di sesuaikan di abstrak

	Susunan abstrak di bagi menjadi 3 bagian, latar belakang, metode dan temuan		
BAB 1 – Batasan Penelitian	Saran : Penggunaan Referensi Koefisien Run Off dan Meaning pada wilayah lain di masukan di batasan penelitian, karena belum ada penelitian penilaian koefisien run off dan meaning di wilayah studi	Tindakan : Akan di masukan	Sudah di tambahkan di batasan penelitian
BAB 1 – Batasan Penelitian	Saran : Belum ada penelitian bahwa jenis tanah di Kota Surabaya dapat menyerap air atau tidak, dan jika dapat menyerap seberapa mampu menyerap air. Sehingga di masukan Batasan penelitian bahwa kemampuan penyerapan tanah di wilayah di luar kajian	Tindakan : Akan di masukan di Batasan penelitian	Sudah ditambahkan di batasan penelitian
PAK EKO :			
BAB 4	Pertanyaan : Dari hasil model spasial banjir, variabel mana yang mempengaruhi secara signifikan terjadinya banjir?	Jawaban : Secara model spasial semua variabel mempengaruhi proses terjadi banjir, tapi tidak di lakukan penilaian secara head to head antara variabel dalam proses terjadi banjir, akan tetapi dilakukan penilaian head to head antar variabel dalam pengaruhnya mengurangi luas genangan banjir	Sudah di tambahkan diskusi memperkuat bahwa green infrastruktur memiliki berpengaruh besar dalam pengurangan banjir di halaman 170-172

BAB 4	Pertanyaan : Dalam rekomendasi tidak ada penambahan saluran baru, apakah memang batasan rekomendasi ?	Jawaban : Rekomendasi saluran baru tidak di rekomendasikan karena apabila di rekomendasikan saluran baru yang tidak ada di SDMP maka akan sangat sulit di realisasi dan implementatif, sehingga Batasan rekomendasi saluran drainase untuk saluran baru maksimal sesuai dengan SDMP, akan tetapi pendalaman saluran masih bisa dilakukan karena lebih implementatif.	Sudah ditambahkan di menyatakan SDMP memiliki kemampuan yang baik dalam mengurangi banjir sehingga usulan rekomendasi penelitian mengikuti SDMP dan perubahan hanya pada pendalaman saluran dihalaman
PAK ADJIE			
BAB 4	Saran : Rekomendasi KDB dibuat lebih implementatif, untuk KDB yang eksisting terbangun jangan di beri rekomendasi di turunkan, di arahkan ke yang belum terbangun	Tindakan : Akan di rubah KDB yang diturunkan hanya di wilayah non terbangun	Sudah di sesuaikan rekomendasi penurunan rencana koefisien dasar bangunan hanya pada lahan yang belum terbangun dan direncanakan sebagai kawasan terbangun. Pada halaman 162-164
BAB 4	Saran : Sensitivitas dibuat skenario saja, jadi dari analisis sensitivitas di aplikasikan seberapa signifikan di rubah, kemudian dinaikan kemampuannya dalam menurunkan luas genangan akan tetapi tingkat implementatifnya diturunkan, di skenario terakhir penurunan luas genangan 100% tetapi tingkat implementatif	Tindakan : Alur analisis sensitivitas akan di rubah sebagai berikut : • Analisis Sensitivitas di lakukan 5% semua variabel • Analisis sensitivitas di lakukan sesuai ketersediaan potensi meningkatkan performa variabel • Analisis sensitivitas di lakukan secara maksimal	Analisis sudah di buat skenario dengan skenario 1(mengubah variabel sesuai kemungkinan dilakukan) dan skenario 2 (penambahan bozem) dihalaman 157-180

	menjadi tantangan bagi pemerintah.	pada performa penurunan banjir mencapai 100%	
BAB 4	Saran : Perubahan variabel saluran drainase memang sulit untuk penambahan drainase baru selain pada SDMP, sehingga lebih dijelaskan perubahan yang diakibatkan SDMP sudah lebih baik daripada kondisi eksisting.	Tindakan : Akan di perbaiki dan dijelaskan keterangan bahwa SDMP sudah lebih baik dari pada kondisi eksisting.	Sudah diakomodasi di halaman 163-165

