



TESIS - RC185401

PEMODELAN NUMERIK GENANGAN AKIBAT BANJIR
SUNGAI CISANGGARUNG

ANJANI WULANDARI PUTRI SJARIEF
NRP. 03111850097001

Dosen Pembimbing:
Dr.techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ANJANI WULANDARI PUTRI SJARIEF

NRP: 03111850097001

Tanggal Ujian: 03 Agustus 2020

Periode Wisuda: September 2020

Disetujui Oleh:

Pembimbing:

1. Dr.techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
NIP: 19721202 199802 1 003



Penguji:

1. Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc.
NIP: 19540113 198010 1 001



2. Dr. Mahendra Andiek Maulana, S.T., M.T.
NIP: 19840409 200912 1 005



3. Dr. A.A. Ng. Satria Damar Negara, S.T., M.T.
NPP: 198820191 1075



Kepala Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan



Dr.techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
NIP: 19721202 199802 1 001

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

Tesis yang berjudul: “**Pemodelan Numerik Genangan Akibat Banjir Sungai Cisanggarung**” ini adalah karya penelitian saya sendiri dan tidak terdapat karya/tulis untuk memperoleh gelar akademik maupun karya ilmiah/tulis yang pernah dipublikasikan oleh orang lain, kecuali dijadikan kutipan dari bagian karya ilmiah/tulis orang lain dengan menyebutkan sumbernya, baik dalam naskah disertasi maupun daftar pustaka.

Apabila ternyata ditemukan dan terbukti terdapat unsur-undur plagiasi di dalam naskah **tesis** ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan akademik ITS dan/atau perundang-undangan yang berlaku.

Surabaya, 21 Agustus 2020



Anjani Wulandari Putri Sjarief

NRP. 03111850097001

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PEMODELAN NUMERIK GENANGAN AKIBAT BANJIR SUNGAI CISANGGARUNG

Nama Mahasiswa : Anjani Wulandari Putri Sjarief
Mahasiswa ID : 03111850097001
Pembimbing : Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., MSc.

ABSTRAK

Sungai Cisanggarung merupakan sungai utama dari DAS Cisanggarung. Sungai Cisanggarung memiliki panjang 107,44 km dengan luas DAS 1000,24 km². Sungai Cisanggarung merupakan sungai lintas provinsi antara Jawa Barat dan Jawa Tengah. Hulu Sungai Cisanggarung berada di Kabupaten Kuningan dan hilir sungai berada di Kabupaten Cirebon. Hampir setiap tahun bagian hilir serta pertemuan sungai Cisanggarung dan sungai Cijangkelok meluap dan menyebabkan banjir. Wilayah yang sering mengalami banjir akibat luapan sungai adalah Kecamatan Ciledug dan Kecamatan Losari. Banjir yang terjadi pada tahun 2017 menimbulkan banyak kerugian dan korban jiwa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa kapasitas debit banjir maksimal pada Sungai Cisanggarung dan Sungai Cijangkelok, menghitung luas, kedalaman, dan kecepatan banjir melalui model banjir genangan serta membuat peta genangan banjir.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan model 1D2D, dengan model ini pergerakan air dapat terlihat dengan jelas serta dapat memberikan informasi detail mengenai area dataran banjir, kedalaman dan kecepatan air pada saat banjir. Informasi dapat digunakan untuk membuat peta genangan banjir sebagai dasar perencanaan pengelolaan resiko banjir. Model numerik hidrolika 1D2D dibangun dengan bantuan perangkat lunak *hydraulic modelling*. Output dari model 1D untuk mengetahui kondisi profil muka air pada saat banjir dan 2D model untuk mendapatkan informasi kedalaman, kecepatan dan luasan genangan akibat luapan sungai. Analisa hidrologi dilakukan guna mendapatkan hidrograf banjir rancangan periode ulang sebagai masukan pada simulasi banjir.

Dari hasil simulasi banjir genangan yang telah dilakukan bahwa terdapat korelasi yang cukup kuat antara lokasi survey. Koefisien Manning (n) yang digunakan pada model untuk dasar sungai 0,03-0,06 dan dataran banjir 0,4. Hasil simulasi menunjukkan luasan banjir dengan menggunakan periode ulang pada Kabupaten Cirebon ulang 5 tahun 262.2 ha, 10 tahun 309.2 ha, 25 tahun 354.9 ha, 50 tahun 254.9 ha dan 100 tahun 292.9 ha. Sedangkan luasan genangan pada Kabupaten Brebes untuk 5 tahun seluas 530.7 ha, 10 tahun 563 ha, 25 tahun 475.9 ha, 50 tahun 493.6 ha, 100 tahun 527.7 ha dengan kedalaman 0,5 – 2 m dan kecepatan 0,1 m/dtk. Hal ini selaras dengan hasil survey jejak banjir pada lokasi penelitian mencapai 0,5 m hingga 2 m terdistribusi di beberapa titik lokasi kejadian banjir.

Kata kunci: Banjir, Peta Genangan, Sungai Cisanggarung, Model Numerik

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

NUMERICAL MODELING OF INUNDATION DUE TO FLOOD OF CISANGGARUNG RIVER

Student Name : Anjani Wulandari Putri Sjarief
Student Identity Number : 03111850097001
Supervisor : Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., MSc.

ABSTRACT

Cisanggarung River is one main river of the Cisanggarung watershed. Cisanggarung River has a length of 107.44 km, with a watershed area of 1000.24 km². Cisanggarung River is a cross-provincial river between West Java and Central Java. The Upstream of the Cisanggarung River is in Kuningan Regency, and the downstream of the river is in Cirebon Regency. Almost every year downstream and the intersection between Cisanggarung and Cijangkelok rivers overflow and cause flooding. Areas that often experience flooding due to river overflows are Ciledug and Losari Districts. The floods that occurred in 2017 caused many losses and fatalities. This study aims to analyze the maximum flood discharge capacity in the Cisanggarung River and the Cijangkelok River, calculate the area, depth, and speed of the flood through a flood inundation model and create a flood inundation map.

The study conducted using the 1D2D model. With this model, the water movement can see clearly and provide detailed information about the flood plain area, depth, and velocity of the water at the time of the flood. Data can use to create a flood inundation map as a basis for flood risk management planning. The 1D-2D hydraulic numerical model built with the help of hydraulic modeling software. The 1D model's output determines the condition of the water level profile during floods and the 2D model to obtain information on the depth, speed, and extent of the inundation due to river overflow. The hydrological analysis carried out to get a flood period re-design hydrograph as input to the flood simulation.

From the inundation simulations results that have carried out that there is a reasonably strong correlation between survey locations—Manning coefficient (n) used in the model for river beds 0,03-0,06 and floodplains 0,4. Simulation results show the extent of flooding using the return period in Cirebon Regency 5-years 262.2 ha, 10-years 262.2 ha, 25-years 354.9 ha, 50-years 254.9 ha, and 100 years 292.9 ha. While the inundation area in Brebes Regency for a 5-year return period is 530.7, 10-years 563 ha, 25-years 475.9 ha, 50-years 493.6 ha, 100-years 527.7 ha with a depth of 0,5 - 2 meters and a velocity of 0,1 m/sec. It is in line with the flood trace survey results at the research location, reaching 0,5 meters to 2 meters distributed at several places of the flood event.

Keywords: Flood, Inundation Map, Cisanggarung River, Numerical Model

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmad serta hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **“PEMODELAN NUMERIK GENANGAN AKIBAT BANJIR SUNGAI CISANGGARUNG”**. Dalam penyusunan tesis ini, penulis mendapatkan banyak bantuan baik moril, materil, maupun dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberi dukungan dan do'a yang tidak pernah putus;
2. Suami tercinta Tarsono, kedua anakku Fattah dan Ehan yang selalu memberikan seluruh dukungan, pengertian dan semangat dalam menjalani perkuliahan sampai proses pengerjaan tesis;
3. Bapak Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc. selaku Dosen Wali dan Dosen Pembimbing yang telah memberikan ilmu, motivasi, arahan, saran serta bimbingan selama perkuliahan dan proses penyusunan tesis ini;
4. Seluruh dosen pengajar bidang Hidroinformatika dan Manajemen Rekayasa Sumber Air yang telah memberikan ilmu serta bimbingannya selama masa perkuliahan penulis;
5. Teman-teman Magister Teknik Sipil khususnya Bidang Hidroinformatika;
6. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran membangun sangat diharapkan untuk perbaikan dan pengembangan penelitian ini kedepannya. Semoga tesis penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua sebagai referensi, pengembangan penelitian, atau kebutuhan yang lainnya.

Surabaya, Agustus 2020

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS	i
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	ii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	22
1.1 Latar belakang	22
1.2 Rumusan Masalah	26
1.3 Tujuan.....	26
1.4 Manfaat Penelitian.....	26
1.5 Batasan Masalah Penelitian.....	26
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	28
2.1 Studi Terdahulu	28
2.2 Hidrologi	29
2.3 Analisa Frekuensi Curah Hujan Rencana.....	29
2.4 Pola Agihan Hujan	29
2.5 Hidrograf Satuan	30
2.6 Permodelan Hidraulika.....	31
2.7 Persamaan Hidrodinamika.....	31
2.8 Permodelan Banjir Genangan.....	32
2.9 Peta Genangan	33
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	35
3.1 Lokasi Penelitian	35
3.2 Tahapan Penelitian	36
3.3 Bagan Alir Penelitian	37
3.4 Pengumpulan Data	38
3.4.1 Data Hujan	38
3.4.2 Digital Elevation Model (DEM)	39
3.4.3 Observasi Lapangan	40
3.5 Kalibrasi Model	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Analisa Data Hidrologi.....	43
4.2 Penentuan Daerah Aliran Sungai	43
4.3 Analisis Hujan Kawasan	44

4.3.1	Stasiun Hujan.....	44
4.3.2	Mengisi Data Hujan Yang Hilang	45
4.3.3	Uji Konsistensi Hujan.....	47
4.3.4	Perhitungan Hujan Kawasan	51
4.3.5	Curah Hujan Maksimum Tahunan	54
4.4	Parameter Statistik	54
4.5	Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson Type 3	56
4.5.1	Logaritma dari Semua Nilai Variat Xi	56
4.5.2	Parameter Statistik Log Xi	57
4.5.3	Hitung Nilai Curah Hujan Rencana.....	57
4.6	Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi Curah Hujan	58
4.6.1	Uji Sebaran Chi Kuadrat (Chi Square Test)	58
4.6.2	Uji Sebaran Smirnov-Kolmogrov.....	60
4.7	Analisis Debit Banjir Rencana.....	62
4.7.1	Hidrograf Satuan Sintesis	63
4.7.2	HSS Nakayasu Subdas Cisanggarung	64
4.7.3	HSS Nakayasu Subdas Cijangkelok	70
4.8	Analisa Hidrolika	76
4.8.1	Modul MIKE 11	76
4.8.2	Modul Mike 21	88
4.8.3	Modul MIKE Flood	92
4.8.4	Simulasi Model Genangan Sungai Cisanggarung	94
4.9	Kalibrasi.....	98
4.9.1	Perbandingan Simulasi banjir genangan dan Observasi (Survey lapangan).....	114
4.10	Peta Genangan	116
4.10.1	Peta Genangan Banjir 2017	117
4.10.2	Peta Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 100 Tahun	120
4.10.3	Peta Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 50 Tahun	124
4.10.4	Peta Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 25 Tahun	128
4.10.5	Peta Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 10 Tahun	132
4.10.6	Peta Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 5 Tahun	136
BAB 5 PENUTUP		142
5.1	Kesimpulan	142
5.2	Saran	144
DAFTAR PUSTAKA		145
LAMPIRAN A		147
BIODATA PENULIS		164

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1 Sebaran Daerah Banjir WS Cimanuk-Cisanggarung	23
Gambar 2-1 Struktur Model MIKE Flood	31
Gambar 3-1 Lokasi Penelitian	35
Gambar 3-2 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian.....	37
Gambar 3-3 Stasiun Hujan pada Das Cisanggarung	39
Gambar 3-4 Kondisi Data DEM.....	40
Gambar 4-1 Skema Daerah Aliran Sungai Cisanggarung	43
Gambar 4-2 Lokasi Stasiun Curah Hujan DAS Cisanggarung.....	44
Gambar 4-3 Uji Konsistensi Stasiun Hujan Garangwangi	48
Gambar 4-4 Uji Konsistensi Stasiun Hujan Ciniru	48
Gambar 4-5 Uji Konsistensi Stasiun Hujan Luragung	49
Gambar 4-6 Uji Konsistensi Stasiun Ciawigebang	49
Gambar 4-7 Uji Konsistensi Stasiun Hujan Cibeureum.....	50
Gambar 4-8 Uji Konsistensi Stasiun Hujan Cibendung	50
Gambar 4-9 Proses Pembuatan Poligon Thiessen DAS Cisanggarung.....	51
Gambar 4-10 Poligon Thiessen DAS Cisanggarung	52
Gambar 4-11 Peta Tata Guna Lahan pada Wilayah DAS Cisanggarung	67
Gambar 4-12 Hidrograf Satuan Subdas Cisanggarung	69
Gambar 4-13 Grafik Hidrograf Banjir Rancangan Subdas Cisanggarung	70
Gambar 4-14 Grafik Hidrograf Satuan Subdas Cijangkelok.....	74
Gambar 4-15 Grafik Hidrograf Banjir Rancangan Subdas Cijangkelok.....	75
Gambar 4-16 Network Sungai Cisanggarung dan Sungai Cijangkelok	77
Gambar 4-17 Data Cross Section Sungai Cisanggarung	78
Gambar 4-18 Form data Cross Section	79
Gambar 4-19 Data Cross Section Sungai Cijangkelok.....	80
Gambar 4-20 Time Series di MIKE Zero	80
Gambar 4-21 Hidrograf masing-masing periode ulang di Sungai Cisanggarung .	81
Gambar 4-22 Penentuan jenis Boundary	82
Gambar 4-23 Setup Model Mike 11	83
Gambar 4-24 Setup File Input	84

Gambar 4-25 Simulation Property	85
Gambar 4-26 Tempat penyimpanan hasil simulasi	86
Gambar 4-27 Running Simulasi Mike 11	87
Gambar 4-28 Profil Memanjang Sungai Cisanggarung	88
Gambar 4-29 New Project MIKE 21	89
Gambar 4-30 Modul Selection MIKE 21	89
Gambar 4-31 Bathymetri hasil konversi dari data DEM	90
Gambar 4-32 Setting Simulation Period	90
Gambar 4-33 Simulation Period.....	91
Gambar 4-34 Simulation Period.....	91
Gambar 4-35 Kombinasi 1D dan 2D	92
Gambar 4-36 Running MIKE Flood	93
Gambar 4-37 Output di MIKE Flood.....	93
Gambar 4-38 <i>Rating Curve</i> Sungai Cisanggarung.....	94
Gambar 4-39 Pengaturan <i>Grid</i> menjadi <i>Bathymetry</i>	95
Gambar 4-40 Hasil Simulasi Model Kedalaman Genangan Kejadian Banjir 2017	97
Gambar 4-41 Hasil Simulasi Model Kecepatan Genangan Kejadian Banjir 2017	97
Gambar 4-42 Situasi Lahan di sekitar Sungai Hasil Observasi lokasi 1	98
Gambar 4-43 Hasil Simulasi pada Lokasi 1 kejadian banjir tahun 2017	99
Gambar 4-44 Situasi Lahan di sekitar Sungai Hasil Observasi lokasi 1a	100
Gambar 4-45 Lokasi tanggul yang mengalami banjir.....	100
Gambar 4-46 Lokasi 1a jembatan runtuh akibat banjir Sungai Cisanggarung ...	100
Gambar 4-47 Hasil Simulasi pada Lokasi 1a kejadian banjir tahun 2017	101
Gambar 4-48 Situasi Lahan di sekitar Sungai Hasil Observasi lokasi 2.....	102
Gambar 4-49 Lokasi 2 banjir pada areal pemukiman warga	103
Gambar 4-50 Hasil Simulasi pada Lokasi 2 kejadian banjir tahun 2017	103
Gambar 4-51 Situasi Lahan di sekitar Sungai Hasil Observasi lokasi 3.....	104
Gambar 4-52 Banjir pada lokasi 3 menggenangi jalur rel kereta api.....	104
Gambar 4-53 Jejak Banjir di Lokasi 3	105
Gambar 4-54 Hasil Simulasi pada Lokasi 3 kejadian banjir tahun 2017	106
Gambar 4-55 Situasi Lahan di sekitar Sungai Hasil Observasi lokasi 4.....	107

Gambar 4-56 Banjir pada lokasi 4 meluap melewati tanggul	107
Gambar 4-57 Jejak banjir pada lokasi 4	108
Gambar 4-58 Hasil Simulasi pada Lokasi 4 kejadian banjir tahun 2017	109
Gambar 4-59 Situasi Lahan di sekitar Sungai Hasil Observasi lokasi 4a	110
Gambar 4-60 Banjir di Lokasi 4a merata hingga arah bawah jembatan tol	110
Gambar 4-61 Penjelasan dari warga terkait banjir 2017	111
Gambar 4-62 Hasil Simulasi pada Lokasi 4a kejadian banjir tahun 2017	112
Gambar 4-63 Situasi Lahan di sekitar Sungai Hasil Observasi lokasi 5	113
Gambar 4-64 Jejak banjir pada lokasi 5	113
Gambar 4-65 Hasil Simulasi pada Lokasi 5 kejadian banjir tahun 2017	114
Gambar 4-66 Hasil Simulasi Model Genangan dan Hasil Observasi.....	115
Gambar 4-67 Peta Kedalaman Banjir Tahun 2017.....	117
Gambar 4-67 Peta Kecepatan Banjir Tahun 2017	118
Gambar 4-69 Luas Genangan Banjir 2017 per Desa.....	119
Gambar 4-70 Luas Genangan Banjir 2017 per Kecamatan.....	119
Gambar 4-71 Luas Genangan Banjir 2017 per Kabupaten	120
Gambar 4-72 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 100 Tahun per Desa	120
Gambar 4-73 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 100 Tahun per Kecamatan	121
Gambar 4-74 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 100 Tahun per Kabupaten.....	121
Gambar 4-75 Peta Kedalaman Banjir Rancangan Periode Ulang 100 Tahun.....	122
Gambar 4-76 Peta Kecepatan Banjir Rancangan Periode Ulang 100 Tahun	123
Gambar 4-77 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 50 Tahun per Desa	124
Gambar 4-78 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 50 Tahun per Kecamatan	125
Gambar 4-79 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 50 Tahun per Kabupaten.....	125
Gambar 4-80 Peta Kedalaman Banjir Rancangan Periode Ulang 50 Tahun.....	126
Gambar 4-81 Peta Kecepatan Banjir Rancangan Periode Ulang 50 Tahun	127

Gambar 4-82 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 25 Tahun per Desa	128
Gambar 4-83 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 25 Tahun per Kecamatan.....	129
Gambar 4-84 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 25 Tahun per Kabupaten	129
Gambar 4-85 Peta Kedalaman Banjir Rancangan Periode Ulang 25 Tahun	130
Gambar 4-86 Peta Kecepatan Banjir Rancangan Periode Ulang 25 Tahun.....	131
Gambar 4-87 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 10 Tahun per Desa	132
Gambar 4-88 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 10 Tahun per Kecamatan.....	133
Gambar 4-89 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 10 Tahun per Kabupaten	133
Gambar 4-90 Peta Kedalaman Banjir Rancangan Periode Ulang 10 Tahun	134
Gambar 4-91 Peta Kecepatan Banjir Rancangan Periode Ulang 10 Tahun.....	135
Gambar 4-92 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 5 Tahun per Desa	136
Gambar 4-93 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 5 Tahun per Kecamatan.....	137
Gambar 4-94 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 5 Tahun per Kabupaten	137
Gambar 4-95 Peta Kedalaman Banjir Rancangan Periode Ulang 5 Tahun	138
Gambar 4-96 Peta Kecepatan Banjir Rancangan Periode Ulang 5 Tahun.....	139

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 1-1 Kejadian Banjir Sungai Cisanggarung	24
Tabel 4-1 Curah Hujan Harian Stasiun Hujan Ciawigebang Setelah Pengisian Data Hujan.....	46
Tabel 4-2 Curah Hujan Harian Stasiun Hujan Cibeureum Setelah Pengisian Data Hujan.....	47
Tabel 4-3 Bobot Pengaruh Stasiun Curah Hujan DAS Cisanggarung.....	53
Tabel 4-4 Curah Hujan Harian Kawasan DAS Cisanggarung.....	53
Tabel 4-5 Curah Hujan Maksimum Tahunan Kawasan DAS Cisanggarung.....	54
Tabel 4-6 Curah Hujan Maksimum Rata-rata.....	55
Tabel 4-7 Parameter Statistik Data	55
Tabel 4-8 Parameter Penentuan Metode Analisis Sebaran	56
Tabel 4-9 Perhitungan Nilai Log Variat Xi	57
Tabel 4-10 Parameter Statistik Log Xi	57
Tabel 4-11 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson Type 3	58
Tabel 4-12 Perhitungan Uji Sebaran Chi Kuadrat (Chi Square Test).....	59
Tabel 4-13 Nilai F _{2cr} Chi Square untuk $\alpha = 5\%$ dan DF=3	60
Tabel 4-14 Perhitungan Uji Sebaran Smirnov-Kolmogorof.....	61
Tabel 4-15 Tabel ΔP kritis Uji Smirnov-Kolmogorof	61
Tabel 4-16 Hasil perhitungan curah hujan rencana	62
Tabel 4-17 Tinggi hujan pada jam ke t	62
Tabel 4-18 Hasil Perhitungan HSS Snyder, Limantara, dan Nakayasu untuk Subdas Cisanggarung	63
Tabel 4-19 Hasil Perhitungan HSS Snyder, Limantara, dan Nakayasu untuk Subdas Cijangkelok.....	63
Tabel 4-20 Rerata Hujan dari Awal Sampai Jam Ke-T	65
Tabel 4-21 Perhitungan Curah Hujan Efektif (R _n).....	65
Tabel 4-22 Distribusi Hujan Efektif Jam-Jaman	66
Tabel 4-23 Hidrograf Satuan Subdas Cisanggarung.....	69
Tabel 4-24 Banjir Rancangan Periode Ulang Subdas Cisanggarung.....	70
Tabel 4-25 Rerata Hujan dari Awal Sampai Jam Ke-T (Cijangkelok).....	72

Tabel 4-26 Perhitungan Curah Hujan Efektif (Rn) (Cijangkelok)	72
Tabel 4-27 Distribusi Hujan Efektif Jam-Jaman (Cijangkelok).....	72
Tabel 4-28 Hidrograf Satuan Subdas Cijangkelok	74
Tabel 4-29 Banjir Rancangan Periode Ulang Sub DAS Cijangkelok	75
Tabel 4-30 Nilai Koef. Manning (n) pada Model.....	96
Tabel 4-31 Perbandingan Kedalaman Hasil Simulasi dan Observasi	115
Tabel 4-32 Nilai Root Mean Square	116

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

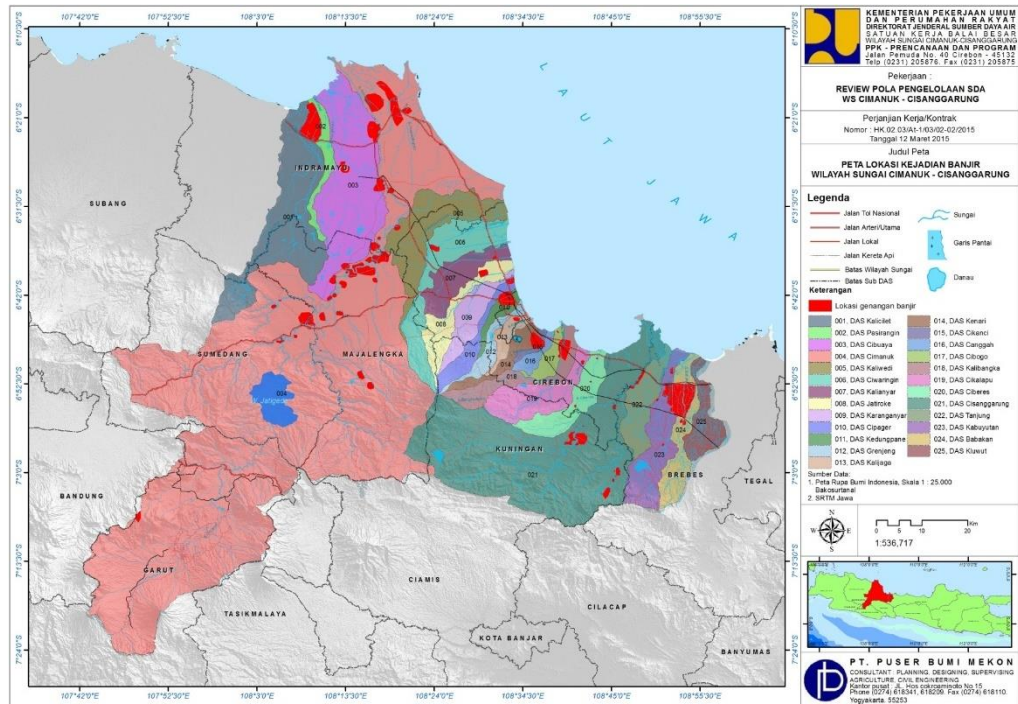
Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/ atau non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologis (UU RI No. 24 Tahun 2007, 2007).

Bencana banjir rutin terjadi pada musim penghujan. Selain masalah curah hujan sebagai faktor penyebabnya timbulnya bencana juga tidak terlepas dari adanya kerusakan ekosistem yang terjadi di Daerah Aliran Sungai (DAS) serta pengelolaan sumberdaya air yang belum optimal. Perubahan tata guna lahan merupakan penyebab utama banjir dibandingkan dengan lainnya, perubahan suatu daerah aliran sungai menjadi pemukiman mengakibatkan peningkatan debit puncak 6 sampai 20 kali. Perubahan tata guna lahan memberikan kontribusi dominan kepada aliran permukaan (*run-off*) (Kodoatie & Sjarief, 2010). Adanya kerusakan dan perubahan tata guna lahan menyebabkan meningkatnya koefisien aliran permukaan semakin besar. Daerah hulu DAS yang merupakan daerah imbuhan akan semakin rentan terhadap kekeringan, sebaliknya daerah hilir justru rentan terhadap banjir (Nugroho, 2004).

Banjir adalah aliran atau genangan air yang menimbulkan kerugian ekonomi atau bahkan menyebabkan kehilangan jiwa (Asdak, 1995). Aliran atau genangan air ini dapat terjadi karena adanya luapan-luapan pada daerah di kanan atau di kiri sungai akibat alur sungai tidak memiliki kapasitas yang cukup bagi debit aliran yang lewat (Sudjarwadi, 1987).

Banjir merupakan permasalahan yang cukup serius utamanya dikawasan sepanjang pantura Wilayah Sungai (WS) Cimanuk-Cisanggarung. Penyebab kejadian banjir di WS Cimanuk Cisanggarung sebagian besar disebabkan oleh kerusakan morfologi sungai dan tingginya laju sedimentasi yang masuk kedalam beberapa sungai (Balai Besar Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung, 2015). Kejadian banjir di WS Cimanuk Cisanggarung hampir merata di semua wilayah,

yang paling rawan banjir meliputi Kabupaten Indramayu, Majalengka, Cirebon dan Brebes. Berikut adalah sebaran kejadian banjir di WS Cimanuk Cisanggarung dapat dilihat pada peta berikut ini:



Gambar 1-1 Sebaran Daerah Banjir WS Cimanuk-Cisanggarung
 Sumber: Laporan Review Pola PSDA Cimanuk-Cisanggarung, 2015

Berdasarkan Peraturan Menteri PU-PR No. 04/PRT/M/2015 Tentang tentang Kriteria Dan Penetapan Wilayah Sungai, luas DAS Cisanggarung sebesar 1.000,24 km². Secara geografi masuk dalam Wilayah Daerah Aliran Sungai Cisanggarung yang terletak pada titik koordinat 105° 20' - 108° 47' Bujur Timur dan 6° 45' - 7° 12' Lintang Selatan. Dilihat dari posisi geografisnya terletak di bagian timur Jawa Barat berada pada lintasan jalan regional yang menghubungkan kota Cirebon dengan wilayah Priangan Timur dan sebagai jalan alternative jalur tengah yang menghubungkan Bandung-Majalengka dengan Jawa Barat.

Secara administratif berbatasan dengan:

- Sebelah Utara : Kabupaten Cirebon
- Sebelah Timur : Kabupaten Brebes (Jawa Tengah)
- Sebelah Selatan : Kabupaten Ciamis dan Kabupaten Cilacap (Jawa Barat)
- Sebelah Barat : Kabupaten Majalengka

Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisanggarung bagian hilir sering mengalami bencana banjir dan meningkat setiap tahunnya. Banjir yang terjadi pada tahun 2017 menimbulkan banyak kerugian dan korban jiwa, khususnya di sepanjang perbatasan Kabupaten Cirebon dan Kabupaten Brebes. Erosi yang terjadi di DAS Cisanggarung bagian hulu dan anak sungainya serta berkurangnya kapasitas tampung sungai akibat agradasi dasar sungai yang menyebabkan beberapa tempat tidak mampu mengalirkan debit banjir sehingga melimpas melewati kapasitas alur sungai. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu kajian terhadap kejadian banjir tersebut sehingga di masa yang akan datang, dapat mengurangi area terdampak.

Banjir di Sungai Cisanggarung sudah sering terjadi, namun histori kejadian banjir tidak terdata atau terekam dengan baik. Berdasarkan hasil survey dan penyidikan yang telah dilakukan oleh Balai Besar Wilayah Sungai Cisanggarung, berikut catatan beberapa kejadian banjir yang pernah terjadi di sungai Cisanggarung dan Sungai Cijangkalok.

Tabel 1-1 Kejadian Banjir Sungai Cisanggarung

No.	Waktu Kejadian	Lokasi	Kerusakan
1	Tahun 2014	di daerah Desa Bojongsari, diseberang utara Jalan Tol Kanci Pejagan. Koordinat 6° 53' 34,45" LS; 108° 16' 13,33"	Tanggul pada tikungan luar yang mengalami kerusakan
2	Tahun 2014	di Desa Babakan Koordinat 6° 53' 03,57" LS; 108° 47' 00,37" dan pada koordinat 6° 52' 26,51" LS; 108° 46' 19,98".	Tanggul kanan setelah tikungan dalam
3	Tahun 2014	di Desa Kalibuntu Koordinat 6° 52' 47,98" LS; 108° 46' 35,35".	Tanggul kanan tikungan luar
4	Tahun 2014	di Desa Limbangan Koordinat 6° 48' 33,92" LS; 108° 49' 29,72".	air meluap kearah tanggul kanan
5		Desa Mekarsari, Kab. Kuningan	Air Sungai Srigading dan air S cisanggarung meluap dan menggenangi pemukiman warga dan jalan desa serta persawahan

No.	Waktu Kejadian	Lokasi	Kerusakan
6		Desa Galaherang, Kab. Kuningan	Informasi arah aliran S Cisanggarung pada saat banjir mengarah ke desa tersebut
7		Desa Ciledug Wetan, Kab. Cirebon	Tembok Revetmen permanen dari pasangan batu roboh dan hancur oleh aliran S Cijangkelok. Dan merusak jalan penghubung desa tersebut
8		Kecamatan Losari Lor, di hilir jembatan jalan Tol	Tebing sungai tergerus dan tanggul timbunan tanah ikut hilang

Sumber: BBWS Cimanuk-Cisanggarung, 2016

Sungai Cisanggarung merupakan sungai utama pada Das Cisanggarung, kejadian banjir sering terjadi pada hilir Sungai Cisanggarung dan pertemuan antara Sungai utama dengan Sungai Cijangkelok. Dari studi atau kajian yang pernah dilakukan di DAS Cisanggarung, belum pernah melihat satupun gambaran yang menjelaskan secara detail tentang permodelan (1D-2D) genangan banjir di Sungai Cisanggarung dan pertemuan dengan Sungai Cijangkelok, sehingga penelitian ini perlu dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa dan mengevaluasi kapasitas debit banjir maksimal pada Sungai Cisanggarung, menghitung luas, kedalaman, kecepatan dan lama genangan banjir melalui model banjir genangan dengan simulasi numerik serta melakukan simulasi periode ulang. Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data sekunder yang digunakan adalah data hidrologi, data hidrolika, DEM, dan Tata guna lahan. Sedangkan data primer yang digunakan adalah data hasil observasi genangan banjir di lokasi tergenang. Pengolahan data hidrologi dilakukan untuk menganalisa debit rerata dan analisa debit banjir rancangan kala ulang, selanjutnya data-data tersebut digunakan sebagai masukan pada simulasi model hidrolika. Analisa penampang dengan menggunakan aplikasi *Hydraulic Modelling* bertujuan untuk mengetahui kondisi profil muka air pada saat terjadi banjir. *Output* digunakan untuk memodelkan genangan banjir.

Hasil akhir dari penelitian ini adalah model genangan banjir 2-D(*Two Dimensional Modeling*) dengan periode ulang dan disajikan dalam bentuk peta genangan banjir.

1.2 **Rumusan Masalah**

1. Berapa debit banjir Sungai Cisanggarung?
2. Bagaimanakah akurasi model numerik yang dibangun untuk memodelkan banjir Sungai Cisanggarung?
3. Berapa luas, kedalaman, dan kecepatan banjir rencana hasil permodelan?
4. Faktor apa saja yang mempengaruhi banjir pada Sungai Cisanggarung?
5. Bagaimana bentuk peta genangan banjir pada Sungai Cisanggarung?

1.3 **Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Menganalisa dan mengevaluasi kapasitas debit banjir maksimal pada Sungai Cisanggarung.
2. Melakukan perbandingan hasil simulasi banjir genangan dengan observasi.
3. Mengevaluasi luas banjir genangan terhadap beberapa kala ulang dengan memodelkan banjir genangan dengan simulasi numerik.
4. Menganalisa faktor penyebab banjir Sungai Cisanggarung.
5. Membuat peta genangan banjir Sungai Cisanggarung.

1.4 **Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah diharapkan dapat memberikan masukan dalam melakukan manajemen bencana untuk mereduksi banjir, aksi cepat dalam menangani bencana banjir serta upaya pemulihan area terdampak.

1.5 **Batasan Masalah Penelitian**

1. Pada penelitian ini tidak memperhitungkan pengaruh sedimentasi
2. Batas penelitian sampai dengan Bendung Karet Tawang Sari, sehingga tidak memperhitungkan pengaruh pasang surut muka air laut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Studi Terdahulu

Studi literatur yang digunakan adalah studi terdahulu yang pernah dilakukan di Sungai Cisanggarung, referensi buku teks serta jurnal atau makalah yang berkaitan dengan penelitian. Berikut adalah beberapa studi atau jurnal tersebut:

- 1) Studi Pengendalian Banjir di DAS Cisanggarung (BBWS Cimanuk-Cisanggarung, Maret 2016). Studi ini bertujuan untuk mengetahui upaya yang dapat dilakukan untuk penanganan banjir serta perencanaan pengendalian banjir di DAS Cisanggarung. Hasil dari studi ini adalah masterplan pengendalian banjir di DAS Cisanggarung.
- 2) Studi Penyusunan Peta Potensi Banjir dan Kekeringan WS Cimanuk-Cisanggarung (BBWS Cimanuk-Cisanggarung, Juni 2016). Tujuan dari studi ini adalah penyediaan data dan informasi geospasial tematik rawan banjir dan kekeringan yang terintegrasi untuk kesiapsiagaan dalam penanggulangan banjir dan kekeringan di Kabupaten dan Kota yang termasuk dalam WS Cimanuk - Cisanggarung. Hasil dari studi ini adalah berupa peta multirawan bencana per Kabupaten/Kota serta peta digital multirawan dengan skala 1:50.000.
- 3) Analisa Pengaruh Floodway Krueng Aceh Terhadap Banjir Yang Terjadi di Banda Aceh. Tujuannya adalah mengetahui luas dan kedalaman banjir di Banda Aceh akibat luapan Krueng Aceh pada berbagai periode ulang, mengetahui sebaran ancaman banjir di Banda Aceh, dan mengetahui efektifitas pembangunan floodway Kweng Aceh dalam mengurangi banjir yang terjadi di Banda Aceh. Hasil simulasi menunjukkan dengan periode kala ulang, luas genangan banjir di sekitar Banda Aceh akibat luapan Krueng Aceh dengan peran Floodway tidak terjadi di permukiman melainkan di bibir pantai. Peran floodway dalam mengatasi banjir di Krueng Aceh sangat signifikan, Floodway mampu mereduksi debit dari hulu Krueng Aceh sebesar 68,13%

2.2 Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu tentang seluk beluk air di bumi, kejadiannya, peredaran dan distribusinya, sifat alam dan kimianya, serta reaksinya terhadap lingkungan dan hubungannya dengan kehidupan (Federal Council For Science and Technology, USA, 1959). Komponen hidrologi terdiri dari curah hujan, temperature, penyinaran matahari, kecepatan angin, debit sungai dll. Analisa hidrologi dapat digunakan untuk memperkirakan besaran banjir rencana atau periode ulang, ditunjukkan dalam bentuk hidrograf banjir. Hidrograf banjir merupakan suatu kurva yang menunjukkan hubungan antara parameter aliran (kedalaman atau debit aliran) dan waktu (Triatmodjo, 2008).

2.3 Analisa Frekuensi Curah Hujan Rencana

Analisis frekuensi di gunakan untuk mengetahui dan mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian. Semakin besar kejadian ekstrim maka probabilitas kejadiannya akan semakin kecil (Triatmojo, 2006). Analisa frekuensi dapat dilakukan dengan menggunakan rekaman seri data, baik data hujan maupun data debit. Dengan melihat karekteristik sebaran hujan di Indonesia, ada beberapa jenis distribusi statistik yang sering digunakan dalam analisis frekuensi, antara lain distribusi normal, distribusi log normal, distribusi log-Person III, dan distribusi Gumbel. Menurut Sri Harto (1993), makin pendek data hujan dan makin kecil kerapatan stasiun hujan, maka penyimpangan yang terjadi akan semakin besar.

2.4 Pola Agihan Hujan

Pola agihan hujan digunakan untuk mendistribusikan hujan rancangan ke dalam hujan jam-jaman. Apabila tersedia data hujan jam-jaman (otomatis) maka pola tersebut dapat langsung diturunkan dari perataan kejadian-kejadian hujan besar. Pola agihan hujan jam-jaman untuk data hujan harian diperoleh dengan pendekatan model distribusi hujan antara lain model distribusi hujan seragam, segitiga, Alternating Block Method (Chow dkk, 1988).

Alternating Block Method merupakan cara mendapatkan pola agihan hujan dengan menggunakan kurva IDF. Distribusi hujan yang terjadi adalah n rangkaian interval

waktu berurutan dengan durasi Δt selama waktu $T_d = n\Delta t$. Intensitas hujan diperoleh dari kurva IDF dengan menggunakan persamaan Mononobe yang ditunjukkan pada Persamaan 2 (Suyono dan Takeda, 1983). Perkalian antara intensitas hujan dan durasi waktu menghasilkan kedalaman hujan. Perbedaan nilai kedalaman berurutan adalah penambahan hujan setiap interval waktu Δt . Nilai penambahan tersebut disusun menjadi hyetograph dengan menempatkan kedalaman hujan terbesar di tengah-tengah (blok tengah) durasi hujan T_d serta kedalaman yang lain disusun bolak balik pada kanan dan kiri blok tengah

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

dengan: I_t = intensitas curah hujan untuk lama hujan t (mm/jam)
 t = lamanya curah hujan (jam)
 R_{24} = curah hujan maksimal selama 24 jam (mm)

2.5 Hidrograf Satuan

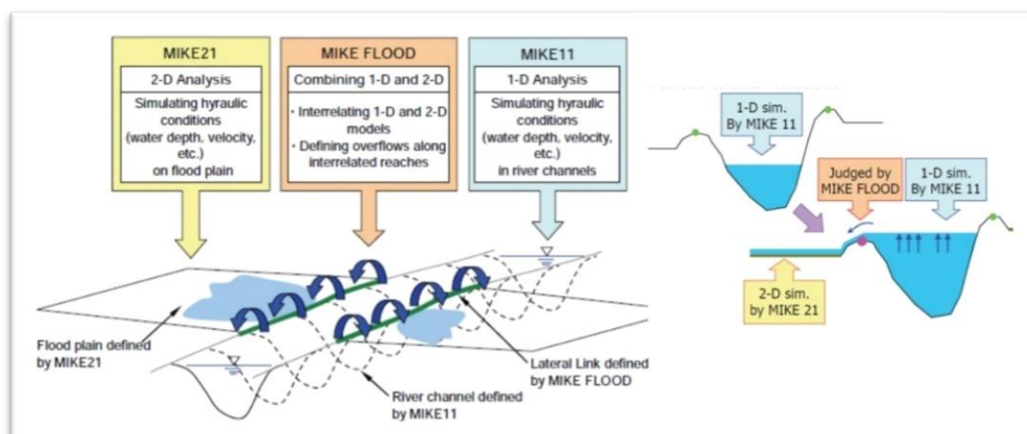
Hidrograf satuan adalah hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan efektif (hujan netto) yang terjadi merata di seluruh daerah aliran sungai dan dengan intensitas tetap selama satu satuan waktu yang ditetapkan. Hidrograf satuan dapat diartikan sebagai hidrograf limpasan langsung pada ujung hilir daerah aliran sungai yang di timbulkan oleh hujan efektif sebesar satu mili meter yang terjadi merata di permukaan daerah aliran sungai dengan intensitas tetep dalam suatu durasi tertentu (Triatmodjo, 2008). Dalam bentuk definisi yang lebih sederhana hidograf satuan suatu DAS adalah suatu limpasan langsung yang diakibatkan oleh satu satuan hujan efektif, yang terbagi rata dalam waktu dan ruang (Soemarto, 1999).

Hidrograf satuan didasarkan pada 3 (tiga) landasan pemikiran yaitu linear system, time invariant, dan waktu dari saat berakhirnya hujan sampai akhir hidrograf limpasan langsung selalu tetap (Sujono, 2014). Analisis numerik yang digunakan untuk mendapatkan hidrograf satuan ada dua cara yaitu menggunakan hidrograf satuan terukur dan hidrograf satuan sintetis. Oleh karena data pengukuran debit

otomatis tidak tersedia, maka analisis numerik yang digunakan yaitu HSS Nakayasu, HSS Snyder, dan HSS Limantara.

2.6 Permodelan Hidraulika

Dalam melakukan analisis penelusuran hidraulik akan di bantu dengan menggunakan software MIKE Powered by DHI yang merupakan salah satu software model matematik yang di kembangkan oleh Danish Hydraulic Institute (DHI), Denmark. Software MIKE memiliki beberapa modul, dalam pemodelan banjir dan genangan pada sungai, modul yang digunakan adalah MIKE FLOOD. MIKE Flood merupakan paket permodelan yang komprehensif yang mencakup semua aspek utama permodelan banjir dan merupakan alat untuk memahami banjir, menganalisis scenario dan menguji langkah-langkah mitigasi (Modul MIKE Flood, 2012). MIKE Flood merupakan integrasi atau penggabungan dari dua modul, model 1D drainase atau sungai (MIKE 11) dan model 2D dataran banjir (MIKE 21) menjadi satu model yang digabungkan secara dinamis (Tutorial MIKE Flood, 2012). Data yang diperlukan dalam membangun model yaitu data DEM dengan resolusi tinggi untuk mendapatkan data terrain dan dasar sungai, distribusi kekasaran, dan struktur bangunan (Gilles et al, 2012).



Gambar 2-1 Struktur Model MIKE Flood
Sumber: Anonim, Tutorial Mike Flood, 2018

2.7 Persamaan Hidrodinamika

Persamaan Saint Venant digunakan untuk memodelkan aliran pada saluran terbuka seperti sungai dan digunakan juga untuk memodelkan penelusuran banjir (Pratiwi et al, 2013). Penelusuran banjir di sungai dapat dihitung dengan menggunakan

persamaan kontinuitas dan persamaan momentum aliran tak tunak (Rinaldi et al, 2018) berikut persamaan matematikanya sebagai berikut:

$$\frac{dA}{dt} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_\ell = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\alpha \frac{Q^2}{A})}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{n^2 g Q |Q|}{AR^{\frac{4}{3}}} \right) = 0 \quad (3)$$

dengan:

- A = luas total penampang aliran
- Q = debit aliran
- q_ℓ = debit lateral per satuan Panjang
- R = Jari-jari Hidraulik
- g = percepatan gravitasi
- x = jarak
- t = waktu
- n = nilai Manning
- α = koefisien momentum distribusi

2.8 Permodelan Banjir Genangan

Persamaan dua dimensi tak tunak terdiri dari persamaan kontinuitas dan persamaan momentum, yang diselesaikan secara numerik pada model banjir pada dataran banjir (Rinaldi et al, 2018). Permodelan banjir ini berdasarkan platform MIKE (Hydrodynamic Module User Guide, 2017).

$$\frac{dh}{dt} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \quad (5)$$

$$\begin{aligned} & \frac{dp}{dt} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 - h^2} - \dots \\ & \dots \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] = 0 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\frac{dq}{dt} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gq\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 - h^2} - \dots$$

$$\dots \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] = 0 \quad (7)$$

Di mana:

$C(x, y)$	= Chezy resistensi
ρ_w	= density dari air
$\zeta(x, y, t)$	= elevasi air
$\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$	= komponen dari effective shear stress
g	= percepatan gravitasi
$p(x, y, t); q(x, y, t)$	= flux densities pada arah x- dan y- masing-masingnya
$h(x, y, t)$	= water depth

2.9 Peta Genangan

Pemetaan dilakukan guna menentukan titik genangan yang akan mengalami genangan dengan luasan tertentu sehingga dapat dilakukan langkah preventif bila musim hujan tiba (Belladona, 2017).

Penggunaan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam bidang kebencanaan paling umum adalah untuk memetakan kawasan-kawasan rawan atau berisiko bencana, peta jalur evakuasi, dan peta rencana kontigensi (Priyana et al, 2015). SIG memiliki kemampuan yang sangat baik dalam memvisualkan data spatial berikut dengan atribut-atributnya seperti modifikasi warna, bentuk dan ukuran simbol yang diperlukan untuk mempresentasikan unsur-unsur permukaan bumi dapat dilakukan dengan mudah (Praharsta, 2014). Hampir semua perangkat lunak SIG memiliki gallery yang menyediakan simbol-simbol standard yang sering diperlukan untuk memenuhi kebutuhan kartografis.

Proses pembuatan peta genangan menggunakan aplikasi ArcGIS Desktop 10.8.0.12790 versi *Single Use for Student* dengan lisensi satu tahun.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

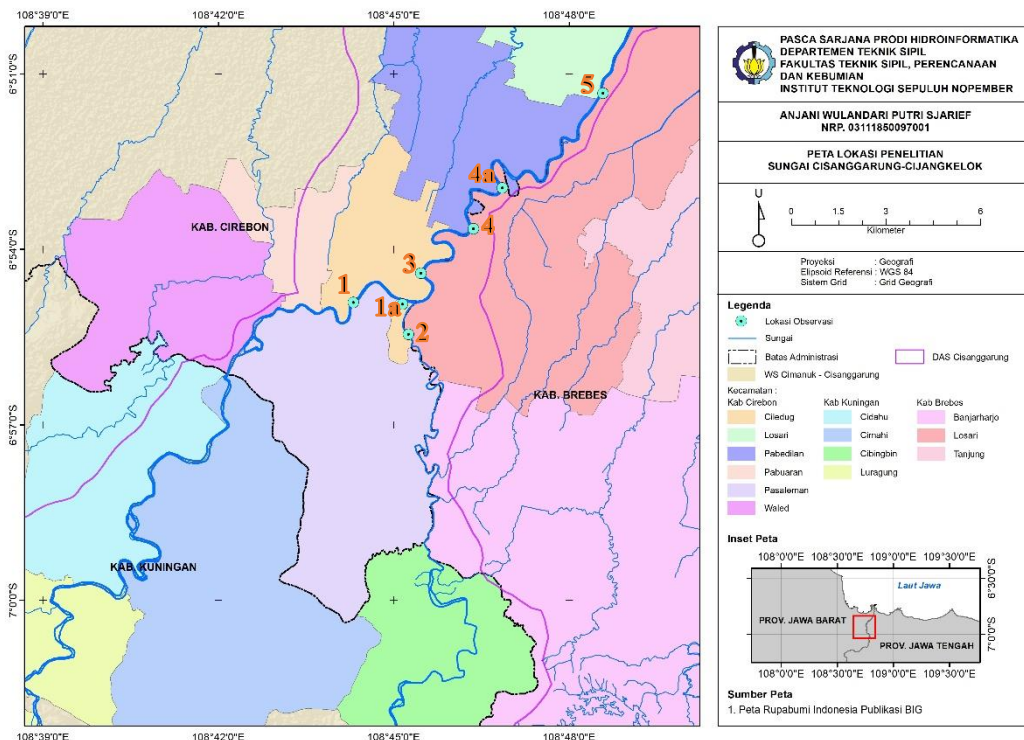
BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Kejadian banjir DAS Cisanggarung bagian hilir, sering terjadi diantara pertemuan Sungai Cisanggarung dan Sungai Cijangkelok. Kejadian banjir tahun 2017 melanda di beberapa desa di Kabupaten Cirebon dan Kabupaten Brebes. Berikut adalah titik lokasi banjir yang menjadi titik observasi lapangan, yaitu:

- 1) Desa Jatiseeng Kidul, Kec. Ciledug, Kab. Cirebon (Lokasi 1)
- 2) Desa Ciledug Wetan, Kec. Ciledug, Kab. Cirebon (Lokasi 1a)
- 3) Desa Cihoe, Karangsambung, Kec. Losari, Kab. Brebes (Lokasi 2)
- 4) Desa Ciledug Lor, Kec. Ciledug, Kab. Cirebon (Lokasi 3)
- 5) Desa Kalibuntu, Kec. Losari, Kab. Brebes (Lokasi 4)
- 6) Desa Bojongsari, Kec. Losari, Kab. Brebes (Lokasi 4a)
- 7) Desa Losari Kidul, Kec. Losari, Kab. Brebes (Lokasi 5)



Gambar 3-1 Lokasi Penelitian
Sumber: Hasil Pengolahan, 2020

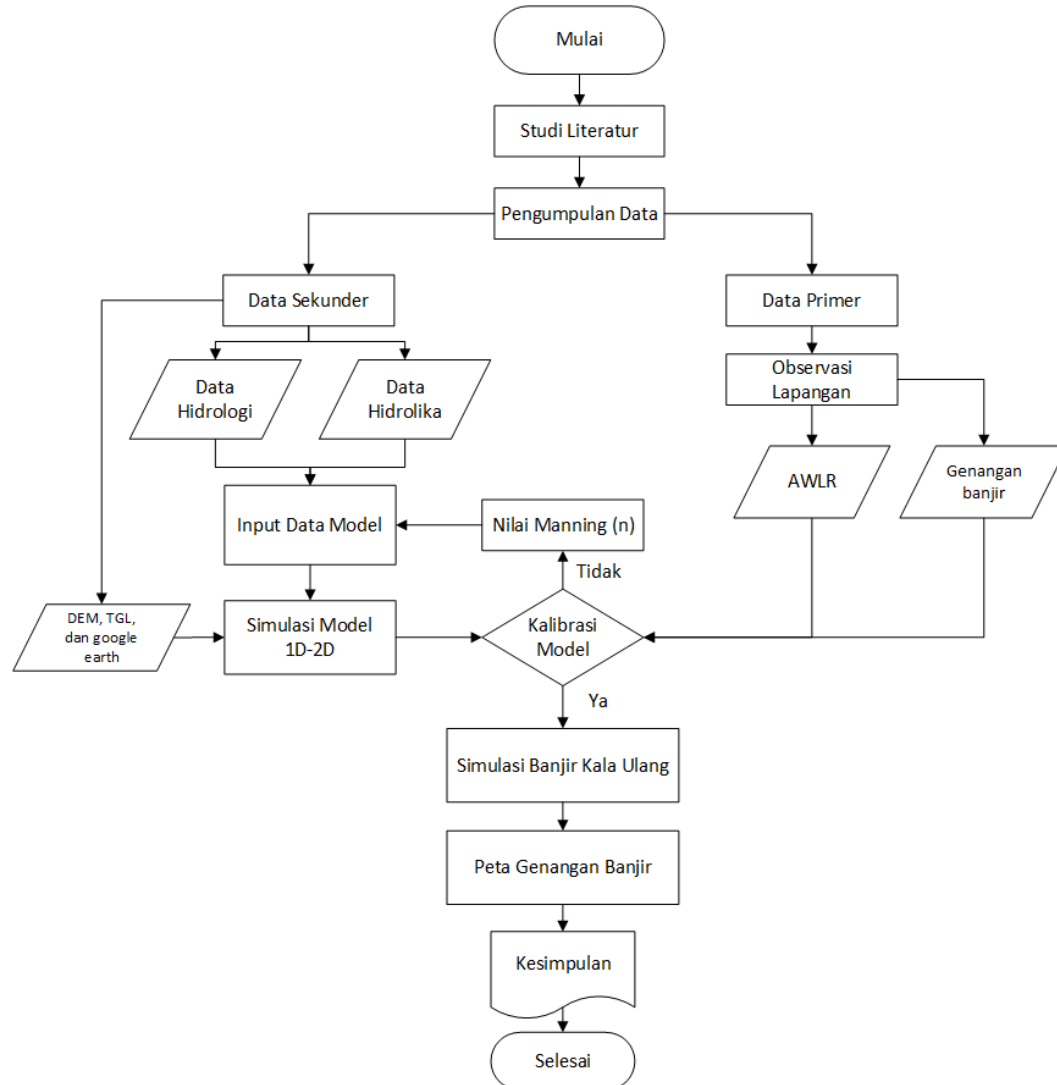
3.2 Tahapan Penelitian

Langkah-langkah dalam melakukan penelitian ini tertera dibawah ini:

1. Tahap awal melakukan studi literatur, melakukan pengumpulan data dasar dari instansi/lembaga yang berwenang seperti data hujan, data tinggi muka air, parameter das, dan data DEM.
2. Pengolahan data hidrologi, dengan menentukan hujan rata-rata sub DAS dengan cara polygon thiessen.
3. Menghitung hujan rancangan dengan kala ulang tertentu menggunakan analisis frekuensi dengan metode distribusi probabilitas Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson III, selanjutnya melakukan uji kesesuaian dengan metode chi-kuadrat dan smirnov-kolmogorov.
4. Menentukan pola agihan hujan jam-jaman
5. Mencari hidrograf satuan sintesis (HSS) dengan menggunakan metode Nakayasu
6. Menghitung debit banjir rancangan periode ulang 5, 10, 25,50, 100 dan 1000 tahun di Subdas Cisanggarung dan Subdas Cijangkelok
7. Pengolahan data Hidrolika, Data DEM diolah untuk mendapatkan data geometri sungai yang berupa tampang melintang, struktur hidraulik. Data ini digunakan sebagai inputan dalam membuat model banjir.
8. Melakukan simulasi penelusuran aliran banjir di Sungai Cisanggarung dan Sungai Cijangkelok dengan bantuan *software MIKE by DHI*.
9. Menganalisa dan mengevaluasi kapasitas debit banjir maksimal pada Sungai Cisanggarung, melakukan komparasi hasil simulasi banjir genangan dengan observasi, mengevaluasi luas banjir genangan terhadap beberapa kala ulang dengan memodelkan banjir genangan dengan simulasi numerik, dan menganalisa faktor penyebab banjir Sungai Cisanggarung.
10. Membuat Kesimpulan dan saran.

3.3 Bagan Alir Penelitian

Berikut adalah bagan alir tahapan penelitian yang akan dilakukan:



Gambar 3-2 Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian

Metode analisis penelitian secara umum terdiri dari empat tahap, yaitu:

Tahap 1 : Studi Literatur

Tahap ini merupakan tinjauan teoritis dari permasalahan yang dianalisis. Tinjauan pustaka yang dibahas antara lain mengenai hidrologi, hidraulika, daerah aliran sungai, permodelan genangan banjir secara numerik dan spasial. Studi literatur yang digunakan adalah studi terdahulu yang telah dilakukan di DAS Cisanggarung, referensi buku teks serta jurnal atau makalah yang berkaitan dengan penelitian ini.

Tahap 2 : Pengumpulan dan pengolahan data

Tahap ini menjelaskan macam-macam data yang digunakan, metode pengolahannya dan penggunaan data pada analisis. Data yang digunakan pada penelitian ini ada dua macam yaitu data primer dan data sekunder.

Tahap 3 : Simulasi dan Kalibrasi Model

Analisa hidrolika dengan menggunakan bantuan aplikasi *modelling hydraulic*. Hasil simulasi model genangan banjir di kalibrasi dengan menggunakan data hasil observasi sehingga model mendekati kondisi di lapangan. Hasil model disimulasikan dengan beberapa skenario.

Tahap 4 : Skenario Model Periode Ulang

Model yang telah terkalibrasi, selanjutnya disimulasikan dengan inputan debit periode ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 tahunan. Hasil dari simulasi model genangan banjir dibandingkan dengan hasil observasi genangan banjir di lokasi banjir.

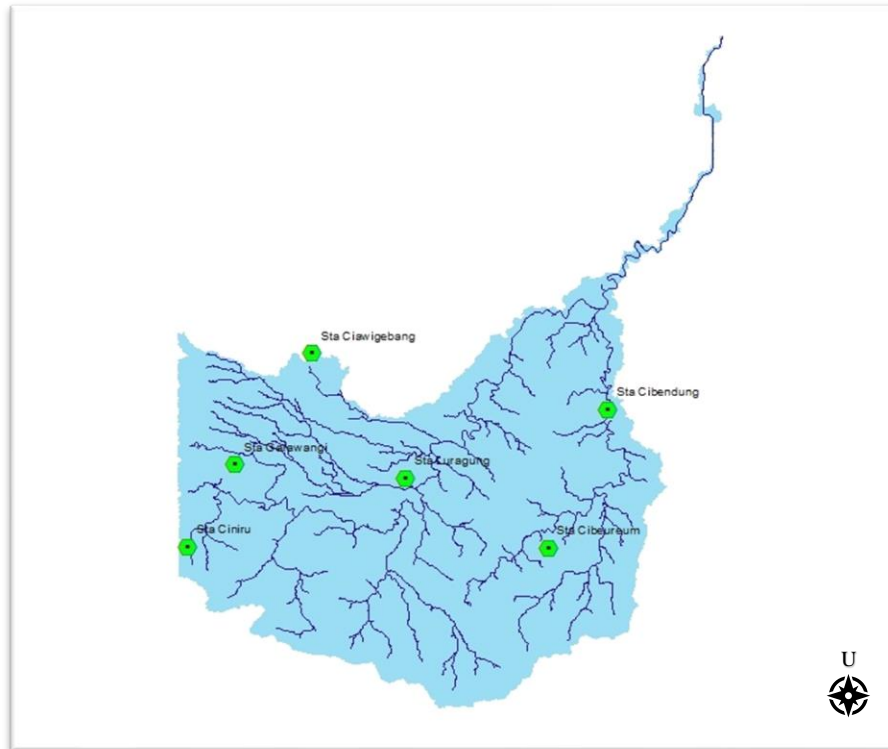
Tahap 5 : Analisis dan Kesimpulan

Tahap ini merupakan penjelasan tentang hasil simulasi genangan banjir. Dari simulasi dapat diketahui luasan areal, volume genangan, dan kecepatan banjir yang terjadi pada bantaran sungai (floodplain). Hasil simulasi ditampilkan dengan bantuan aplikasi GIS, sehingga membentuk peta genangan banjir.

3.4 Pengumpulan Data

3.4.1 Data Hujan

Data hujan yang dikumpulkan berupa data hujan titik paa setiap stasiun hujan yang berpengaruh pada DAS Cisanggarung. Debit banjir rancangan dihitung dengan menggunakan data curah hujan dari beberapa stasiun hujan di DAS Cisanggarung. Data hujan yang digunakan berasal dari 6 (enam) dari Pos hujan Stasiun Hujan Garawangi, Ciniru, Luragung, Ciawigebang, Cibeureum dan Cibendung. Karena keterbatasan data yang ada pada penelitian ini digunakan data hujan harian dengan panjang sembilan tahun dari tahun 2010-2018.



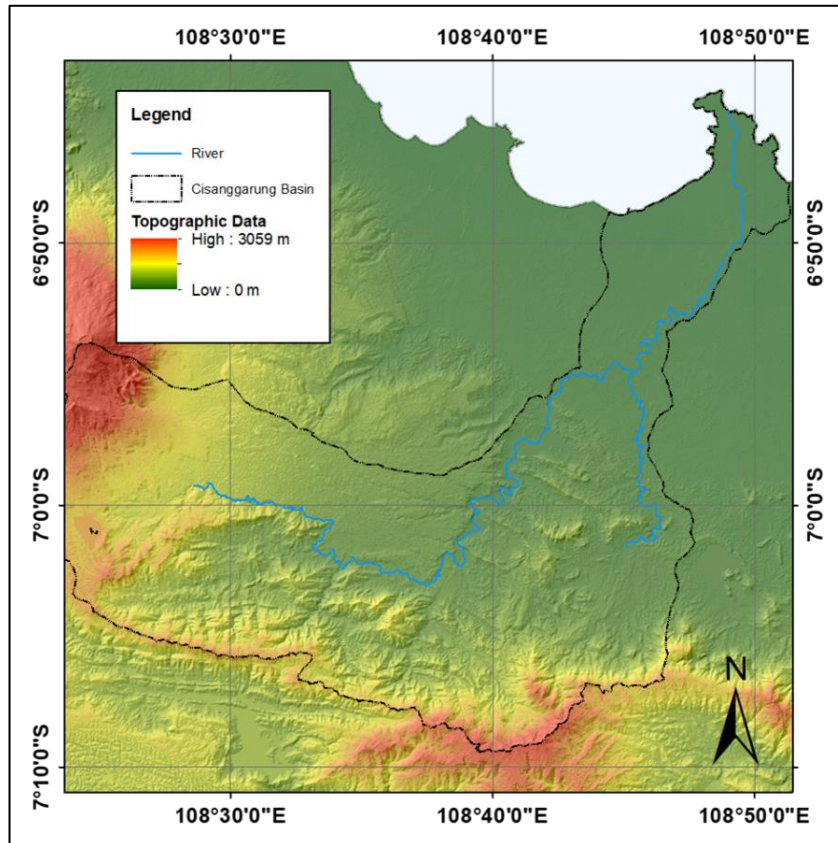
Gambar 3-3 Stasiun Hujan pada Das Cisanggarung
 Sumber: Hasil Pengolahan, 2020

3.4.2 Digital Elevation Model (DEM)

Model elevasi digital atau biasa disebut data DEM merupakan suatu data yang memuat kondisi topografi suatu wilayah dalam bentuk kontur digital. Data DEM dapat merupakan data yang bersumber dari data pengukuran lapangan yang kemudian diolah menjadi data DEM atau dapat merupakan hasil penginderaan dari satelit yang merefleksikan permukaan bumi.

Data DEM digunakan sebagai representasi bentuk dari Sungai Cisanggarung dan wilayah sekitarnya. Data yang digunakan untuk memodelkan aliran pada sungai ialah data penampang melintang sedangkan untuk mendapatkan penampang untuk model 2-dimensi ialah DEM itu sendiri. Dalam pemodelan data penampang melintang sungai dan data topografi sekitar haruslah sudah tersinkronisasi. Jika model menggunakan data penampang melintang bersumber dari data DEM yang sama, kemungkinan besar dalam proses pengaturan penampang akan berjalan dengan baik. Namun, jika data penampang melintang dan DEM berasal dari sumber yang berbeda perlu ada proses sinkronisasi terlebih dahulu.

Data DEM yang digunakan pada penelitian ini berasal dari data DEM yang disediakan oleh Badan Informasi Geospasial Indonesia melalui program DEMNAS (<http://tides.big.go.id/DEMNAS/>). Berikut data DEM yang didapatkan dari situs tersebut untuk DAS Cisanggarung.



Gambar 3-4 Kondisi Data DEM
Sumber: Hasil Pengolahan, 2020

3.4.3 Observasi Lapangan

Kegiatan pelacakan banjir di zona rawan banjir harus dilakukan sesegera mungkin agar tidak kehilangan bukti karakteristik genangan yang telah terjadi (Moe et al, 2018). Observasi lapangan atau survey di lakukan untuk mengambil atau merekam jejak banjir yang pernah terjadi di lokasi penelitian. Lokasi observasi dapat di lihat pada gambar 3-1, ada 7 (tujuh) titik lokasi survey. Obsevasi di lakukan dengan cara mencari jejak banjir tahun 2017 dan wawancara dengan warga di sekitar lokasi kejadian banjir. Data hasil observasi lapangan dapat digunakan untuk kalibrasi atau validasi model genangan banjir.

3.5 Kalibrasi Model

Untuk memastikan kebenaran model yang telah dibuat maka perlu dilakukan kalibrasi model. Kalibrasi dilakukan terhadap parameter-parameter yang dimasukkan dalam model, misalnya untuk kalibrasi model hidrologi dapat dilakukan dengan mengubah parameter kehilangan air (Nilai CN dan Ia), sedangkan pada kalibrasi model hidrolika dapat dilakukan dengan mengubah nilai koefisien manning saluran.

Pada penelitian ini, kalibrasi model hidrologi tidak dapat dilakukan karena tidak tersedia data hubungan hujan dan debit jam-jaman. Proses pembentukan keyakinan terhadap model hanya dapat dilakukan dengan cara verifikasi. Waktu kejadian banjir yang digunakan sebagai verifikasi adalah banjir Februari 2017. Berdasarkan pantauan Tim Satgas Banjir BBWS Cimauk-Cisanggarung, debit puncak banjir pada tanggal 16 Februari 2017 sebesar 1237,01 m³ /detik. Demikian halnya dengan kalibrasi model hidrolika, tidak tersedianya elevasi muka air terukur pada lokasi tinjauan banjir menjadi kendala utama.

Pada penelitian ini kalibrasi model genangan dilakukan dengan cara membandingkan hasil observasi lapangan berupa wawancara dengan warga di lokasi serta dokumentasi jejak banjir.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

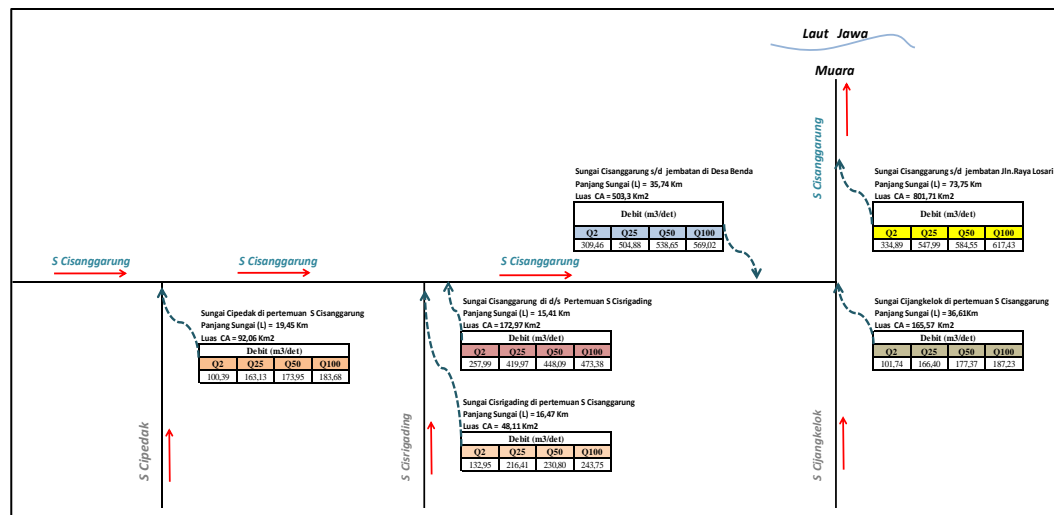
4.1 Analisa Data Hidrologi

Analisa Hidrologi merupakan salah satu aspek yang ditelaah dalam penelitian ini. Analisis hidrologi yang dikaji mencakup analisis curah hujan dan analisis banjir rencana.

Tujuan dilakukannya analisis hidrologi adalah untuk mengenali karakteristik hidrologi di DAS dan menganalisis perubahan parameter biofisik DAS terhadap aliran permukaan. Perhitungan analisis hidrologi akan menghasilkan curah hujan dan debit banjir rencana periode ulang tertentu yang berpengaruh besar terhadap besarnya debit maksimum maupun kestabilan konstruksi yang akan dibangun dan tanggul sungai yang ada.

4.2 Penentuan Daerah Aliran Sungai

Pada penelitian ini, daerah yang akan diteliti adalah Subdas Cisanggarung dan Cijangkelok, hal ini didasari oleh kejadian banjir yang terjadi. Berikut ini adalah Skema DAS Cisanggarung.



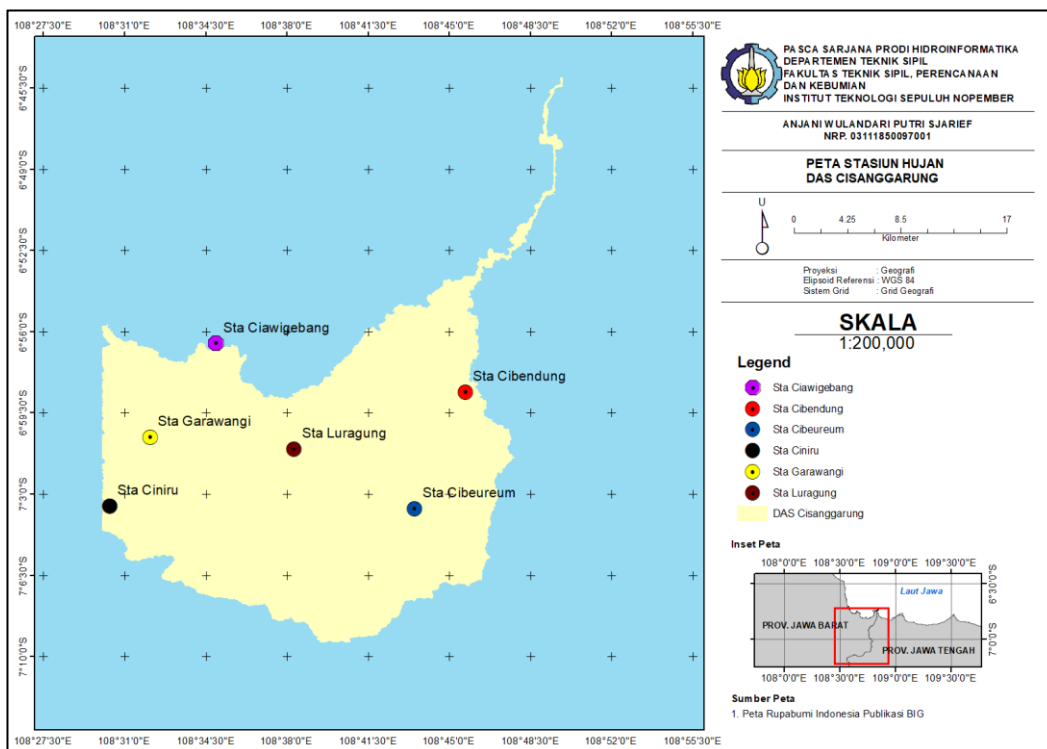
Gambar 4-1 Skema Daerah Aliran Sungai Cisanggarung
 Sumber: Laporan Studi Pengendalian Banjir DAS Cisanggarung, BBWS Cimanuk-Cisanggarung, 2016

Pada model ini bagian yang akan dimodelkan adalah bagian Sungai Cisanggarung s/d Jembatan Desa Benda dan Sungai Cijangkelok pertemuan Sungai Cisanggarung.

4.3 Analisis Hujan Kawasan

4.3.1 Stasiun Hujan

Perhitungan analisa frekuensi data hujan menggunakan data hujan dari Pos hujan Stasiun Hujan Garawangi, Ciniru, Luragung, Ciawigebang, Cibeureum dan Cibendung. Karena keterbatasan data yang ada pada penelitian ini digunakan data hujan harian dengan panjang sembilan tahun dari tahun 2010-2018 (data hujan tertera pada lampiran).



Gambar 4-2 Lokasi Stasiun Curah Hujan DAS Cisanggarung
Sumber: Hasil Pengolahan, 2020

4.3.2 Mengisi Data Hujan Yang Hilang

Untuk melengkapi data curah hujan yang hilang dari suatu stasiun hujan, maka diperlukan data dari stasiun lain yang memiliki data yang lengkap dan usahakan letak stasiunnya paling dekat dengan stasiun yang datanya hilang.

Pada penelitian ini pengisian data hujan yang hilang menggunakan Metode Normal Ratio. Metode Normal Ratio adalah salah satu metode yang digunakan untuk mencari data yang hilang. Metode perhitungan yang digunakan cukup sederhana yakni dengan memperhitungkan data curah hujan di stasiun hujan yang berdekatan untuk mencari data curah hujan yang hilang di stasiun tersebut. Variabel yang diperhitungkan pada metode ini adalah curah hujan harian di stasiun lain dan jumlah curah hujan 1 tahun pada stasiun lain tersebut. Rumus Metode Normal Ratio untuk mencari data curah hujan yang hilang sebagai berikut (Wei and McGuinness, 1973):

Contoh perhitungan untuk pengisian data hujan pada Stasiun Ciawigebang. Untuk pengisian data ini digunakan Stasiun Hujan Garawangi, Ciniru, dan Luragung sebagai stasiun terdekat.

Diketahui

n	=	3
Ntahunan stasiun Garawangi	=	65.761 mm
Ntahunan stasiun Ciniru	=	68.209 mm
Ntahunan stasiun Luragung	=	72.096 mm
Ntahunan stasiun Ciawigebang	=	62.964 mm

Rumus Metode Normal Ratio

$$P_x/N_x = (1/n) \times (P_1/N_1 + P_2/N_2 + P_3/N_3 \dots + P_n/N_n)$$

Dimana:

P_x	= Hujan yang hilang di stasiun x
P_1, P_2, \dots, P_n	= Data Hujan di stasiun sekitar
N_x	= Hujan Tahunan stasiun x
N_1, N_2, \dots, N_n	= Data Hujan di stasiun sekitar
n	= Jumlah stasiun hujan di sekitar

Dengan rumus diatas, dapat dihitung hujan untuk tanggal 1 Januari 2010 untuk Stasiun Ciawigebang sebagai berikut.

$$P_{1jan} = 62.964 \times (1/3) \times ((23/65.761) + (20/68.209) + (11/72.096))$$

$$P_{1jan} = 16,70 \text{ mm}$$

Tabel 4-1 Curah Hujan Harian Stasiun Hujan Ciawigebang Setelah Pengisian Data Hujan

2010												
Tgl	B U L A N (mm)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	16.70	10.32	8.62	8.48	9.17	0.00	3.29	0.00	3.08	0	4	52
2	13.37	4.28	0.00	31.73	0.00	0.00	0.62	0.00	15.25	20	36	32
3	11.55	0.00	14.08	1.54	0.00	0.00	0.00	0.00	8.79	10	0	0
4	0.00	18.25	4.66	0.00	13.89	0.00	10.37	3.37	0.00	45	2	48
5	8.28	12.20	57.08	25.59	15.27	0.00	5.72	0.87	0.00	0	4	0
6	6.20	23.61	4.24	22.47	8.58	8.16	0.00	0.00	6.99	0	0	4
7	9.85	16.55	9.98	34.18	0.00	0.00	38.04	0.00	7.12	0	0	0
8	7.09	14.72	12.17	11.96	22.18	0.00	0.00	0.00	24.30	0	12	8
9	9.59	4.93	1.54	1.54	40.75	0.00	64.87	0.00	14.50	0	14	0
10	19.18	0.00	22.85	0.00	28.96	0.00	0.00	17.75	3.77	0	0	0
11	15.34	0.00	2.83	0.00	13.60	0.00	0.00	16.14	0.00	0	10	50
12	36.89	0.00	41.16	10.14	31.62	22.96	10.12	9.58	0.00	0	42	21
13	30.04	1.85	0.00	1.16	61.07	0.00	0.00	0.00	3.08	0	0	0
14	0.00	3.90	0.00	3.38	14.96	0.87	0.00	0.00	2.33	26	0	0
15	0.00	18.47	0.00	3.92	11.37	0.00	0.00	0.00	20.75	0	0	0
16	0.00	1.46	0.00	29.92	2.04	0.00	0.87	2.91	7.98	0	0	0
17	0.00	31.42	0.00	11.64	9.33	0.00	4.90	0.00	15.56	0	0	0
18	0.00	4.18	24.50	3.08	0.00	0.00	0.00	0.00	7.70	0	0	25
19	0.00	23.00	12.93	0.00	0.58	28.61	10.02	0.00	2.15	0	0	5
20	5.22	7.85	54.65	12.47	3.11	4.07	0.00	0.00	1.85	0	24	6
21	5.50	11.49	1.46	12.48	14.16	0.00	3.73	0.00	5.84	0	31	71
22	0.00	11.33	17.57	42.66	0.00	0.00	0.00	0.00	5.15	0	25	0
23	9.71	0.00	6.52	29.92	0.00	0.00	0.00	15.79	12.46	0	20	8
24	7.21	9.54	1.60	21.16	14.27	0.00	0.00	1.91	6.15	0	0	30
25	36.26	6.06	0.00	5.82	0.00	0.00	1.75	6.99	0.87	0	14	45
26	10.23	0.00	0.00	0.00	9.60	0.00	0.00	18.75	16.54	13	0	15
27	31.72	4.92	4.79	0.00	0.00	1.46	0.00	0.92	3.40	37	0	10
28	34.33	8.19	21.31	7.83	23.49	38.87	0.00	2.04	1.46	0	0	3
29	14.56		16.48	7.41	0.00	0.92	0.58	0.00	0.00	0	43	12
30	21.25		14.71	5.31	0.00	4.66	0.00	0.00	3.49	0	0	0
31	14.26		0.00	0.00	0.96	9.23		0.00		0		0

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

Tabel 4-2 Curah Hujan Harian Stasiun Hujan Cibereum Setelah Pengisian Data Hujan

Tgl	2010											
	B U L A N (mm)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	24.78	0.00	27.54	50	11	0	49	0	0	7	0	40
2	16.52	19.28	0.00	47	0	0	54	0	0	15	23	30
3	0.00	0.00	0.00	54	46	0	0	0	0	9	29	30
4	0.00	0.00	48.19	57	30	0	0	0	23	16	0	22
5	0.00	81.24	0.00	0	7	0	22	0	0	0	0	20
6	0.00	34.42	0.00	0	0	0	41	0	0	0	40	27
7	71.60	49.57	0.00	51	13	15	0	26	15	54	56	20
8	6.88	0.00	64.71	60	6	0	0	0	0	50	0	17
9	35.80	13.77	0.00	16	0	0	37	0	0	9	0	15
10	37.18	0.00	0.00	19	14	0	33	34	33	11	51	19
11	0.00	0.00	0.00	40	55	0	0	48	27	22	55	14
12	78.48	0.00	89.50	0	43	7	0	0	0	40	41	24
13	68.85	0.00	0.00	53	48	0	18	0	0	49	0	0
14	11.02	0.00	0.00	47	4	0	29	0	21	33	12	23
15	0.00	0.00	0.00	42	0	0	42	0	31	0	11	20
16	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	10	52	11	0
17	0.00	0.00	0.00	0	15	0	0	0	0	47	15	31
18	0.00	0.00	89.50	15	9	0	0	0	0	0	0	40
19	0.00	0.00	50.95	39	32	0	36	0	34	0	0	41
20	0.00	34.42	57.83	0	5	0	0	17	0	10	42	30
21	17.90	48.19	0.00	0	2	41	0	0	0	41	31	17
22	2.75	27.54	17.90	41	0	0	27	0	0	0	0	10
23	59.21	0.00	0.00	27	2	0	0	0	17	25	0	13
24	41.31	37.18	0.00	0	0	0	0	10	0	30	0	16
25	46.81	20.65	0.00	39	0	29	10	0	0	0	30	15
26	19.28	0.00	19.28	0	0	0	0	0	37	0	17	9
27	31.67	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	11	0	10
28	72.98	20.65	6.88	0	0	0	0	0	0	17	47	11
29	82.61	0.00	50.95	17	0	37	0	0	11	0	0	17
30	13.77	0.00	48.19	0	0	0	0	0	0	0	5	12
31	16.52	0.00	90.88	0	19	0	0	0	0	0	0	0

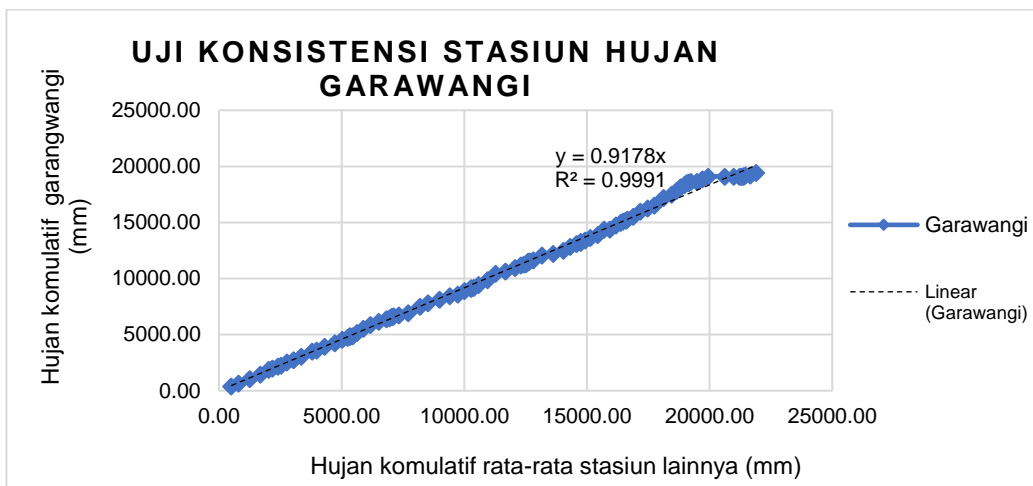
Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

4.3.3 Uji Konsistensi Hujan

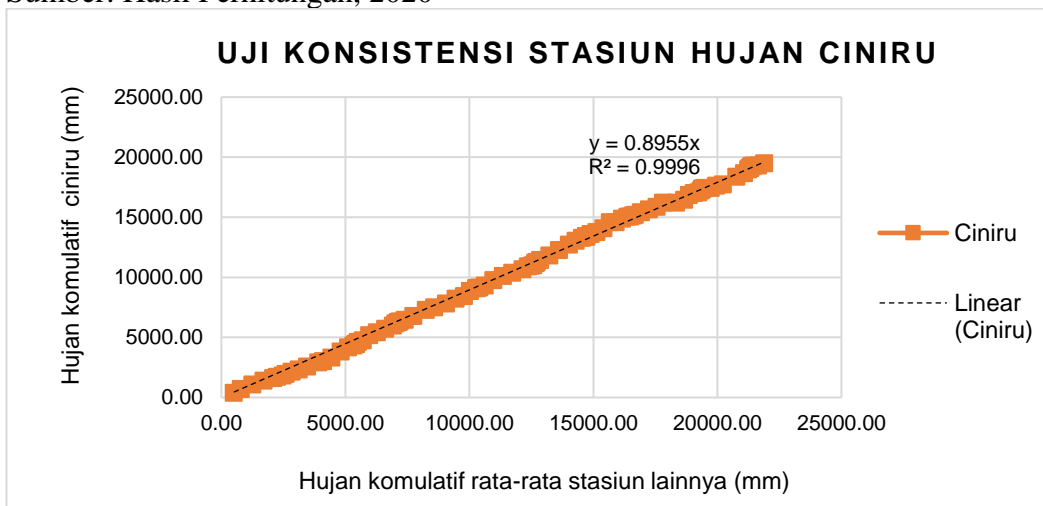
Uji konsistensi bertujuan untuk menguji kebenaran data yang diperoleh, karena data hasil dari pengukuran curah hujan tidak sepenuhnya benar. Kesalahan data disebabkan karena perubahan lokasi stasiun hujan, perubahan sistem lingkungan atau perubahan prosedur pengamatan yang sangat berpengaruh terhadap pengukuran curah hujan yang ada. Hasil dari pengukuran tersebut bisa saja tidak sesuai dan tidak konsisten sehingga menyebabkan penyimpangan terhadap hasil perhitungan.

Data hujan disebut konsisten jika data yang terukur dan dihitung adalah teliti dan benar serta sesuai dengan fenomena saat hujan itu terjadi. Konsistensi data dari suatu stasiun pengamatan dapat dilakukan dengan metode kurva massa ganda (*double mass curve*). Metode ini membandingkan hujan kumulatif dari stasiun

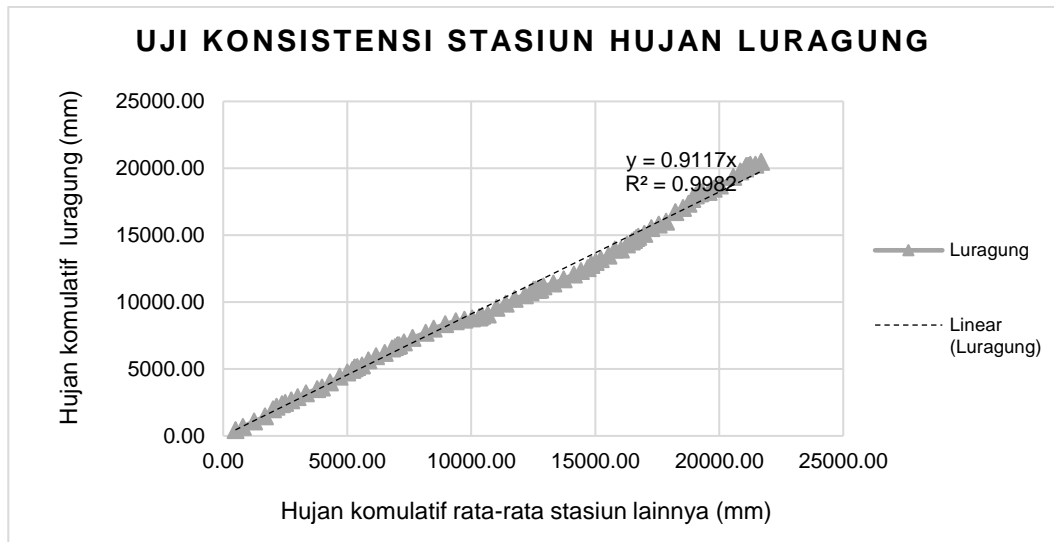
hujan yang diteliti dengan harga-harga kumulatif curah hujan rata-rata dari beberapa stasiun hujan yang berdekatan. Nilai kumulatif tersebut digambarkan pada sistem koordinat kartesian x-y, kurva tersebut diperiksa untuk melihat kemiringan (trend). Jika garis berbentuk lurus, berarti data konsisten. Jika kemiringan patah/berubah, berarti data tidak konsisten perlu dikoreksi dengan mengalikan data setelah kurva berubah dengan perbandingan kemiringan setelah dan sebelum kurva patah.



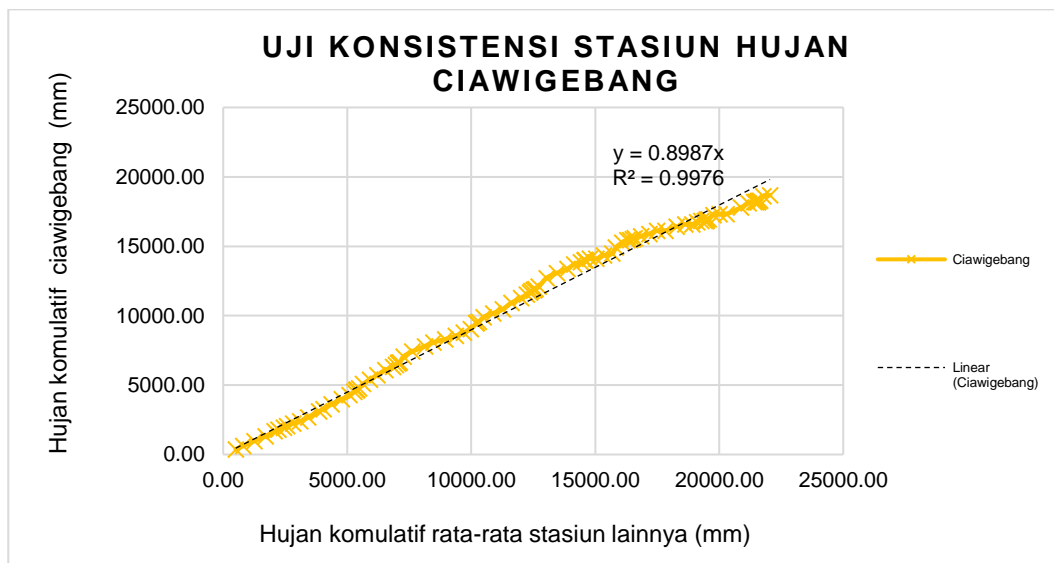
Gambar 4-3 Uji Konsistensi Stasiun Hujan Garawangi
 Sumber: Hasil Perhitungan, 2020



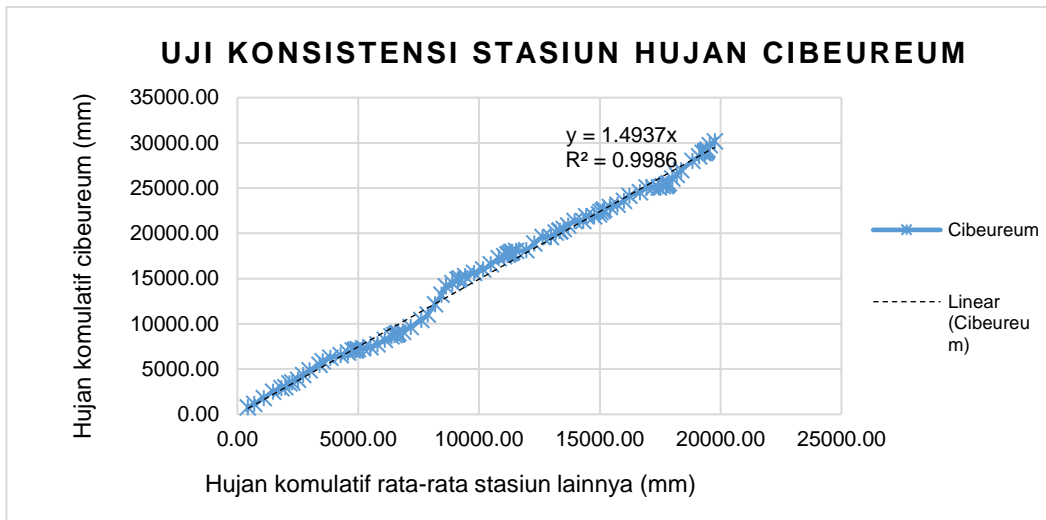
Gambar 4-4 Uji Konsistensi Stasiun Hujan Ciniru
 Sumber: Hasil Perhitungan, 2020



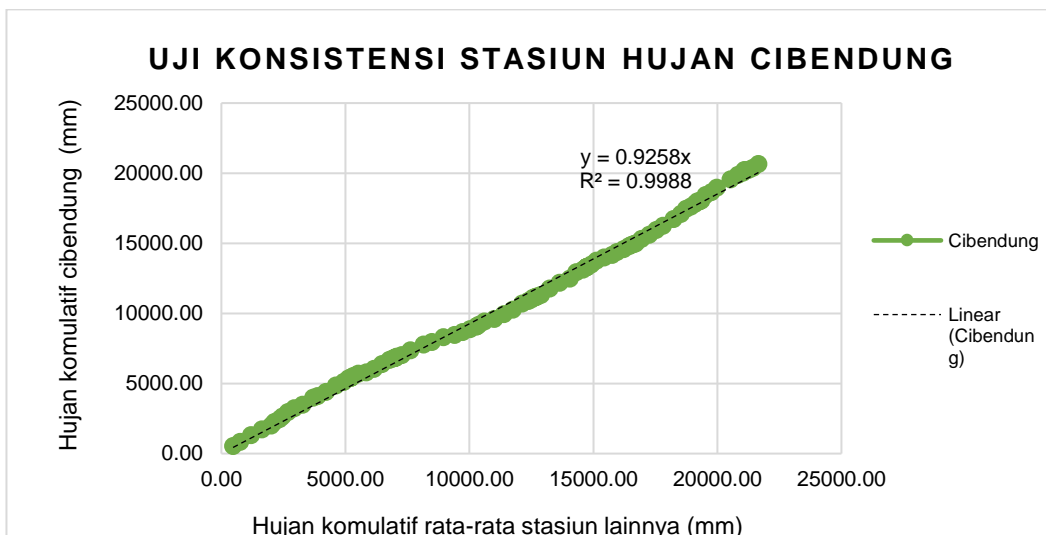
Gambar 4-5 Uji Konsistensi Stasiun Hujan Luragung
 Sumber: Hasil Perhitungan, 2020



Gambar 4-6 Uji Konsistensi Stasiun Ciawigebang
 Sumber: Hasil Perhitungan, 2020



Gambar 4-7 Uji Konsistensi Stasiun Hujan Cibereum
 Sumber: Hasil Perhitungan, 2020



Gambar 4-8 Uji Konsistensi Stasiun Hujan Cibendung
 Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

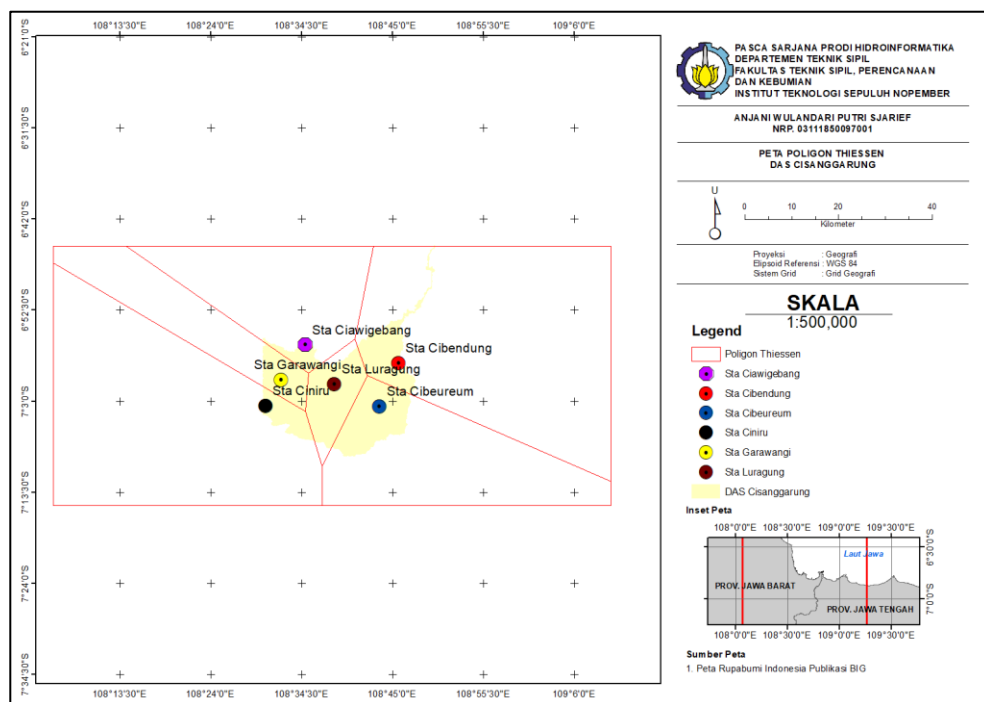
Dalam dunia statistik R Square ini di kenal dengan koefisien determinasi berganda. Koefisien berganda memiliki fungsi untuk mengukur kesesuaian (*goodness of fit*) dari persamaan regresi, yaitu memberikan proporsi atau presentase variasi total dalam variable terkait yang dijelaskan oleh variable bebas. Nilai R^2 terletak antara 0 – 1 dan kecocokan model dikatakan lebih baik kalau R^2 semakin mendekati angka 1. Dari keenam stasiun hujan didapat nilai R^2 berkisar antara 0.98 – 0.99 yang menunjukkan data hujan di keenam stasiun hujan dalam periode 2010 – 2018

konsisten dan memiliki kecocokan yang tinggi, sehingga dapat digunakan dalam perhitungan hujan selanjutnya

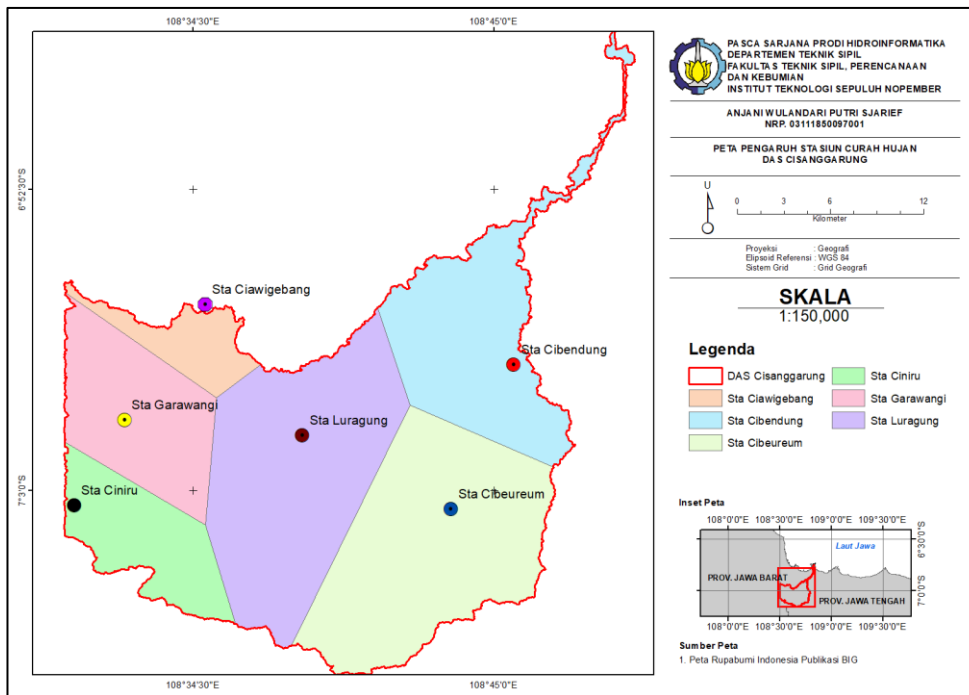
4.3.4 Perhitungan Hujan Kawasan

Besarnya curah hujan rata-rata daerah dihitung dengan metode Thiessen, di mana pada metode ini mempertimbangkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan. Penggunaan metode Thiessen karena kondisi topografi dan jumlah stasiun memenuhi syarat untuk digunakan metode ini. Wilayah pengukuran di sketsa pengamatan dan selanjutnya stasiun-stasiun yang ada diberi batas polygon. Batas-batas polygon inilah yang membagi daerah stasiun satu dengan stasiun yang lainnya agar perhitungan pun lebih mudah.

Untuk menghitung hujan kawasan dilakukan dengan polygon thiessen, dimana untuk memudahkan pembuatan poligon dibantu dengan ArcGIS Desktop 10.8.0.12790 seperti pada Gambar 4.9.



Gambar 4-9 Proses Pembuatan Poligon Thiessen DAS Cisanggarung
Sumber: Hasil Pengolahan, 2020



Gambar 4-10 Poligon Thiessen DAS Cisanggarung
Sumber: Hasil Pengolahan, 2020

Dari Gambar 4.10 diketahui bahwa presentase dari masing-masing pos hujan mempengaruhi DAS Sungai Cisanggarung.

Besarnya curah hujan rata-rata daerah dihitung dengan metode Thiessen, di mana pada metode ini mempertimbangkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan. Penggunaan metode Thiessen karena kondisi topografi dan jumlah stasiun memenuhi syarat untuk digunakan metode ini.

Menentukan koefisien thiessen pada setiap stasiun hujan

$$C_i = \frac{A_i}{A_{total}}$$

Keterangan : C_i = Koef. Thiessen

A_i = Luas Catchmen pada stasiun i

A_{total} = Luas catchmen total

Contoh Perhitungan Koefisien DAS untuk Stasiun Ciniru

$$C_i = \frac{61.494.519,7}{630.261.967,4} = 0,10$$

Setelah itu dihitung area pengaruh tiap stasiun curah hujan, dihitung bobot tiap stasiun curah hujan dan dapat dilihat pada Tabel 4-3.

Tabel 4-3 Bobot Pengaruh Stasiun Curah Hujan DAS Cisanggarung

No	Nama Pos	Luas (m ²)	Bobot
1	Sta Ciniru	61494519.77	0.10
2	Sta Luragung	166324227.9	0.26
3	Sta Garawangi	85124158.45	0.14
4	Sta Cibeureum	168856156.3	0.27
5	Sta Ciawigebang	30740100.24	0.05
6	Sta Cibendung	117722804.7	0.19
Total		630261967.4	1

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

Metode ini digunakan untuk menghitung bobot masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Metode ini digunakan bila penyebaran hujan di daerah yang ditinjau tidak merata.

Setelah dihitung bobot untuk tiap stasiun curah hujan kemudian di hitung hujan kawasannya. Data hujan kawasan dapat dilihat dalam Tabel 4-4.

Tabel 4-4 Curah Hujan Harian Kawasan DAS Cisanggarung

Tgl	2010											
	BULAN (mm)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	18.78	6.45	14.27	20.83	10.19	0.00	15.80	0.00	1.13	21.44	0.39	19.31
2	15.46	10.37	0.00	32.21	0.93	0.19	14.69	0.00	10.62	4.99	20.13	18.81
3	9.95	0.00	11.08	15.03	12.32	0.00	0.00	0.00	12.46	14.25	7.77	17.38
4	0.00	12.67	23.90	15.27	17.85	0.00	6.40	2.29	6.16	31.91	0.10	23.72
5	4.71	37.82	32.55	13.73	23.30	3.74	8.53	1.39	0.00	4.69	12.01	5.36
6	5.01	26.49	2.24	20.62	7.99	5.42	10.98	6.16	7.61	2.44	13.88	15.68
7	36.44	31.34	4.06	33.81	3.48	10.37	25.91	6.97	10.47	14.47	17.91	6.11
8	6.74	7.24	33.04	21.65	20.13	0.00	0.00	0.00	14.96	13.40	6.32	16.81
9	21.39	8.25	0.56	11.01	22.36	12.33	48.03	0.00	9.37	13.83	24.77	9.66
10	23.24	0.00	12.36	6.96	25.22	0.56	8.84	16.21	10.46	2.95	19.21	7.77
11	9.22	0.00	1.20	10.72	25.46	0.00	0.00	26.20	7.23	5.89	21.14	20.86
12	52.56	0.00	63.30	9.89	35.02	24.36	8.18	8.11	0.93	10.72	28.79	10.09
13	49.85	0.68	0.00	15.31	52.05	0.00	4.82	0.00	1.13	13.13	20.68	0.00
14	4.45	2.46	0.00	13.83	18.95	0.83	25.51	0.00	13.45	22.44	9.81	6.16
15	0.00	14.68	0.00	23.94	8.91	0.37	11.25	0.00	30.42	17.21	9.35	6.46
16	0.00	1.39	0.00	22.69	4.19	8.41	2.33	8.01	10.90	14.22	2.95	1.16
17	0.00	13.43	0.00	11.12	11.02	0.00	2.82	0.00	7.54	14.51	4.02	8.31
18	0.00	2.90	54.82	5.14	2.41	0.19	0.00	1.68	5.04	2.11	11.05	19.84
19	0.00	11.94	28.61	10.45	9.13	19.66	15.54	0.00	9.90	6.84	6.37	36.83
20	2.77	19.40	57.51	5.04	3.79	2.44	3.74	4.55	0.68	2.68	12.72	11.00
21	10.43	29.66	1.39	10.28	11.81	10.98	1.47	0.00	3.88	11.96	18.23	34.67
22	1.11	17.96	14.40	50.98	0.00	0.00	7.23	5.60	8.91	0.00	8.19	8.19
23	31.01	0.00	2.55	43.09	0.54	0.00	0.00	11.61	11.79	6.70	4.41	12.06
24	22.32	18.49	0.75	19.15	16.37	8.97	0.00	3.58	3.00	8.04	0.37	32.52
25	36.02	11.20	0.00	16.01	0.00	7.77	4.35	7.61	10.36	3.25	18.12	29.88
26	11.76	0.00	7.78	0.00	8.00	0.00	0.19	10.88	19.69	10.28	5.34	17.14
27	31.09	1.80	3.13	0.00	0.00	1.58	5.60	0.34	2.17	6.77	0.00	15.58
28	51.92	12.53	13.02	6.45	18.12	24.42	2.61	2.88	1.39	28.32	26.54	13.57
29	42.47	0.00	28.64	8.22	1.12	10.25	0.56	0.00	2.95	0.00	2.10	22.72
30	16.06	0.00	30.59	4.34	0.00	4.45	3.74	1.68	9.31	0.00	5.24	3.21
31	14.17	0.00	36.67	0.00	5.54	4.27	3.74	0.00	0.00	4.09	0.00	2.24

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

4.3.5 Curah Hujan Maksimum Tahunan

Setelah menentukan curah hujan maksimum di setiap tahun nya pada masing masing stasiun. Kemudian setiap curah hujan maksimum pada stasiun hujan tertentu di ambil kejadian yang sama. Lalu hujan wilayah pada setiap tanggal di tahun yang sama, maka dipilih yang paling maksimum untuk mewakili tiap tahun. Hujan kawasan untuk tahun 2010-2018 kemudian dicari hujan maksimum untuk setiap tahunnya. Hasil rekap hujan maksimum tahunan DAS Cisanggarung dapat dilihat dalam Tabel 4-5.

Tabel 4-5 Curah Hujan Maksimum Tahunan Kawasan DAS Cisanggarung

Tahun	Hujan Max/ Xi (mm)
2010	63.30
2011	43.71
2012	64.19
2013	51.66
2014	86.38
2015	47.81
2016	45.70
2017	52.06
2018	113.21

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

Dari perhitungan curah hujan rata-rata maksimum di atas perlu ditentukan kemungkinan terulangnya curah hujan bulanan maksimum guna menentukan debit banjir rencana.

4.4 Parameter Statistik

Setelah diperoleh nilai Rmaks pada tabel 4-5, selanjutnya dilakukan perhitungan parameter statistik. Hasil dari parameter statistik ini sangat penting untuk mengetahui sifat dari distribusi.

Suatu kenyataan bahwa tidak semua nilai dari suatu variabel hidrologi terletak atau sama dengan nilai rata-ratanya, tetapi kemungkinan ada nilai yang lebih besar atau lebih kecil dari nilai rata-ratanya (Sosrodarsono dan Takeda, 1993). Besarnya dispersi dapat dilakukan pengukuran dispersi yakni melalui perhitungan parameter statistik terlebih dahulu.

1. Nilai rata-rata (\bar{x})

Tabel 4-6 Curah Hujan Maksimum Rata-rata

No	Tahun	Xi (mm)	xi- \bar{x}	(xi- \bar{x}) ²	(xi- \bar{x}) ³	(xi- \bar{x}) ⁴
1	2010	63.30	0.19	0.04	0.01	0.00
2	2011	43.71	-19.40	376.38	-7301.98	141662.17
3	2012	64.19	1.07	1.15	1.24	1.33
4	2013	51.66	-11.46	131.25	-1503.65	17226.42
5	2014	86.38	23.27	541.29	12593.48	292995.52
6	2015	47.81	-15.30	234.17	-3583.46	54836.51
7	2016	45.70	-17.41	303.25	-5280.88	91962.11
8	2017	52.06	-11.05	122.13	-1349.64	14915.00
9	2018	113.21	50.09	2509.49	125712.59	6297551.17
Σ		568.02	0.00	4219.15	119287.71	6911150.24

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

2. Deviasi standar (S)

$$sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$sd = 22.97$$

3. Koefisien variasi (CV)

$$Cv = \frac{sd}{\bar{x}}$$

$$Cv = 36.39$$

4. Koefisien kemencengan (CS)

$$Cs = \frac{a}{sd^3}$$

$$Cs = 1.58$$

5. Koefisien ketajaman (CK)

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)sd^4} \sum (X_i - \bar{X})^4$$

$$Ck = 2.08$$

Tabel 4-7 Parameter Statistik Data

Mean	Standar Deviasi	Coefisien Variation (Cv)	Skewness (Cs)	Kurtosis (Ck)
63.11	22.97	36.39	1.58	2.08

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Hasil perhitungan parameter statistik yang telah diperoleh selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk melakukan pemilihan jenis distribusi yang sesuai. Pada tabel

4.8 menjelaskan syarat penggunaan jenis sebaran yang digunakan untuk metode apa yang akan digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan.

3. Analisis Jenis Sebaran

Untuk mengetahui jenis sebaran data diperlukan analisis jenis sebaran. Untuk memilih metode analisis dapat ditentukan berdasarkan parameter Tabel 4.8 yang disandingkan dengan hasil analisis parameter statistic pada Tabel 4.7.

Tabel 4-8 Parameter Penentuan Metode Analisis Sebaran

Jenis Sebaran	Syarat
Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
Log Normal	$C_s = 3C_v + C_v^3$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
Gumbel Tipe I	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
Log Pearson Tipe III	Selain dari nilai diatas

Sumber: eprints.undip.ac.id

Dari hasil perbandingan tabel di atas, metode yang paling mendekati dengan persyaratan adalah *Log Pearson Type III*.

4.5 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson Type 3

Perhitungan curah hujan rencana ini menggunakan metode Log Person III sesuai hasil analisa mengenai syarat penggunaan jenis sebaran.

Langkah-langkah perhitungan curah hujan rencana distribusi Log Pearson III adalah sebagai berikut.

4.5.1 Logaritma dari Semua Nilai Variat Xi

Untuk perhitungan logaritma dari semua nilai variat Xi dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4-9 Perhitungan Nilai Log Variat Xi

No	Tahun	Xi	Log Xi	(Log Xi -Log Xr)	(Log Xi -Log Xr)2	(Log Xi -Log Xr)3
1	2010	63.30	1.80	0.02	0.001	0.000012
2	2011	43.71	1.64	-0.14	0.019	-0.002637
3	2012	64.19	1.81	0.03	0.001	0.000024
4	2013	51.66	1.71	-0.07	0.004	-0.000283
5	2014	86.38	1.94	0.16	0.025	0.003918
6	2015	47.81	1.68	-0.10	0.010	-0.000977
7	2016	45.70	1.66	-0.12	0.014	-0.001679
8	2017	52.06	1.72	-0.06	0.004	-0.000241
9	2018	113.21	2.05	0.28	0.076	0.020823

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

4.5.2 Parameter Statistik Log Xi

Tabel 4-10 Parameter Statistik Log Xi

Mean (Log Xr)	StDev	Variance	Cvariation	Skewness (Cs)	Kurtosis (Ck)
1.78	0.14	0.02	7.78	1.2	0.58

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

4.5.3 Hitung Nilai Curah Hujan Rencana

Untuk harga Cs = 1,2 dan Tr (periode ulang) = 2 tahun, maka harga faktor K untuk sebaran Log Pearson Type 3 adalah -0.195.

Nilai K untuk Cs= 1.2

Cs	2	5	10	25	50	100	1000
K	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	4.820

Sumber: Suripin, 2010

$$\text{Log } X_t = \text{Log } X_r + (K \cdot \text{StdevLog})$$

$$\text{Log } X_t = 1,78 + (-0,195 \times 0,14)$$

$$\text{Log } X_t = 1,75$$

$$X_t = 10^{1,75} = 56,7 \text{ mm}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4-11 Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson Type 3

Tr (Periode Ulang)	Cs	K	Log Xt	Xt (mm)
2	1.2	-0.195	1.75	56.47
5	1.2	0.732	1.88	75.86
10	1.2	1.340	1.96	92.08
25	1.2	2.087	2.07	116.81
50	1.2	2.626	2.14	138.70
100	1.2	3.149	2.21	163.84
1000	1.2	4.820	2.45	279.00

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

4.6 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi Curah Hujan

Terdapat satu jenis distribusi yang memenuhi syarat untuk dalam penelitian ini. Jenis distribusi yang digunakan merupakan distribusi yang menghasilkan perhitungan paling akurat. Untuk menentukan tingkat keakuratan suatu jenis distribusi, maka dilakukan perhitungan uji kecocokan distribusi. Uji kecocokan distribusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji kecocokan Chi Kuadrat dan uji kecocokan Smirnov Kolmogorov.

4.6.1 Uji Sebaran Chi Kuadrat (*Chi Square Test*)

Untuk mengetahui apakah data hujan yang tersedia betul-betul sesuai dengan jenis sebaran distribusi yang dipilih dan apakah hujan rencana dapat diterima, maka perlu dilakukan pengujian kecocokan dengan uji Chi-Kuadrat.

Uji Chi-Kuadrat digunakan untuk menghitung besarnya simpangan vertikal antara data perhitungan dan data teoritis. Uji ini didasarkan pada perbedaan nilai ordinat teoritis dan empiris pada sumbu vertikal yang merupakan data curah hujan rancangan. Uji Chi Kuadrat dikatakan berhasil jika $X^2_{hitung} < X^2_{tabel}$ (Tabel nilai kritis D_0 untuk Uji Chi-Square).

Perhitungan dengan distribusi Log Pearson Tipe III menghitung sub kelompok dengan batasan untuk mendapatkan nilai batas. Langkah-langkah perhitungan uji sebaran chi kuadrat (*chi square test*) adalah sebagai berikut:

- Menghitung Nilai K (Jumlah Kelas)

$$K = 1 + 3,322 \log n$$

$$= 1 + 3,322 \log 9$$

$$= 4.169993616 \approx 4$$

Kelas dibuat dengan range 40-115 sesuai data hujan maksimum, karena K/jumlah kelasnya ada 4, maka panjang kelasnya sebesar $75/4$ yaitu 18,75.

- Menghitung Nilai DK

$$\begin{aligned} DK &= K - 1 \\ &= 4 - 1 \\ &= 3 \end{aligned}$$

- Menghitung Nilai EF

$$\begin{aligned} EF &= n/K \\ &= 9/4 \\ &= 2.250 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4-12 Perhitungan Uji Sebaran Chi Kuadrat (Chi Square Test)

Kelas	P	EF	OF	EF-OF	(EF-OF) ² /EF
1	40-58.75	2.250	5	-2.75	3.36
2	58.75-77.5	2.250	2	0.25	0.03
3	77.5-96.25-66.5	2.250	1	1.25	0.69
4	96.25-115	2.250	1	1.25	0.69
	Jumlah	9	9	0	4.78

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Keterangan:

Ef = Nilai yang diharapkan

Of = Nilai yang diamati

α = 5%

f^2 hasil hitungan = 4,78

f^2 cr = 7,815

DF	ALFA					
	0,005	0,010	0,025	0,050	0,100	0,250
1	7,879	6,635	5,024	3,841	2,706	1,323
2	10,597	9,210	7,378	5,991	4,605	2,773
3	12,838	11,345	9,348	7,815	6,251	4,108
4	14,860	13,277	11,143	9,488	7,779	5,385
5	16,750	15,086	12,833	11,070	9,236	6,626
6	18,548	16,812	14,449	12,592	10,645	7,841
7	20,278	18,475	16,013	14,067	12,017	9,037
8	21,955	20,090	17,535	15,507	13,362	10,219
9	23,589	21,666	19,023	16,919	14,684	11,389
10	25,188	23,209	20,483	18,307	15,987	12,549
11	26,757	24,725	21,920	19,675	17,275	13,701
12	28,300	26,217	23,337	21,026	18,549	14,845
13	29,819	27,688	24,736	22,362	19,812	15,984
14	31,319	29,141	26,119	23,685	21,064	17,117
15	32,801	30,578	27,488	24,996	22,307	18,245
16	34,267	32,000	28,845	26,296	23,542	19,369

Tabel 4-13 Nilai F2cr Chi Square untuk $\alpha = 5\%$ dan DF=3

Sumber: <https://www.statistikian.com/,2012>

Sehingga diperoleh nilai chi teoritis = 7,815

Chi teoritis > Chi kuadrat hitung (dapat diterima)

Dilihat dari hasil perbandingan di atas $7,815 > 4,78$ maka hipotesa yang diuji dapat diterima.

4.6.2 Uji Sebaran Smirnov-Kolmogorov

Uji smirnov Kolmogorov hanya digunakan untuk pengujian simpangan terhadap variabel tertentu yang mempunyai simpangan terbesar dan perhitungannya sebagai berikut:

- Urutkan data dari (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut.
- Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil persamaan distribusinya.
- Untuk menentukan besarnya peluang teoritis wilayah luas dibawah kurva normal.
- Berdasarkan tabel nilai kritis (smirnov-kolmogorov) tentukan harga D_0 .

e) Apabila $D_{maks} < D_0$, maka distribusi teoritis tidak dapat diterima.

f) Apabila $D_{maks} > D_0$, maka distribusi teoritis tidak dapat diterima.

Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$D = \{P'(x<) - P(x<)\}$$

Tabel 4-14 Perhitungan Uji Sebaran Smirnov-Kolmogorof

i	Log Xi	P(x) =i/(n+1)	f(t)	y	P'(Xi)	ΔP
1	2.05	0.10	1.99	1.06	-0.06	-0.16
2	1.94	0.20	1.14	0.82	0.18	-0.02
3	1.81	0.30	0.21	0.54	0.46	0.16
4	1.80	0.40	0.16	0.53	0.47	0.07
5	1.72	0.50	-0.45	0.35	0.65	0.15
6	1.71	0.60	-0.47	0.35	0.65	0.05
7	1.68	0.70	-0.72	0.28	0.72	0.02
8	1.66	0.80	-0.86	0.24	0.76	-0.04
9	1.64	0.90	-1.00	0.19	0.81	-0.09
Max						0.16

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

N	Level of Significance				
	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
1	0.900	0.925	0.950	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.510	0.565	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.410	0.490

Tabel 4-15 Tabel ΔP kritis Uji Smirnov-Kolmogorof

Sumber: Laksono, 2011

Dari hasil perhitungan didapat nilai ΔP_{maks} hitung = 0,16 < ΔP_{maks} tabel = 0,432

Dari tabel diatas maka dapat disimpulkan bahwa:

Jumlah data (n)= 9

Signifikasi = 5 %

Nilai n 10 dan signifikasi 5% maka diperoleh D_0 (tabel terlampir)

Do = 0,41

Dmax = 0,16

Karena $Do > Dmax$ maka persamaan distribusi dapat diterima.

Dari hasil uji chi square dan smirnov kolmogorof maka perhitungan curah hujan rencana yang telah dihitung dapat diterima sebagai berikut:

Tabel 4-16 Hasil perhitungan curah hujan rencana

Periode Ulang	2	5	10	25	50	100	1000
Hujan Max (mm)	56.47	75.86	92.08	116.81	138.70	163.84	279.00
C	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Rn (mm)	39.53	53.10	64.45	81.77	97.09	114.69	195.30

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Setelah itu dihitung tinggi hujan pada jam ke-t (Rt'). Jam ke-t yang digunakan adalah 6 jam. Pada Tabel 4.17 dilihat hasil perhitungan tinggi hujan pada jam ke-t sebagai berikut:

Tabel 4-17 Tinggi hujan pada jam ke t

Jam ke-	RT
1	0.550
2	0.143
3	0.100
4	0.080
5	0.067
6	0.059

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

4.7 Analisis Debit Banjir Rencana

4.7.1 Hidrograf Satuan Sintesis

Metode-metode perhitungan banjir rencana sangat bergantung pada cara pendekatannya pada alam sebagai system penalaran yang diterapkan pada faktor - faktor alam atau parameter-parameter fisik dalam menentukan pola matematika dari sistem operasi sedang sebaliknya sistem pendekatan fisik matematis didasari oleh persamaan-persamaan diferensial dari fenomena-fenomena fisik beserta syarat-syarat batasnya. Dan adapun perhitungan debit banjir dapat dihitung dengan menggunakan beberapa metode HSS, seperti HSS Nakayasu, HSS Snyder, dan HSS Limantara. Berikut perbandingan perhitungan hidrograf satuan yang mendekati karakteristik Subdas Cisanggarung dan Subdas Cijangkelok.

Tabel 4-18 Hasil Perhitungan HSS Snyder, Limantara, dan Nakayasu untuk Subdas Cisanggarung

HSS	Qp (m ³ /dt)	Tp (jam)
HSS SNYDER	15.37	5.4
HSS LIMANTARA	16.85	4.0
HSS NAKAYASU*	21.51	5.0

*dipilih karena memiliki Qp terbesar

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Tabel 4-19 Hasil Perhitungan HSS Snyder, Limantara, dan Nakayasu untuk Subdas Cijangkelok

HSS	Qp (m ³ /dt)	Tp (jam)
HSS SNYDER	5.94	4.6
HSS LIMANTARA	6.90	4.0
HSS NAKAYASU*	7.08	5.0

*dipilih karena memiliki Qp terbesar

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Dari hasil perbandingan hitungan di atas, nilai Qp terbesar adalah HSS Nakayasu. HSS Nakayasu diciptakan di Jepang tapi hidrograf ini sudah biasa digunakan di Indonesia karena dipandang sebagai HSS paling praktis dan sesuai untuk DAS dengan data yang terbatas (Ningsih, 2011). Dari hasil perbandingan dengan HSS lainnya, maka dalam penelitian ini untuk memprediksi debit rencana digunakan HSS Nakayasu.

Di dalam perhitungan untuk mendapat hidrograf banjir diperlukan selang waktu antara 5-7 jam. Pembagian curah hujan untuk tiap jam dihitung dengan cara rasional. Perhitungan curah hujan efektif dengan menganggap proses transformasi

hujan menjadi limpasan langsung mengikuti proses linear dan tidak berubah oleh waktu. Hidrograf satuan ini banyak digunakan dalam perhitungan banjir rencana di Indonesia (Haerussalam, 2005).

4.7.2 HSS Nakayasu Subdas Cisanggarung

A. Base Flow

Base flow (aliran dasar) merupakan bagian curah hujan yang mengalami infiltrasi dan perkolasi masuk dalam tampungan air tanah dan keluar sungai sebagai rembesan mata air. Base flow disajikan sebagai berikut (Viera Wim Andiese, 2012):

$$Q_b = 0,4751 \times A^{0.6444} \times D^{0.9430}$$

Dimana:

Q_b = Aliran Dasar (m³/d)

A = Luas (km²)

D = Kerapatan (km/km²)

Data DAS

Panjang (L)	=	35.74	km
Luas (A)	=	503.30	km ²
Kerapatan (D)	=	0.07	km/km ²
Koef. Pengaliran [c]	=	0.7	
Hujan Satuan (Ro)	=	1.00	mm

Menghitung Base Flow

$$\begin{aligned} Q_{\text{baseflow}} &= 0.4751 \times (A^{0.6444}) \times (D^{0.943}) \\ &= 2.16 \quad \text{m}^3/\text{d} \end{aligned}$$

B. Curah Hujan Maksimum Kala Ulang

Berdasarkan perhitungan sebelumnya didapat nilai hujan periode ulang seperti tabel (lihat table 4-11) dibawah ini.

Tr	Cs	K	Log Xt	Xt (mm)
2	1.15	-0.20	1.75	56.47
5	1.15	0.73	1.88	75.86
10	1.15	1.34	1.96	92.08
25	1.15	2.09	2.07	116.81
50	1.15	2.63	2.14	138.70
100	1.15	3.15	2.21	163.84
1000	1.15	4.82	2.45	279.00

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

C. Hujan Efektif

Rerata Hujan Dari Awal Sampai Jam Ke-T

$$R_{t-i} = (R_{24}/t) \times (t/T)^{2/3}$$

$$RT-i = (T \times R_t) - ((T-1) \times (R_{(t-1)}))$$

$$T = \text{jam}$$

$$t = 6 \text{ jam (biasanya di indonesia menggunakan distribusi 6 jaman)}$$

Tabel 4-20 Rerata Hujan dari Awal Sampai Jam Ke-T

Waktu Hujan (Jam)	1	2	3	4	5	6	Keterangan
Rt (R24)	0.550	0.347	0.265	0.218	0.188	0.167	Rerata Hujan
RT (R24)	0.550	0.143	0.100	0.080	0.067	0.059	Rasio Hujan

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

D. Perhitungan Curah Hujan Efektif (Rn)

$$R_n = C \times X_t \text{ periode ulang}$$

Tabel 4-21 Perhitungan Curah Hujan Efektif (Rn)

Periode Ulang	2	5	10	25	50	100	1000
Hujan Max (mm)	56.47	75.86	92.08	116.81	138.70	163.84	279.00
C	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Rn (mm)	39.53	53.10	64.45	81.77	97.09	114.69	195.30

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

E. Distribusi Hujan Efektif Jam-Jaman

Tabel 4-22 Distribusi Hujan Efektif Jam-Jaman

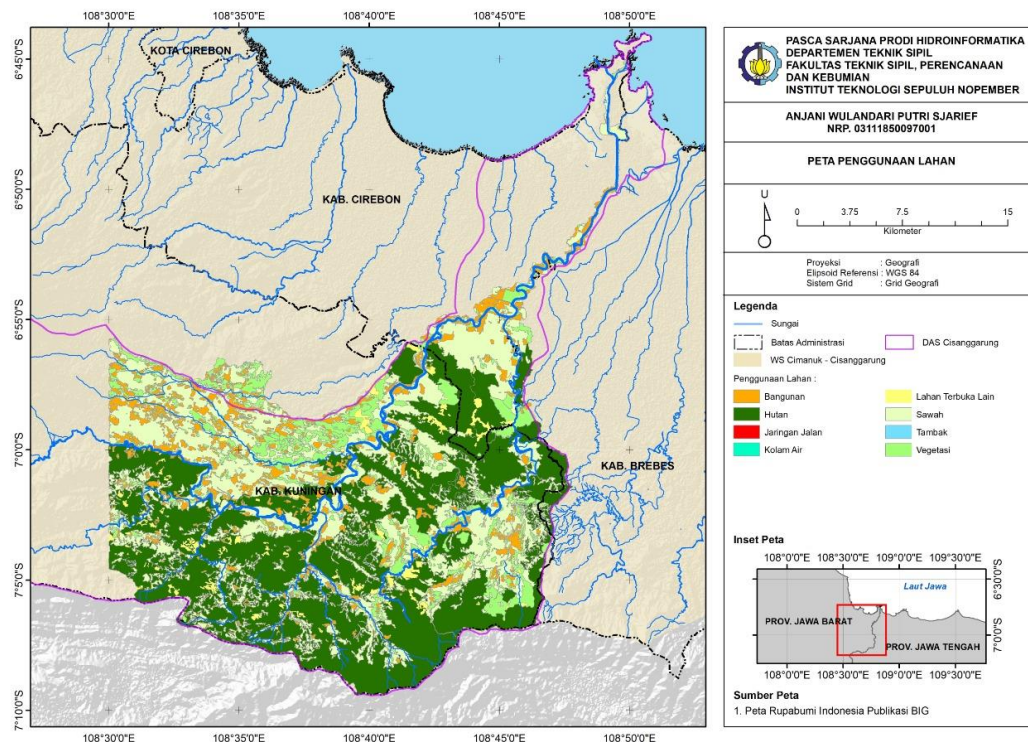
Jam ke-	RT	Hujan Efektif (Rn) (mm/hari)						
		2	5	10	25	50	100	1000
		39.53	53.10	64.45	81.77	97.09	114.69	195.30
1	0.550 Rn	21.75	29.22	35.47	45.00	53.43	63.11	107.48
2	0.143 Rn	5.65	7.60	9.22	11.70	13.89	16.40	27.94
3	0.100 Rn	3.97	5.33	6.47	8.20	9.74	11.51	19.60
4	0.080 Rn	3.16	4.24	5.15	6.53	7.76	9.16	15.60
5	0.067 Rn	2.67	3.58	4.35	5.52	6.55	7.74	13.17
6	0.059 Rn	2.33	3.13	3.80	4.82	5.72	6.76	11.52

Sumber: Hasil Analisis, 2020

F. Perhitungan Koefisien Pengaliran (C)

Berdasarkan peta tata guna lahan di kawasan kabupaten Kuningan, dapat diketahui jenis tata guna dari setiap wilayah di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisanggarung. Dengan mengetahui jenis tata guna lahan di wilayah tersebut dapat dihitung nilai koefisien pengaliran (C) dari setiap wilayah di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisanggarung. Berdasarkan nilai koefisien pengaliran tersebut, dapat dihitung distribusi tinggi hujan efektif, yang kemudian akan digunakan dalam perhitungan hidrograf banjir.

Perhitungan nilai koefisien pengaliran gabungan (C gab) dapat dilihat pada lampiran perhitungan koefisien pengaliran. Pada Gambar 4.11 menunjukkan peta tata guna lahan pada wilayah DAS Cisanggarung.



Gambar 4-11 Peta Tata Guna Lahan pada Wilayah DAS Cisanggarung
Sumber: Hasil Pengolahan, 2020

G. Hidrograf Satuan

Waktu Konsentrasi

untuk $L > 15$ km

$$T_g = 0,4 + 0,058 L$$

$$= 2.5 \text{ jam}$$

$$= 3.0 \text{ jam}$$

$$\alpha = (0.47 (A.L)^{0.25})/T_g$$

$$= 1.11$$

dipakai = 1.5

$$T_r = 0,5 T_g$$

$$= 1.5 \text{ jam}$$

$$= 2.0 \text{ jam}$$

$$T_p = T_g + 0,8 T_r$$

$$= 4.6 \text{ jam}$$

$$= 5.0 \text{ jam}$$

$$T_{0.3} = a \times T_g$$

$$= 4.5 \text{ jam}$$

$$= 5.0 \text{ jam}$$

Mencari nilai debit maksimum

$$Q_p = (A \cdot R_o) / 3.6(0.3T_p + T_{0.3})$$

$$= 21.509 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Menentukan Ordinat Kurva

$$(0 < t < T_p)$$

$$t = 0 - 5.0 \text{ jam}$$

$$Q_a = Q_p \times (t/t_p)^{2.4}$$

$$(T_p < t < T_p + T_{0.3})$$

$$t = 5.1 - 10.0 \text{ jam}$$

$$Q_d = Q_p \times 0.3^{(t-T_p/T_{0.3})}$$

$$T_p + T_{0.3} < t < T_p + T_{0.3} + 0.5T_{0.3}$$

$$t = 10.1 - 13.0 \text{ jam}$$

$$Q_d = Q_p \times 0.3^{((t-T_p) + (0.5T_{0.3}/1.5 \times T_{0.3}))}$$

$$t > T_p + T_{0.3} + 0.5T_{0.3}$$

$$t > 13.1 \text{ jam}$$

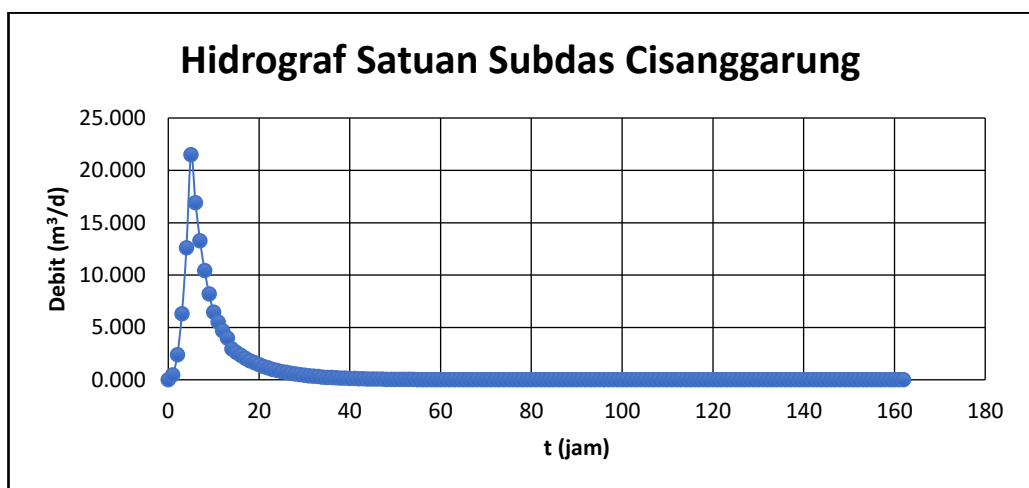
$$Q_d = Q_p \times 0.3^{((t-T_p) + (1.5T_{0.3}/2 \times T_{0.3}))}$$

Perhitungan selanjutnya akan di tampilkan dalam Tabel 4.23

Tabel 4-23 Hidrograf Satuan Subdas Cisanggarung

t	HS (m3/dt)	t	HS (m3/dt)	t	HS (m3/dt)	t	HS (m3/dt)	t	HS (m3/dt)	t	HS (m3/dt)	t	HS (m3/dt)	t	HS (m3/dt)
0	0	21	1.27	42	0.101	63	0.0081	84	0.00065	105	0.000051	126	0.000004	147	0.0000003
1	0.45	22	1.13	43	0.090	64	0.0072	85	0.00057	106	0.000046	127	0.000004	148	0.0000003
2	2.39	23	1.00	44	0.080	65	0.0064	86	0.00051	107	0.000040	128	0.000003	149	0.0000003
3	6.31	24	0.89	45	0.071	66	0.0056	87	0.00045	108	0.000036	129	0.000003	150	0.0000002
4	12.59	25	0.78	46	0.063	67	0.0050	88	0.00040	109	0.000032	130	0.000003	151	0.0000002
5	21.51	26	0.70	47	0.056	68	0.0044	89	0.00035	110	0.000028	131	0.000002	152	0.0000002
6	16.91	27	0.62	48	0.049	69	0.0039	90	0.00031	111	0.000025	132	0.000002	153	0.0000002
7	13.29	28	0.55	49	0.044	70	0.0035	91	0.00028	112	0.000022	133	0.000002	154	0.0000001
8	10.44	29	0.48	50	0.039	71	0.0031	92	0.00025	113	0.000020	134	0.000002	155	0.0000001
9	8.21	30	0.43	51	0.034	72	0.0027	93	0.00022	114	0.000017	135	0.000001	156	0.0000001
10	6.45	31	0.38	52	0.030	73	0.0024	94	0.00019	115	0.000015	136	0.000001	157	0.0000001
11	5.50	32	0.34	53	0.027	74	0.0022	95	0.00017	116	0.000014	137	0.000001	158	0.0000001
12	4.68	33	0.30	54	0.024	75	0.0019	96	0.00015	117	0.000012	138	0.000001	159	0.0000001
13	3.99	34	0.27	55	0.021	76	0.0017	97	0.00013	118	0.000011	139	0.000001	160	0.0000001
14	2.95	35	0.24	56	0.019	77	0.0015	98	0.00012	119	0.000010	140	0.000001	161	0.0000001
15	2.62	36	0.21	57	0.017	78	0.0013	99	0.00011	120	0.000008	141	0.000001	162	0.0000001
16	2.32	37	0.19	58	0.015	79	0.0012	100	0.00009	121	0.000007	142	0.000001		
17	2.06	38	0.16	59	0.013	80	0.0010	101	0.00008	122	0.000007	143	0.000001		
18	1.82	39	0.15	60	0.012	81	0.0009	102	0.00007	123	0.000006	144	0.0000005		
19	1.62	40	0.13	61	0.010	82	0.0008	103	0.00007	124	0.000005	145	0.0000004		
20	1.43	41	0.11	62	0.009	83	0.0007	104	0.00006	125	0.000005	146	0.0000004		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020



Gambar 4-12 Hidrograf Satuan Subdas Cisanggarung

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

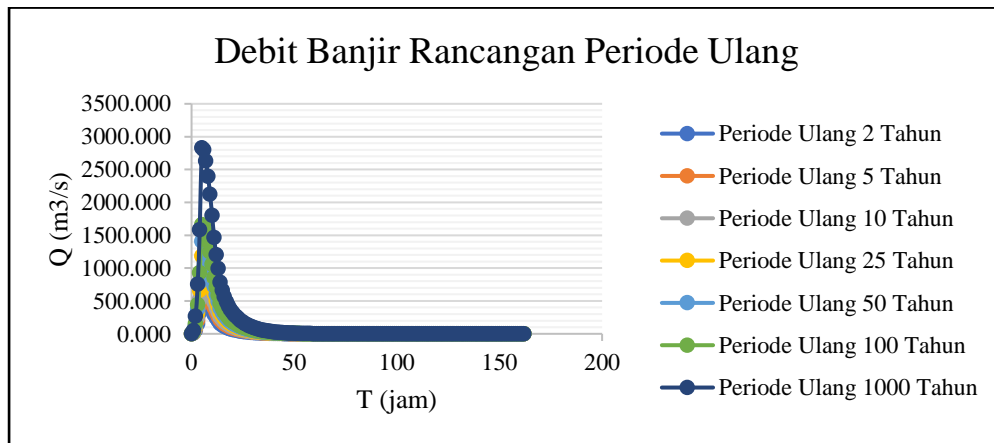
H. Banjir Rancangan Periode Ulang

Setelah mendapatkan hidrograf satuan, kemudian dilanjutkan dengan menghitung debit banjir rancangan untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, 50,100, dan 1000 tahun. Perhitungan debit rancangan periode ulang ini dibuat hingga jam ke 162 sesuai dengan time interval dalam running model (terlampir pada lampiran).

Tabel 4-24 Banjir Rancangan Periode Ulang Subdas Cisanggarung

Kala Ulang	Q Peak (m ³ /s)
2	574.963
5	771.740
10	936.208
25	1187.151
50	1409.129
100	1664.197
1000	2832.379

Sumber: Hasil perhitungan, 2020



Gambar 4-13 Grafik Hidrograf Banjir Rancangan Subdas Cisanggarung
 Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

Berdasarkan HSS Sintetis Nakayasu didapat debit banjir rancangan untuk periode 2 tahun sebesar 574.963 m³/d, periode 5 tahun sebesar 771.740 m³/d, periode 10 tahun sebesar 936.208 m³/d, periode 25 tahun sebesar 1187.151 m³/d, periode 50 tahun sebesar 1409.129 m³/d, periode 100 tahun sebesar 1664.197 m³/d, dan periode 1000 tahun sebesar 2832.379 m³/d.

4.7.3 HSS Nakayasu Subdas Cijangkelok

A. Base Flow

Base flow (aliran dasar) merupakan bagian curah hujan yang mengalami infiltrasi dan perkolasi masuk dalam tampungan air tanah dan keluar sungai sebagai rembesan mata air. Base flow disajikan sebagai berikut (Viera Wim Andiese, 2012):

$$Q_b = 0,4751 \times A^{0.6444} \times D^{0.9430}$$

Dimana:

Q_b = Aliran Dasar (m^3/d)

A = Luas (km^2)

D = Kerapatan (km/km^2)

Data DAS

Panjang (L) = 36.61 km

Luas (A) = 165.57 km^2

Kerapatan (D) = 0.22 km/km^2

Koef. Pengaliran [c] = 0.7

Hujan Satuan (R_o) = 1.00 mm

Menghitung Base Flow

$Q_{baseflow}$ = $0.4751 \times (A^{0.6444}) \times (D^{0.943})$

= 3.08 m^3/d

B. Curah Hujan Maksimum Kala Ulang

Berdasarkan perhitungan sebelumnya didapat nilai hujan periode ulang seperti table (lihat table 4-11) dibawah ini.

Tr	Cs	K	Log Xt	Xt (mm)
2	1.15	-0.20	1.75	56.47
5	1.15	0.73	1.88	75.86
10	1.15	1.34	1.96	92.08
25	1.15	2.09	2.07	116.81
50	1.15	2.63	2.14	138.70
100	1.15	3.15	2.21	163.84
1000	1.15	4.82	2.45	279.00

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

C. Hujan Efektif

Rerata Hujan Dari Awal Sampai Jam Ke-T

R_{t-i} = $(R_{24/t}) \times (t/T)^{2/3}$

$RT-i$ = $(T \times R_t) - ((T-1) \times (R_{(t-1)}))$

T = jam

t = 6 jam (biasanya di indonesia menggunakan distribusi 6 jaman)

Tabel 4-25 Rerata Hujan dari Awal Sampai Jam Ke-T (Cijangkelok)

Waktu Hujan (Jam)	1	2	3	4	5	6	Keterangan
Rt (R24)	0.550	0.347	0.265	0.218	0.188	0.167	Rerata Hujan
RT (R24)	0.550	0.143	0.100	0.080	0.067	0.059	Rasio Hujan

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Perhitungan Curah Hujan Efektif (Rn)

$$R_n = C \times X_t \text{ periode ulang}$$

Tabel 4-26 Perhitungan Curah Hujan Efektif (Rn) (Cijangkelok)

Periode Ulang	2	5	10	25	50	100	1000
Hujan Max (mm)	56.47	75.86	92.08	116.81	138.70	163.84	279.00
C	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Rn (mm)	39.53	53.10	64.45	81.77	97.09	114.69	195.30

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Distribusi Hujan Efektif Jam-Jaman

Tabel 4-27 Distribusi Hujan Efektif Jam-Jaman (Cijangkelok)

Jam ke-	RT		Hujan Efektif (Rn) (mm/hari)						
			2	5	10	25	50	100	1000
			39.53	53.10	64.45	81.77	97.09	114.69	195.30
1	0.550	Rn	21.75	29.22	35.47	45.00	53.43	63.11	107.48
2	0.143	Rn	5.65	7.60	9.22	11.70	13.89	16.40	27.94
3	0.100	Rn	3.97	5.33	6.47	8.20	9.74	11.51	19.60
4	0.080	Rn	3.16	4.24	5.15	6.53	7.76	9.16	15.60
5	0.067	Rn	2.67	3.58	4.35	5.52	6.55	7.74	13.17
6	0.059	Rn	2.33	3.13	3.80	4.82	5.72	6.76	11.52

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

D. Hidrograf Satuan

Waktu Konsentrasi

untuk $L > 15 \text{ km}$

$$T_g = 0,4 + 0,058 L$$

$$= 2.5 \text{ jam}$$

$$= 3.0 \text{ jam}$$

$$\alpha = (0.47 (A.L)^{0.25})/T_g$$

$$= 0.89$$

dipakai = 1.5

$$T_r = 0.5 T_g$$

$$= 1.5 \text{ jam}$$

$$= 2.0 \text{ jam}$$

$$T_p = T_g + 0.8 T_r$$

$$= 4.6 \text{ jam}$$

= 5.0 jam

$$T_{0.3} = a \times T_g$$

$$= 4.5 \text{ jam}$$

$$= 5.0 \text{ jam}$$

Mencari nilai debit maksimum

$$Q_p = (A \cdot R_o) / 3.6(0.3 T_p + T_{0.3})$$

$$= 7.076 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Menentukan Ordinat Kurva

($0 < t < T_p$)

$$t = 0 - 5.0 \text{ jam}$$

$$Q_a = Q_p \times (t/t_p)^{2.4}$$

($T_p < t < T_p + T_{0.3}$)

$$t = 5.1 - 10.0 \text{ jam}$$

$$Q_d = Q_p \times 0.3^{(t-T_p)/T_{0.3}}$$

($T_p + T_{0.3} < t < T_p + T_{0.3} + 0.5 T_{0.3}$)

$$t = 10.1 - 13.0 \text{ jam}$$

$$Q_d = Q_p \times 0.3^{((t-T_p) + (0.5 T_{0.3} / 1.5 \times T_{0.3}))}$$

$t > T_p + T_{0.3} + 0.5 T_{0.3}$

$$t > 13.1 \text{ jam}$$

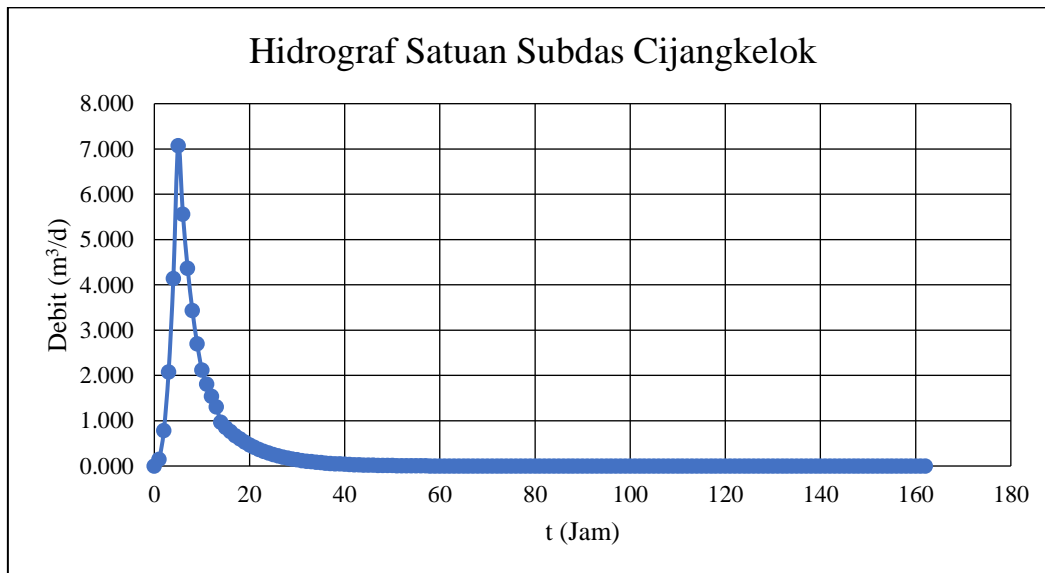
$$Q_d = Q_p \times 0,3^{((t-T_p) + (1.5T_0.3/2 \times T_0.3))}$$

Perhitungan selanjutnya akan di tampilkan dalam Tabel 4.26.

Tabel 4-28 Hidrograf Satuan Subdas Cijangkelok

t	HS (m3/dt)	t	HS (m3/dt)	t	HS (m3/dt)	t	HS (m3/dt)	t	HS (m3/dt)	t	HS (m3/dt)	t	HS (m3/dt)	t	HS (m3/dt)
0	0.00	21	0.42	42	0.033	63	0.0027	84	0.00021	105	0.000017	126	0.0000014	147	0.00000011
1	0.15	22	0.37	43	0.030	64	0.0024	85	0.00019	106	0.000015	127	0.0000012	148	0.00000010
2	0.78	23	0.33	44	0.026	65	0.0021	86	0.00017	107	0.000013	128	0.0000011	149	0.00000008
3	2.08	24	0.29	45	0.023	66	0.0019	87	0.00015	108	0.000012	129	0.0000009	150	0.00000008
4	4.14	25	0.26	46	0.021	67	0.0016	88	0.00013	109	0.000010	130	0.0000008	151	0.00000007
5	7.08	26	0.23	47	0.018	68	0.0015	89	0.00012	110	0.000009	131	0.0000007	152	0.00000006
6	5.56	27	0.20	48	0.016	69	0.0013	90	0.00010	111	0.000008	132	0.0000007	153	0.00000005
7	4.37	28	0.18	49	0.014	70	0.0011	91	0.00009	112	0.000007	133	0.0000006	154	0.00000005
8	3.44	29	0.16	50	0.013	71	0.0010	92	0.00008	113	0.000006	134	0.0000005	155	0.00000004
9	2.70	30	0.14	51	0.011	72	0.0009	93	0.00007	114	0.000006	135	0.0000005	156	0.00000004
10	2.12	31	0.13	52	0.010	73	0.0008	94	0.00006	115	0.000005	136	0.0000004	157	0.00000003
11	1.81	32	0.11	53	0.009	74	0.0007	95	0.00006	116	0.000005	137	0.0000004	158	0.00000003
12	1.54	33	0.10	54	0.008	75	0.0006	96	0.00005	117	0.000004	138	0.0000003	159	0.00000003
13	1.31	34	0.09	55	0.007	76	0.0006	97	0.00004	118	0.000004	139	0.0000003	160	0.00000002
14	0.97	35	0.08	56	0.006	77	0.0005	98	0.00004	119	0.000003	140	0.0000003	161	0.00000002
15	0.86	36	0.07	57	0.005	78	0.0004	99	0.00003	120	0.000003	141	0.0000002	162	0.00000002
16	0.76	37	0.06	58	0.005	79	0.0004	100	0.00003	121	0.000002	142	0.0000002		
17	0.68	38	0.05	59	0.004	80	0.0003	101	0.00003	122	0.000002	143	0.0000002		
18	0.60	39	0.05	60	0.004	81	0.0003	102	0.00002	123	0.000002	144	0.0000002		
19	0.53	40	0.04	61	0.003	82	0.0003	103	0.00002	124	0.000002	145	0.0000001		
20	0.47	41	0.04	62	0.003	83	0.0002	104	0.00002	125	0.000002	146	0.0000001		

Sumber: Hasil perhitungan, 2020



Gambar 4-14 Grafik Hidrograf Satuan Subdas Cijangkelok

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

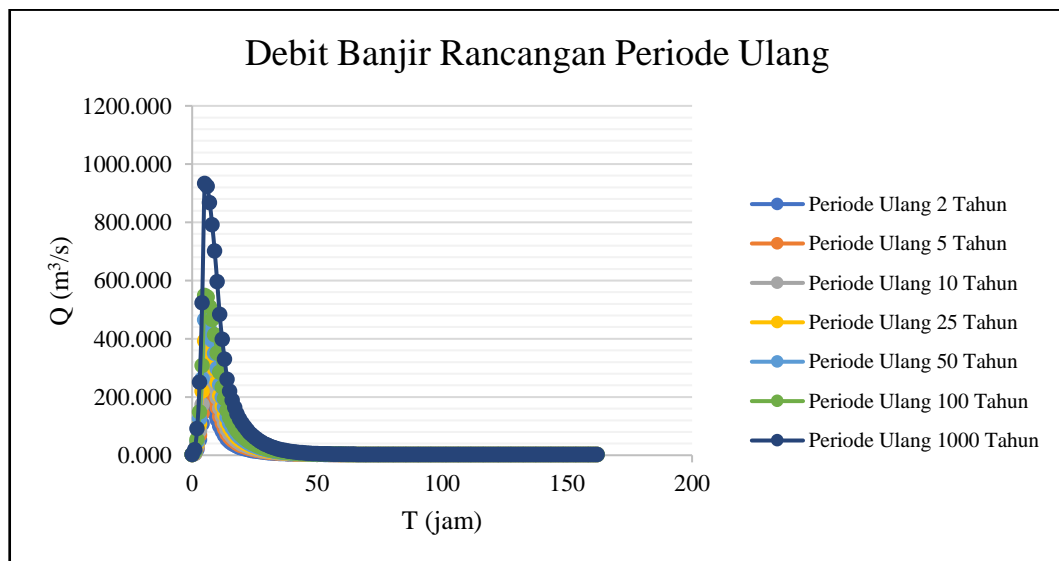
E. Banjir Rancangan Periode Ulang

Setelah mendapatkan hidrograf satuan, kemudian dilanjutkan dengan menghitung debit banjir rancangan untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, dan 1000 tahun. Perhitungan debit rancangan periode ulang ini dibuat hingga jam ke 162 sesuai dengan time interval dalam running model (terlampir pada lampiran).

Tabel 4-29 Banjir Rancangan Periode Ulang Sub DAS Cijangkelok

Kala Ulang	Q Peak (m ³ /s)
2	191.515
5	256.248
10	310.353
25	392.906
50	465.930
100	549.839
1000	934.134

Sumber: Hasil perhitungan, 2020



Gambar 4-15 Grafik Hidrograf Banjir Rancangan Subdas Cijangkelok

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Berdasarkan HSS Sintetis Nakayasu didapat debit banjir rancangan untuk periode 2 tahun sebesar 191.515 m³/d, periode 5 tahun sebesar 256.248 m³/d, periode 10 tahun sebesar 310.353 m³/d, periode 25 tahun sebesar 392.906 m³/d, periode 50

tahun sebesar 465.930 m³/d, periode 100 tahun sebesar 549.839 m³/d, dan periode 1000 tahun sebesar 934.134 m³/d.

4.8 **Analisa Hidrolika**

Pada penelitian ini analisa hidrolika diperlukan untuk mengetahui apakah kapasitas saluran eksisting Sungai Cisanggarung dan Sungai Cijangkelok mampu menerima debit banjir rencana.

Analisa hidrolika pada penelitian ini dibagi menjadi 2 tahap, yaitu

1. Analisa penampang Sungai Cisanggarung dan Sungai Cijangkelok
2. Analisa luas, kedalaman dan kecepatan banjir dari hasil pemodelan.

Pada penelitian ini, semua tahapan analisa hidrolika sungai Cisanggarung dan sungai Cijangkelok akan dilakukan dengan menggunakan program bantu Mike Flood yang merupakan coupling dari Mike 11 (1D) dan Mike 21 (2D).

4.8.1 **Modul MIKE 11**

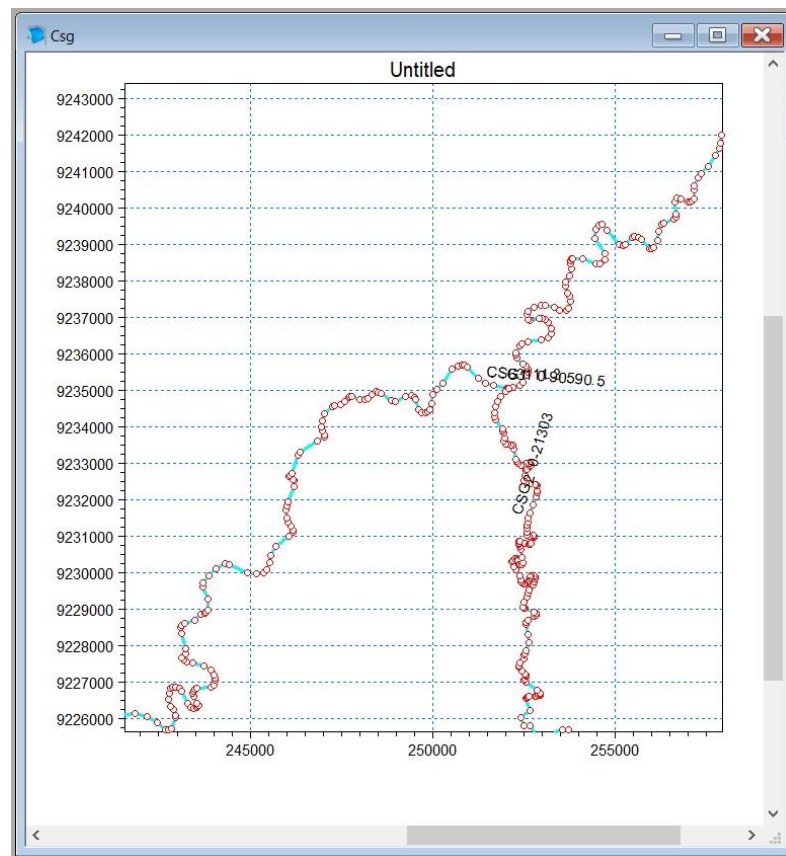
MIKE 11 dapat membuat simulasi aliran seperti kuatas air, sedimen transpor, sungai, sistem irigasi, saluran, dan lain-lain. Pada modul ini menggunakan aliran 1 dimensi untuk menganalisa, mendesain, mengatur dan mengoperasikan bentuk sungai dan sistem drainase secara kompleks. Pada penelitian ini akan menganalisa dan melakukan pengamatan profil dari masing-masing sungai dengan aliran 1D.

Analisa penampang eksisting menggunakan program bantu MIKE 11 dilakukan dengan memasukkan data cross section beserta data debit banjir yang telah dihitung sebelumnya dengan menggunakan metode Nakayasu. Data debit yaitu debit yang masuk ke Sungai Cisanggarung dan Sungai Cijangkelok dengan periode ulang 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan kapasitas dari setiap penampang sungai pada setiap kondisi. Dengan diketahuinya kemampuan sungai pada kondisi ekstrim maka akan menjadi dasar evaluasi apabila terjadi luapan yang menandakan penampang tidak bisa menampung debit yang ada. Berikut adalah tahapan yang dilakukan untuk menganalisa dan membuat simulasi aliran 1D untuk masing-masing sungai menggunakan MIKE 11.

1. Penyiapan Data Network Sungai

Ditahap ini menyiapkan data network sungai dan data profil melintangnya yang sudah di olah di program bantu GIS. Data yang di hasilkan dari program bantu GIS adalah berupa geometrik sungai dalam bentuk shp sedangkan profil melintang dari masing-masing sungai berupa elevasi dan jarak antar stasiun berupa excel. Data network sungai ini harus mengisi data koordinat sesuai lokasi menggunakan proyeksi koordinat UTM.

Untuk mengekspor data profil sungai dari GIS menggunakan modul MIKE Zero, lalu masuk ke MIKE zero Toolbox dan pilih submenu GIS lalu pilih MIKE 2Grid. Setelah itu akan tampil seperti pada Gambar 4.16.



Gambar 4-16 Network Sungai Cisanggarung dan Sungai Cijangkelok

Pada Gambar 4.16 ini awalnya berupa titik-titik yang masuk dalam jaringan, lalu langkah selanjutnya mendefinisikan branch atau sungai. Pendefinisian branch ini dilakukan dari arah hulu ke hilir menggunakan icon Auto Route Branch atau dengan Define Branch.

Branch bisa digunakan untuk menghubungkan 2 sungai atau lebih, dalam penelitian ini menghubungkan Sungai Cisanggarung dan Sungai Cijangkalok. Setelah itu data-data point yg telah jadi pada network, Chainage Type –nya dirubah menjadi User Defined pada ujung-ujung jaringan sungai dan pertemuan dengan titik pertemuan dengan sungai lain.

2. Penyiapan Data Cross Sungai

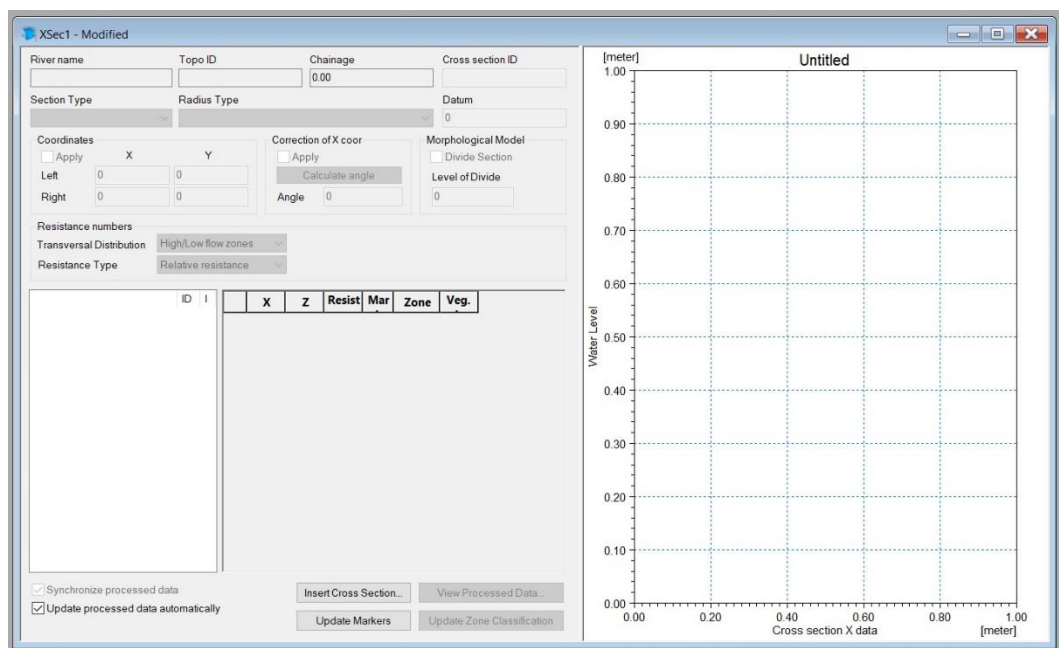
Data cross atau profil melintang dari sungai Cisanggarung, sumber data berasal dari DEM, untuk mendapatkan data cross section, data di olah dengan menggunakan fasilitas yang ada pada aplikasi GIS yaitu, *Path Profile*. Yang selanjutnya path profile di export ke bentuk file .csv dan dirubah kedalam format excel bisa dilihat pada Gambar 4.17

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	ID	X	Y	Elevation	Distance (Segn	Distance 1	Distance 2	Distance 3	Distance 3	Slope (Deg	Slope (Per	Segment Index
2	1	108.6768	-6.96986	43.66	0	0	0	0	-	-	-	1
3	2	108.6768	-6.96986	43.573	0.3704	0.3704	0.3806	0.3806	13.3	23.60%	1	
4	3	108.6768	-6.96987	43.485	0.3704	0.741	0.3806	0.761	13.3	23.60%	1	
5	4	108.6768	-6.96987	43.398	0.3704	1.111	0.3806	1.142	13.3	23.60%	1	
6	5	108.6768	-6.96987	43.31	0.3704	1.482	0.3806	1.522	13.3	23.60%	1	
7	6	108.6768	-6.96988	43.223	0.3704	1.852	0.3806	1.903	13.3	23.60%	1	
8	7	108.6768	-6.96988	43.135	0.3704	2.222	0.3806	2.284	13.3	23.60%	1	
9	8	108.6768	-6.96988	43.048	0.3704	2.593	0.3806	2.664	13.3	23.60%	1	
10	9	108.6768	-6.96989	42.961	0.3704	2.963	0.3806	3.045	13.3	23.60%	1	
11	10	108.6768	-6.96989	42.873	0.3704	3.334	0.3806	3.425	13.3	23.60%	1	
12	11	108.6768	-6.96989	42.786	0.3704	3.704	0.3806	3.806	13.3	23.60%	1	
13	12	108.6768	-6.9699	42.698	0.3704	4.074	0.3806	4.186	13.3	23.60%	1	
14	13	108.6768	-6.9699	42.611	0.3704	4.445	0.3806	4.567	13.3	23.60%	1	
15	14	108.6768	-6.9699	42.523	0.3704	4.815	0.3806	4.948	13.3	23.60%	1	
16	15	108.6768	-6.96991	42.436	0.3704	5.186	0.3806	5.328	13.3	23.60%	1	
17	16	108.6768	-6.96991	42.348	0.3704	5.556	0.3806	5.709	13.3	23.60%	1	
18	17	108.6768	-6.96991	42.261	0.3704	5.926	0.3806	6.089	13.3	23.60%	1	
19	18	108.6768	-6.96992	42.173	0.3704	6.297	0.3806	6.47	13.3	23.60%	1	
20	19	108.6768	-6.96992	42.086	0.3704	6.667	0.3806	6.851	13.3	23.60%	1	
21	20	108.6768	-6.96992	41.999	0.3704	7.038	0.3806	7.231	13.3	23.60%	1	
22	21	108.6768	-6.96993	41.911	0.3704	7.408	0.3806	7.612	13.3	23.60%	1	
23	22	108.6768	-6.96993	41.824	0.3704	7.779	0.3806	7.992	13.3	23.60%	1	
24	23	108.6768	-6.96993	41.736	0.3704	8.149	0.3806	8.373	13.3	23.60%	1	
25	24	108.6768	-6.96994	41.649	0.3704	8.519	0.3806	8.754	13.3	23.60%	1	
26	25	108.6768	-6.96994	41.561	0.3704	8.89	0.3806	9.134	13.3	23.60%	1	
27	26	108.6768	-6.96994	41.474	0.3704	9.26	0.3806	9.515	13.3	23.60%	1	
28	27	108.6768	-6.96995	41.386	0.3704	9.631	0.3806	9.895	13.3	23.60%	1	
29	28	108.6768	-6.96995	41.299	0.3704	10.001	0.3806	10.276	13.3	23.60%	1	

Gambar 4-17 Data Cross Section Sungai Cisanggarung
Sumber: konversi data DEM

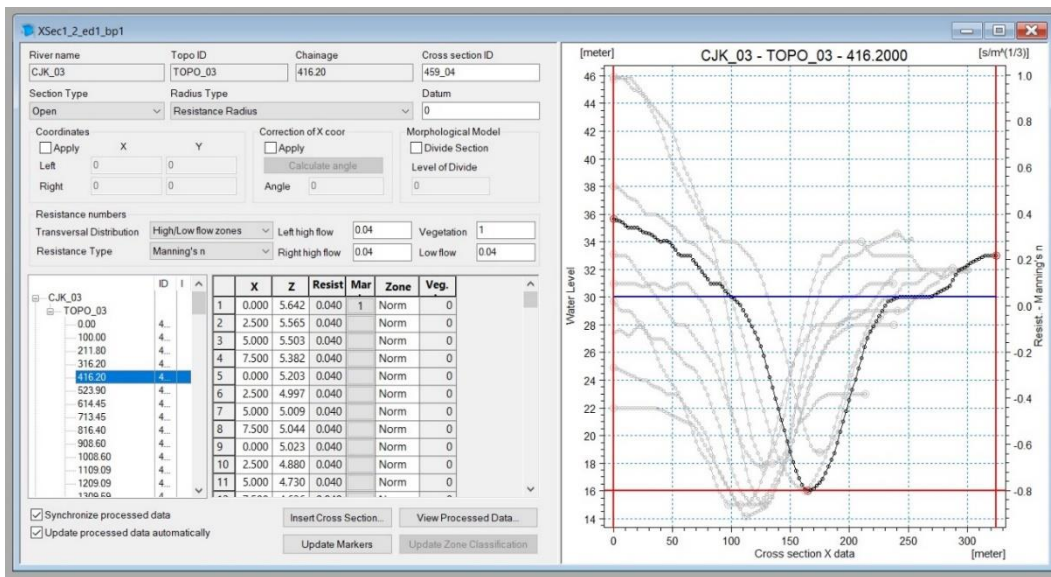
Setelah data cross untuk jarak datar dan elevasi sudah diketahui, maka lanjutkan dengan input data cross tadi ke program Mike 11.

Tahapan awal yaitu memasukkan data cross section, klik kanan pada poin dimana cross section tersebut berada pada network sungai. Setelah itu akan tampil form data cross seperti pada Gambar 4.18, maka dapat memasukkan nama cross lalu dimasukkan data cross x-z. Proses inputnya dapat menggunakan fasilitas copy paste dari excel.



Gambar 4-18 Form data Cross Section

Setelah itu pengisian data cross section berupa River Name, Topo ID, Chainage dan Cross Section ID sesuai dengan input River Network sebelumnya. Jika semua penampang cross telah diinputkan pada program Mike11, menentukan koefisien kekasaran pada setiap penampang. Untuk menentukan koefisien kekasaran pada penampang dapat diganti Resistance Type seperti Manning, Chazy atau Darcy, dan nilainya pada masing-masing posisi penampang. Pada penelitian ini koefisien kekasaran (n) untuk Sungai Cisanggarung dan Sungai Cijangkelok adalah 0,04 dengan tanggul kiri, kanan, dan dasar sungai berupa saluran atau sungai alam bersih dan berkelok-kelok.



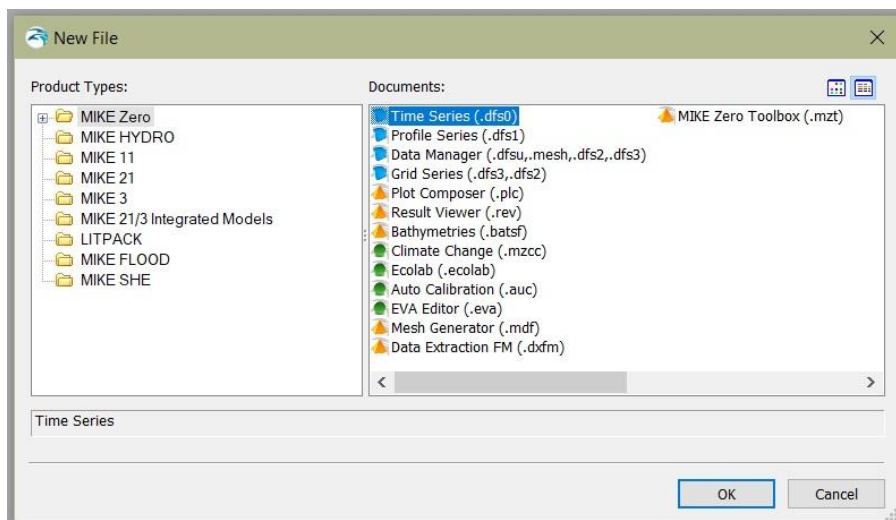
Gambar 4-19 Data Cross Section Sungai Cijangkelok

Pada Gambar 4-19 menunjukkan data cross section yang sudah di input di MIKE 11 dan berada di Sungai Cijangkelok.

3. Penyiapan Data Hidrologi

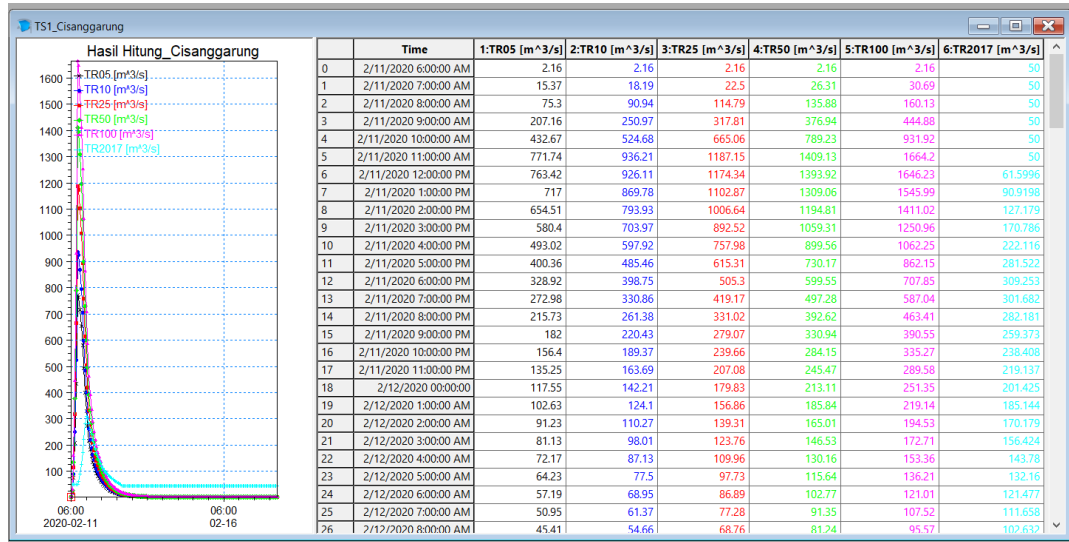
Data hidrologi yang digunakan adalah data debit banjir rencana dengan masing-masing periode ulang yang direncanakan. Pada tahapan ini melakukan penginputan data debit inflow dengan memperhatikan waktu awal data, beda waktu antar data ke-n dan ke n+1, dan jumlah data dari masing-masing periode.

Pada MIKE Zero, memilih Time Series untuk menginput data debit dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4-20 Time Series di MIKE Zero

Memasukkan data pada file time series yang telah dibuat, data dapat dimasukkan dengan cara diketik langsung atau dengan menggunakan fasilitas copy-paste data dari spreadsheet. Data pada file time series ini ditampilkan secara grafis dan tabel pada Gambar 4.21.



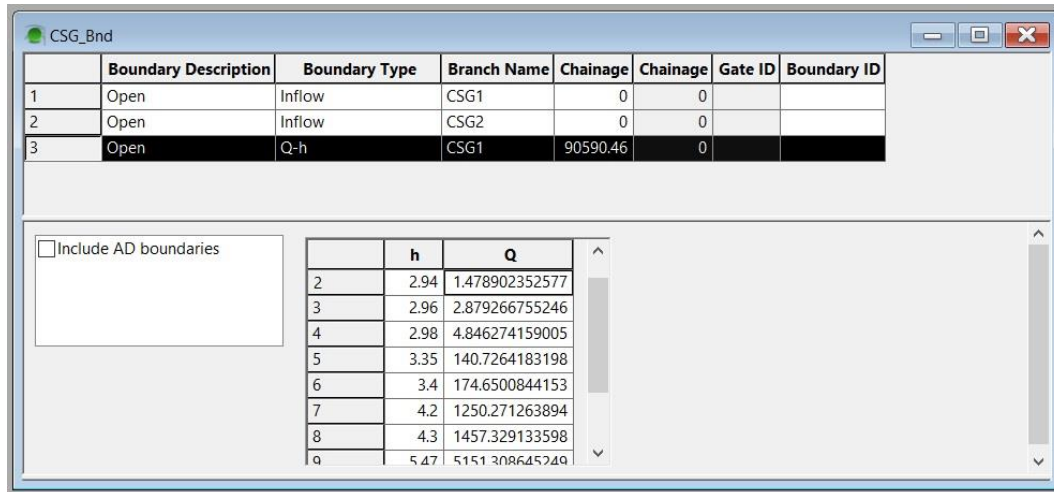
Gambar 4-21 Hidrograf masing-masing periode ulang di Sungai Cisanggarung
Sumber: Simulasi Mike

Pada Gambar 4.21 waktu dalam simulasi menunjukkan bahwa pada jam 11am, tanggal 11 Februari 2020 terjadi debit puncak di Sungai Cisanggarung, di periode ulang 5 tahun memiliki debit 771,74 m³/det, di periode ulang 10 tahun memiliki debit 936,21 m³/det, di periode ulang 25 tahun memiliki debit 1187,15 m³/det, di periode ulang 50 tahun memiliki debit 1409,13 m³/det, di periode ulang 100 tahun memiliki debit 1664,2 m³/det, Maka dari masing-masing debit banjir dengan periode ulang akan dimodelkan untuk mengetahui luas genangan dan profil muka air di setiap penampang sungai.

4. Kondisi Batas/Boundary Condition

Dalam peniruan hidraulika ini dapat di lihat dari kondisi aliran di lokasi, pada kasus ini di gunakan aliran tidak permanen. Data aliran yang diperlukan dalam hitungan aliran tidak permanen (unsteady flow) ini adalah debit di batas hulu serta elevasi muka air di batas hilir.

Pada tahapan ini setup boundary file yang mendefinisikan file-file time series yang digunakan sebagai boundary dengan cara data time series dipilih jenis open dapat dilihat pada Gambar 4.22. Untuk boundary berupa debit inflow dipilih inflow sedangkan untuk muka air dipilih surface water dan bila yang diketahui adalah Q dipilih Water Level.

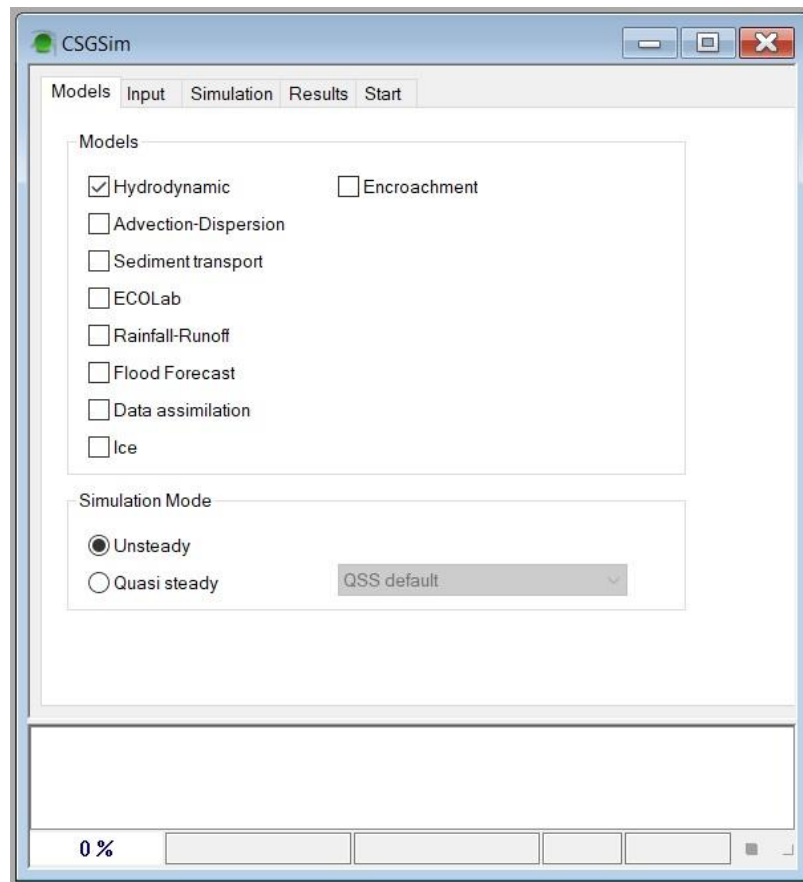


Gambar 4-22 Penentuan jenis Boundary

Pada Gambar 4.22 menjelaskan bahwa jenis boundary ada beberapa macam yang harus disesuaikan dengan jenis data hidrologi/time series yang telah dibuat pada langkah sebelumnya. Inflow adalah debit banjir di hulu suatu sungai, dan Water Level, adalah elevasi muka air di penampang paling hilir sungai (bisa pasang surut ataupun data elevasi hasil observasi).

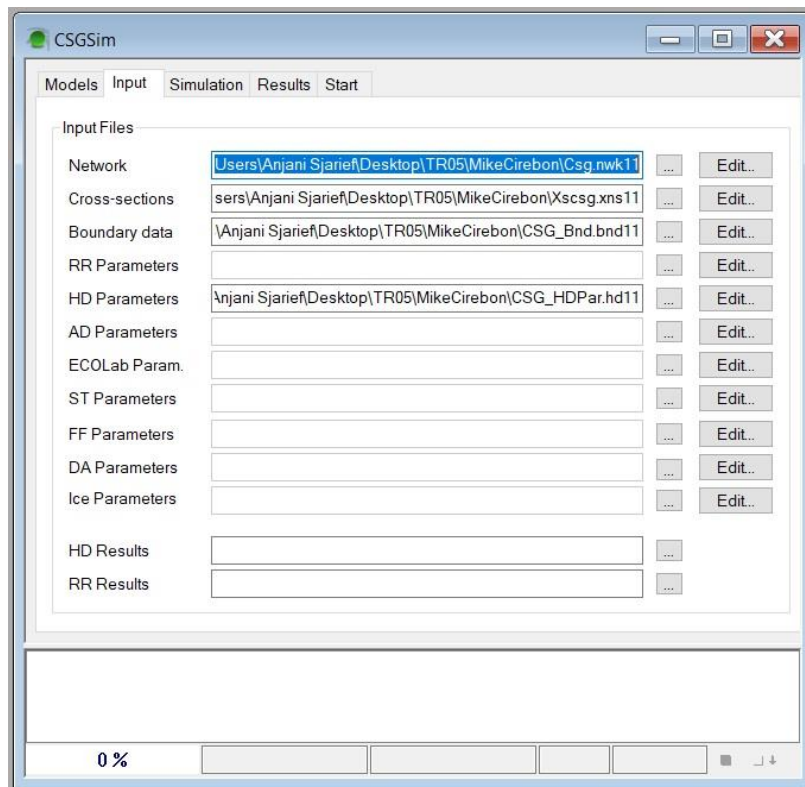
5. Setup Model Simulasi

Setup model ini mendefinisikan jenis pemodelan dan mode simulasi yang akan dilaksanakan berupa jenis simulasi adalah hidrodinamik dan mode simulasi adalah unsteady pada Gambar 4.23.



Gambar 4-23 Setup Model Mike 11

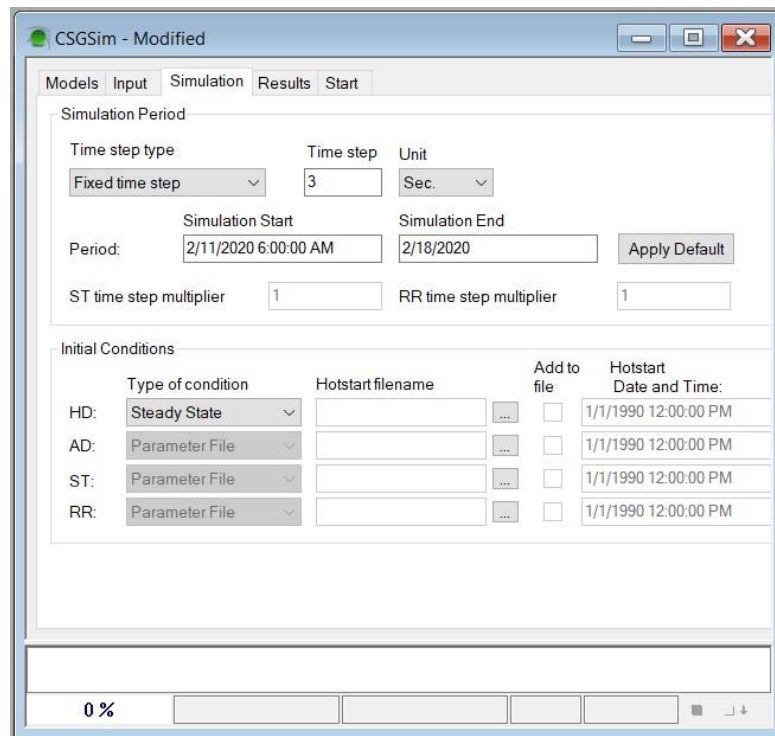
Untuk pemodelan hydrodynamic pada Gambar 4.24 ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan input file seperti data jaringan sungai, data penampang melintang sungai, data kondisi batas simulasi, data parameter hidrodinamik.



Gambar 4-24 Setup File Input

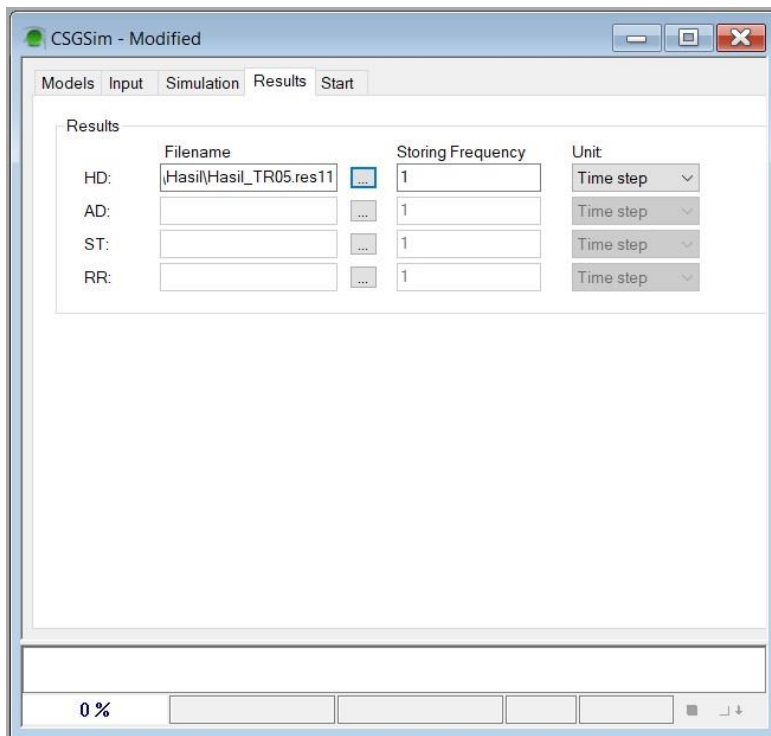
Adapun juga menu simulation property yang digunakan untuk mengatur dan mengisi data Time Step Type, Time Step untuk mengukur waktu per step. Kondisi awal (initial condition) didapatkan dari data hasil survey atau observasi lapangan untuk memperkirakan ketinggian muka air rata-rata di saluran. Kondisi awal ini di masukkan sebagai data masukan. Untuk penentuan debit pada saat kondisi awal adalah pada saat musim kemarau yaitu dengan melihat kedalaman air rata-rata yang ada di sungai.

Untuk simulation date nya di apply default namun diperhatikan waktunya harus disesuaikan dengan data hidrologi pada file time series. Jika time stepnya semakin kecil, maka simulasi aka lebih detail dan runningnya akan lebih lama. Pada penelitian ini menggunakan time step 10 detik dapat dilihat pada Gambar 4.25.



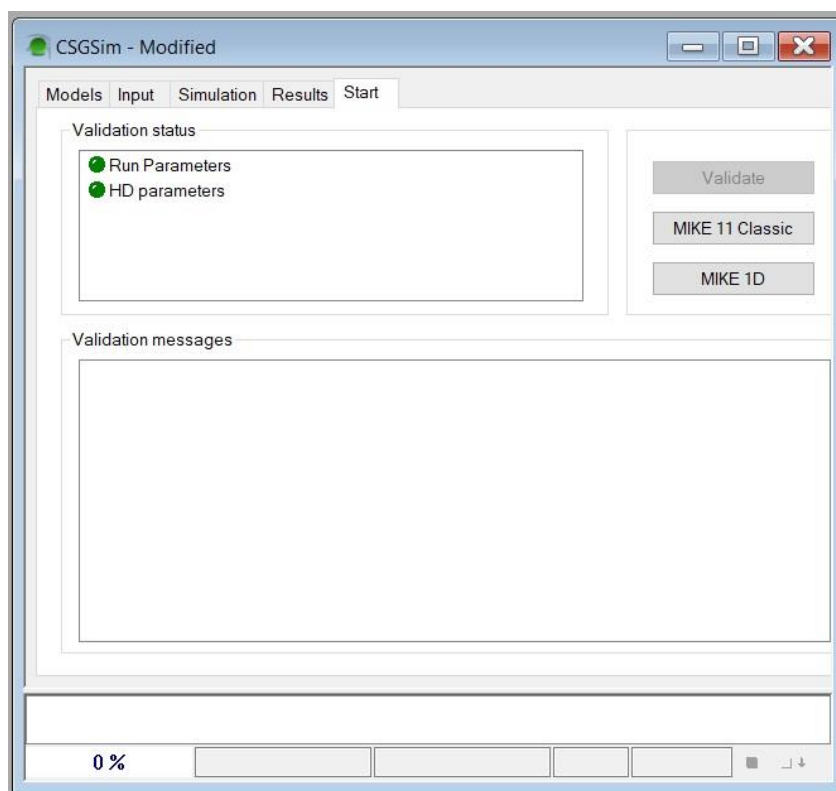
Gambar 4-25 Simulation Property

Setelah semua data sudah di input dan sudah di setting menyesuaikan data yang sudah disediakan. Maka selanjutnya menentukan lokasi penyimpanan file untuk menyimpan hasil simulasi. Pada langkah ini perlu diperhatikan untuk storing frekuensi yaitu angka yang menentukan time series hasil simulasi yang akan ditampilkan. Pada penelitian ini menggunakan storing frequency 3 time step dapat dilihat pada Gambar 4.26.



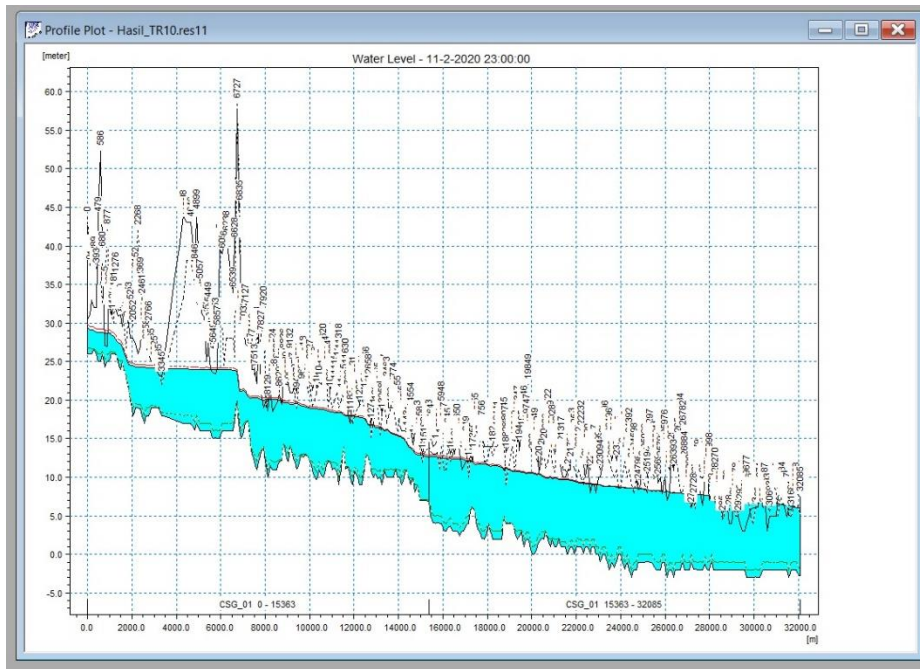
Gambar 4-26 Tempat penyimpanann hasil simulasi

Jika semua prosesnya sudah dilakukan, maka selanjutnya running simulasi hidrodinamik di MIKE 11 maka akan tampil seperti pada Gambar 4.27. Apabila semua data input telah sesuai dengan permintaan dan setup telah benar maka pada box validation status akan berwarna hijau. Dan perlu diperhatikan juga jika terjadi kesalahan pada saat running terdapat pesan error dan berwarna merah atau kuning. Jika terjadi error pada saat running, maka harus dilakukan pengecekan ulang pada model dimulai dari data maupun penginputan data yang dimasukkan ke dalam MIKE 11.



Gambar 4-27 Running Simulasi Mike 11

Pada Gambar 4.28 menjelaskan potongan memanjang Cisanggarung dengan periode ulang 10 tahun dan dapat dilihat bahwa pada kondisi sungai eksisting, ada beberapa profil (cross section) yang telah melebihi tinggi tanggul kiri dan tanggul kanan sehingga dapat dikatakan penampang Sungai Cisanggarung tidak mampu menampung debit banjir dengan periode ulang 10 tahun sehingga terjadi luapan. Kondisi ini sesuai dengan kondisi di lapangan dimana pada saat Sungai Cisanggarung terjadi banjir pada saat hujan deras.



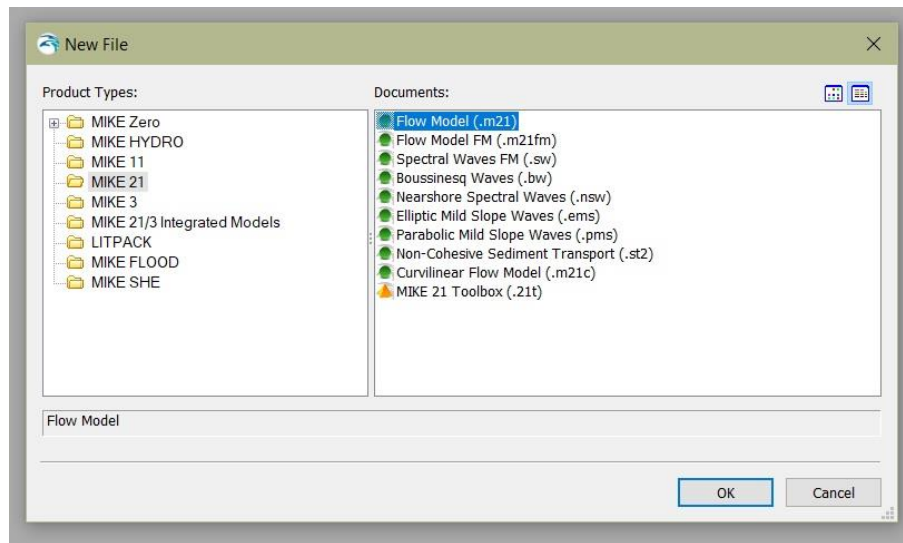
Gambar 4-28 Profil Memanjang Sungai Cisanggarung

4.8.2 Modul Mike 21

MIKE 21 dapat membuat simulasi aliran 2D dengan menganalisa genangan air pada suatu wilayah. Maka data yang perlu disediakan adalah peta Topografi yang digunakan sebagai wadah untuk membuat wadah simulasi banjir. Data DEM dapat digunakan sebagai bathimetri yang sebelumnya data di rubah terlebih dahulu menjadi file ascii dan pembuatan grid menentukan keberhasilan model. Modul MIKE 21 menunjukkan simulasi kondisi hidrolis berupa kedalaman air, kecepatan, dan lain-lain pada dataran banjir.

Untuk menganalisa banjir menggunakan MIKE 21, adapun tahapan atau proses dalam pembuatan simulasi yaitu:

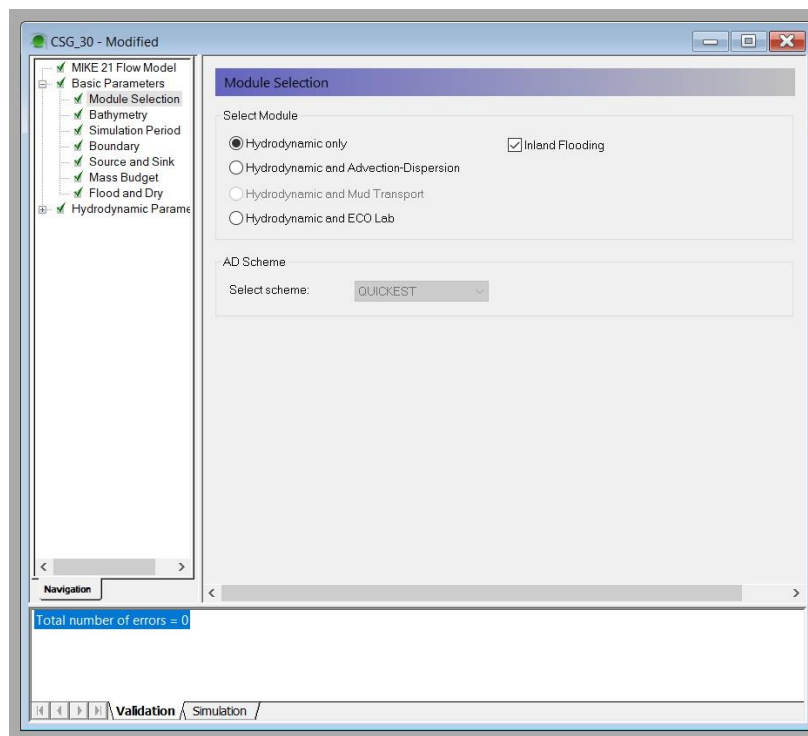
1. Membuat file baru di MIKE 21 seperti pada Gambar 4.29.



Gambar 4-29 New Project MIKE 21

Sumber: MIKE 21

2. Membuat simulasi banjir menggunakan modul hidrodinamik yaitu memilih module selection dan hydrodynamic only seperti pada Gambar 4.30.

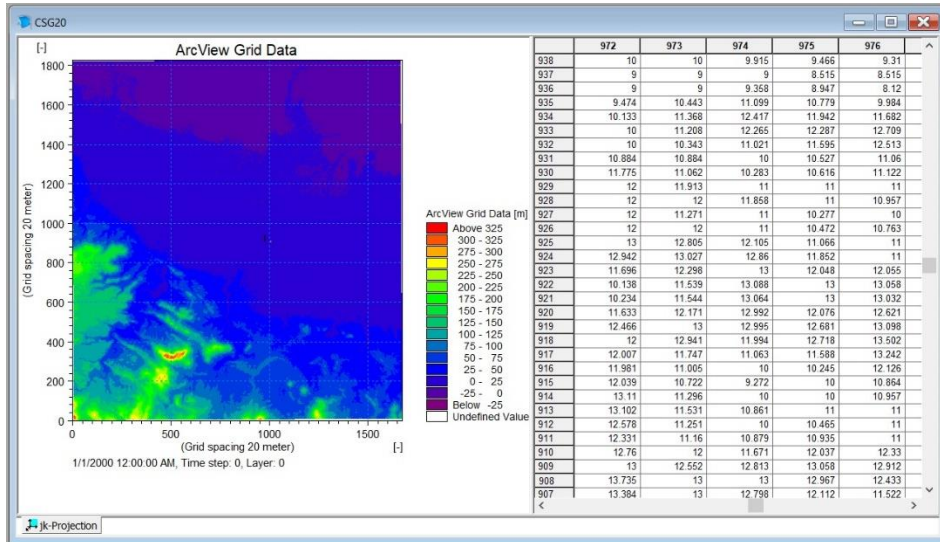


Gambar 4-30 Modul Selection MIKE 21

Sumber: MIKE 21

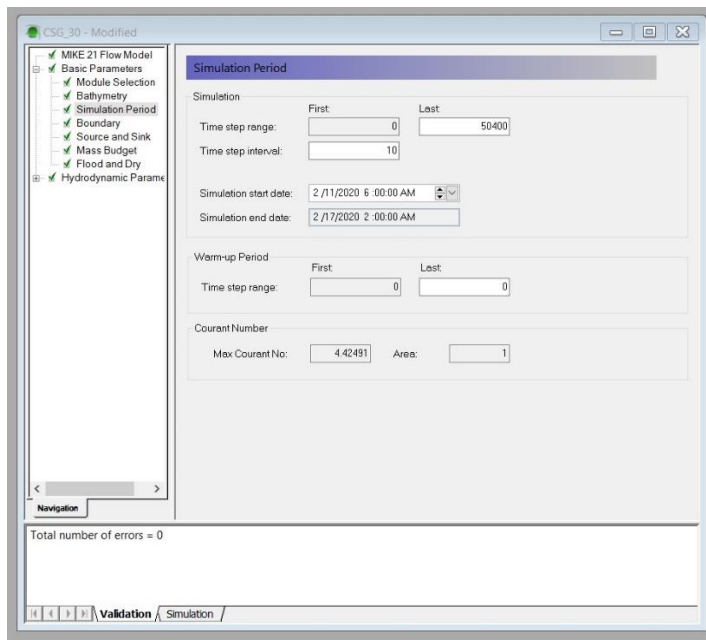
3. Menyiapkan data bathymetry atau data topografi. Lalu membuat waktu simulasi dengan menentukan awal simulasi dan jumlah interval time step.

Data bathymetry yang digunakan merupakan data DEM yang di rubah formatnya menjadi ascii. Lalu dengan menggunakan Mike zero tools box, file ascii di rubah menjadi grid. Dalam menentukan grid yang digunakan, dapat diatur dengan bantuan aplikasi Global Mapper.



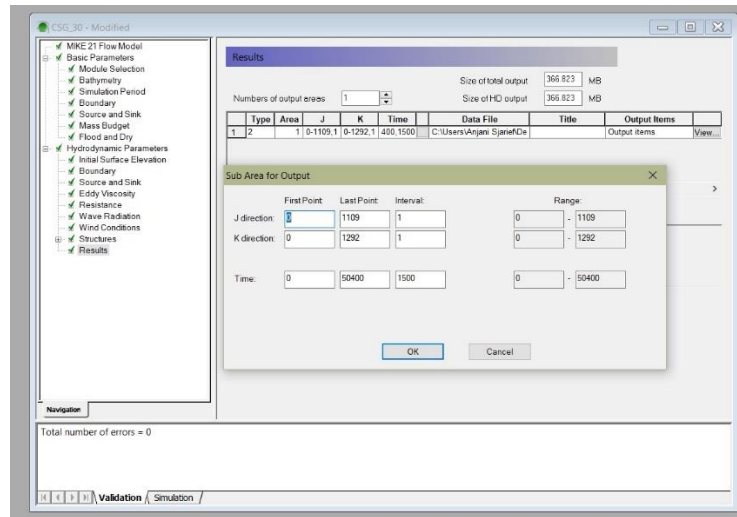
Gambar 4-31 Bathymetri hasil konversi dari data DEM

- Perlu memperhatikan waktu simulasi harus sama dengan waktu simulasi pada modul MIKE 11 yang sudah dibuat sebelumnya seperti pada Gambar 4.32.



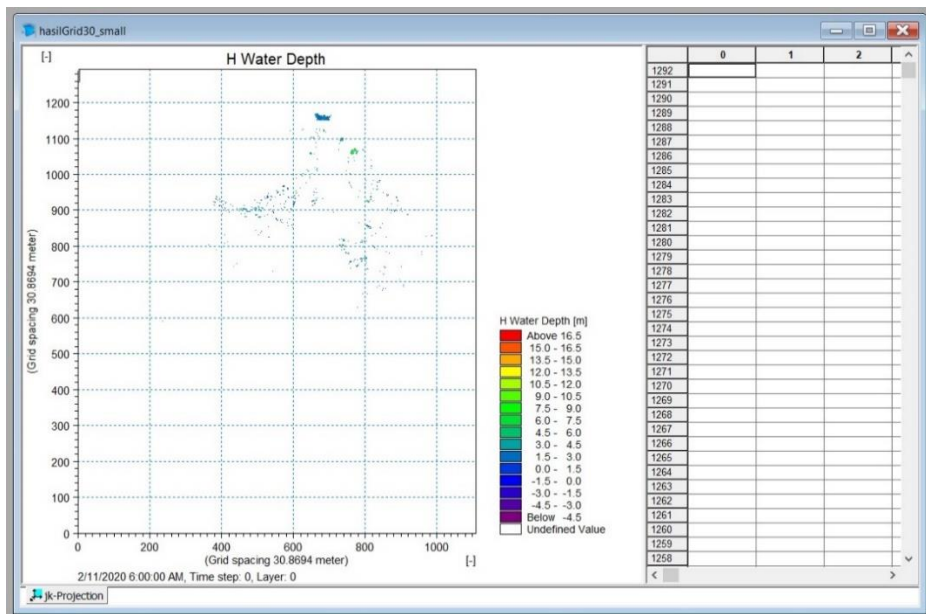
Gambar 4-32 Setting Simulation Period
Sumber: MIKE 21

- Melakukan pengisian data pada Hydrodynamic Parameters, dengan memperhatikan kondisi awal elevasi muka air, memperhatikan boundary condition, memperhatikan koefisien kekasaran topografi yang didefinisikan sebagai Resistance. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.33.



Gambar 4-33 Simulation Period
Sumber: MIKE 21

- Tahap ini merupakan langkah terakhir yaitu running MIKE 21 untuk melihat hasil genangan yang berada di topografi lahan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.34 mengenai hasil simulasinya.



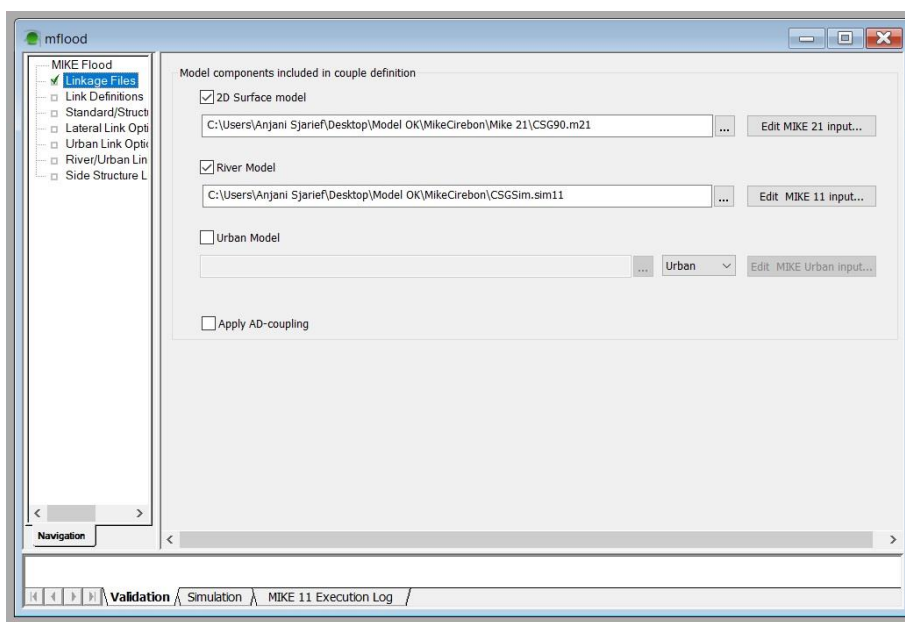
Gambar 4-34 Simulation Period
Sumber: MIKE 21

Pada Gambar 4.34 menunjukkan kedalaman air yang terjadi yang ditunjukkan dengan warna dibagian legenda

4.8.3 Modul MIKE Flood

MIKE Flood digunakan untuk menghubungkan aliran 1D di MIKE 11 dan aliran 2D MIKE 21. Dimana nanti aliran 1D yang berada di masing-masing sungai akan terhubung ke topografi lahan. Berikut adalah tahapan untuk simulasi 1D dan 2D:

1. Menghubungkan aliran 1D dan aliran 2D dengan menggunakan menu Linkage files seperti pada gambar 4.35.



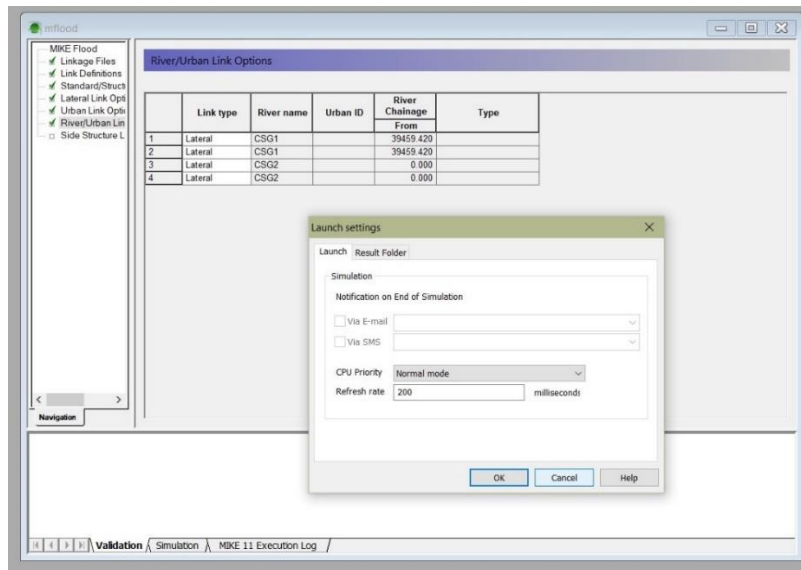
Gambar 4-35 Kombinasi 1D dan 2D

Sumber: MIKE Flood

2. Melakukan pengaturan di Lateral Link untuk tipe koneksi antara tanggul sungai dan topografi. Proses ini dilakukan ke sungai lainnya yang berpengaruh terhadap dataran banjir yang diteliti. Memastikan tanggul sungai kiri dan kanan dengan menggunakan Lateral Link. Setelah itu mengecek kembali pada Gambar 4.36 elevasi acuan pada MIKE 11 dan MIKE 21 dengan penjelasan sebagai berikut:

- HGH: air dari sungai akan dialirkan ke lahan jika elevasinya lebih tinggi dari pada elevasi tanggul (M11) dan elevasi sel (M21) pada titik link.
- MIKE 11: air dari sungai akan dialirkan ke lahan jika elevasinya lebih tinggi dari pada elevasi tanggul (M11) pada titik link.

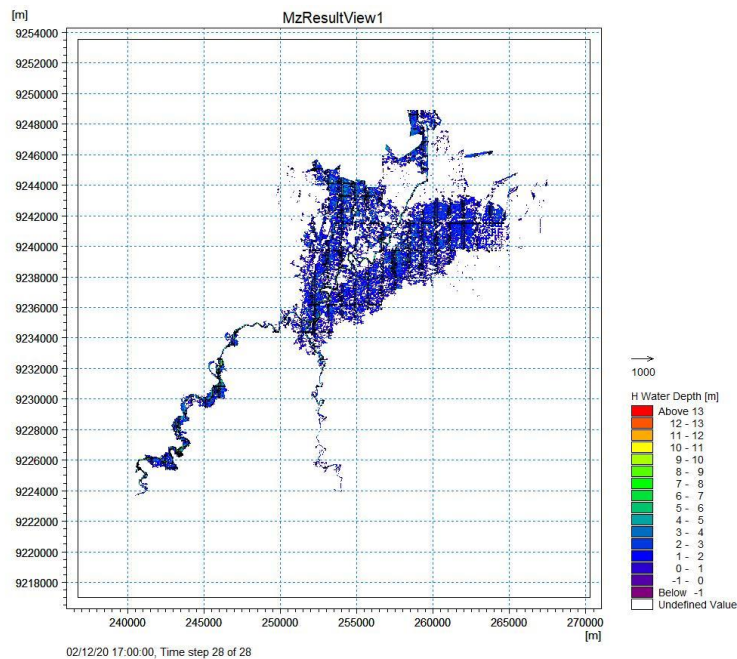
- MIKE 21: air dari sungai akan dialirkan ke lahan jika elevasinya lebih tinggi dari pada elevasi sel (M21) pada titik link.



Gambar 4-36 Running MIKE Flood

Sumber: MIKE Flood

3. Pada Gambar 4.37 adalah hasil simulasi kombinasi antara aliran 1D yaitu penampang sungai dan aliran 2D yaitu kondisi topografi lahan.



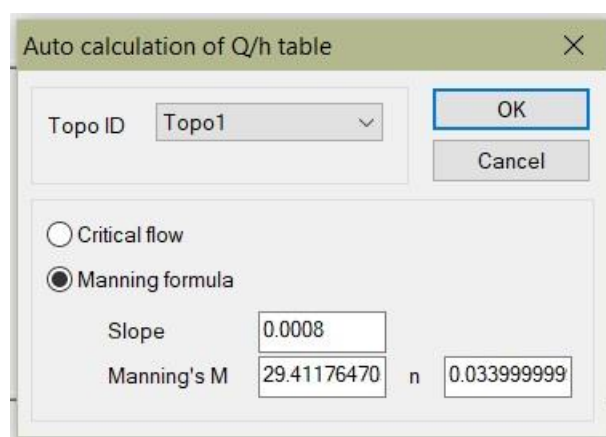
Gambar 4-37 Output di MIKE Flood

Sumber: hasil simulasi MIKE Flood

4.8.4 Simulasi Model Genangan Sungai Cisanggarung

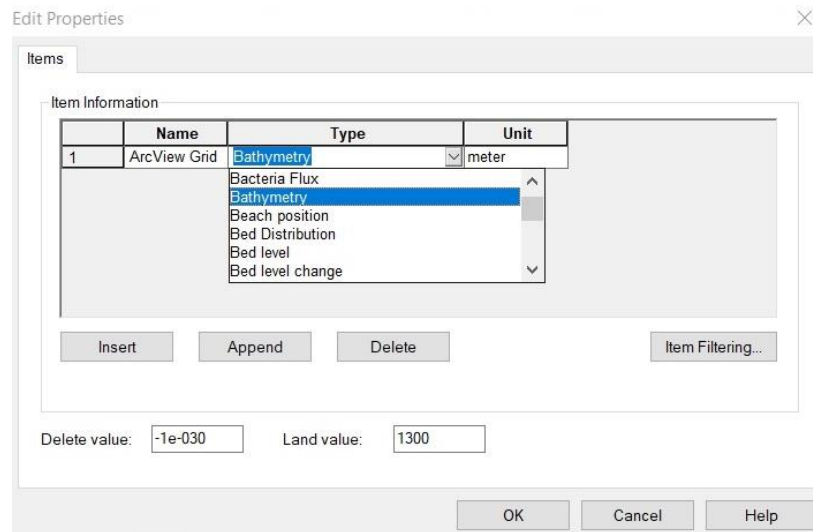
Tahapan simulasi banjir Sungai Cisanggarung dilakukan sesuai dengan *flowchart* pada Gambar 3-2. Model yang di simulasikan pada penelitian ini ada 6 skenario/kondisi yaitu pertama kejadian Banjir 2017, banjir rancangan periode ulang 100 Tahun (Q100), 50 Tahun (Q50), 25 Tahun (Q25), 10 Tahun (Q10), dan 5 Tahun (Q5).

Kondisi batas hulu pada simulasi ini menggunakan data hidrograf debit banjir yang telah dihitung (tabel 4-24 dan 4-29) sedangkan kondisi batas hilir menggunakan hubungan debit-tinggi muka air (*rating curve*). *Rating curve* sebagai batas hilir menggunakan data hasil perhitungan dari MIKE 11 dengan inputan karakteristik aliran dari cross section sungai yang disimulasikan (Gambar 4-38).



Gambar 4-38 *Rating Curve* Sungai Cisanggarung

Sebagai dataran banjir yang di proses pada MIKE21 menggunakan data DEM. DEM di olah dengan menggunakan aplikasi SIG. MIKE21 hanya dapat membaca data dalam bentuk ascii, lalu di proses menjadi grid pada MIKE. Namun untuk ukuran atau resolusi grid di proses sebelum di rubah menjadi file ascii. Grid merupakan salah satu parameter yang menunjang bagus atau tidaknya suatu model. Semakin rapat grid, model yang didapatkan semakin detail. Gambar 4-39 merupakan pengaturan grid menjadi *bathymetry*. Grid yang digunakan pada penelitian ini adalah grid 20 (20x20 meter).



Gambar 4-39 Pengaturan *Grid* menjadi *Bathymetry*

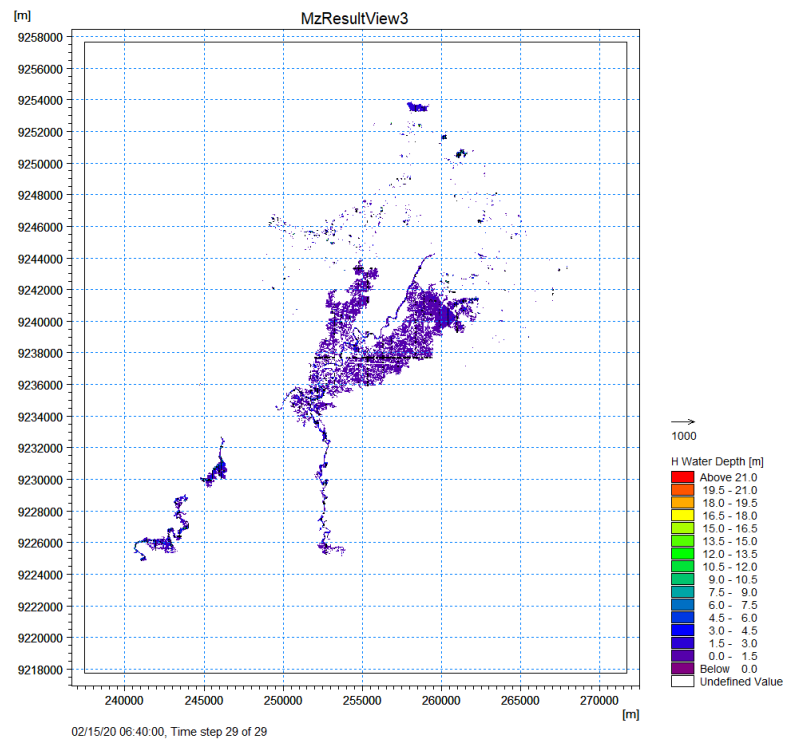
Nilai manning yang digunakan pada simulasi model genangan Sungai Cisanggarung secara global untuk dataran banjir adalah 0.4 (Haryanto, 2014) karena sepanjang Sungai Cisanggarung padat permukiman (perumahan berkelompok, terpisah-pisah, lihat gambar 4-11). Sedangkan nilai koefisien manning pada dasar sungai atau *riverbed* adalah 0.03 – 0.06 (Ven Te Chow, 1959), keadaan sungai berkelok-kelok, banyak rumput, berkerikil dan bersampah (dapat dilihat pada tabel 4-30)

Tabel 4-30 Nilai Koef. Manning (n) pada Model

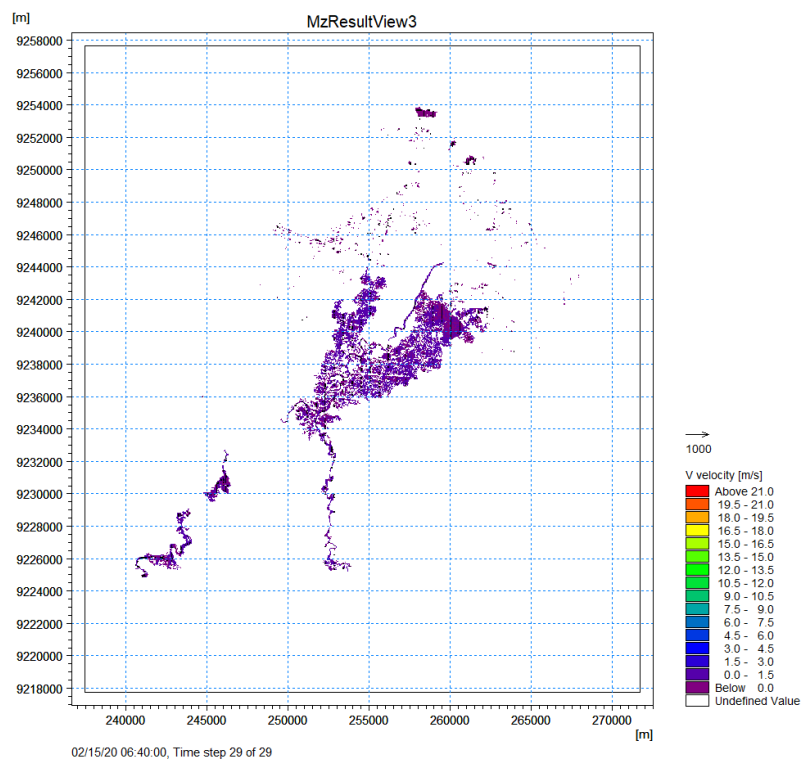
No	Lokasi Penelitian	Id Chainage	Koef. Manning (n)	Keterangan
1	Desa Jatiseeng Kidul, Kec. Ciledug, Kab. Cirebon (Lokasi 1)	CSG1_60622.9	0.06	Banyak tanaman pengganggu, sampah
2	Desa Ciledug Wetan, Kec. Ciledug, Kab. Cirebon (Lokasi 1a)	CSG1_62656.79	0.05	Banyak tanaman pengganggu
3	Desa Cihoe, Karangsambung, Kec. Losari, Kab. Brebes (Lokasi 2)	CSG2_19985.33	0.03	Bersih, berkelok-kelok, berkerikil
4	Desa Ciledug Lor, Kec. Ciledug, Kab. Cirebon (Lokasi 3)	CSG1_64492.38	0.04	Bersih dan berkelok
5	Desa Kalibuntu, Kec. Losari, Kab. Brebes (Lokasi 4)	CSG1_68218.29	0.04	Berkelok, dangkal, sedimen
6	Desa Bojongsari, Kec. Losari, Kab. Brebes (Lokasi 4a)	CSG1_70609.67	0.05	Berkelok, dangkal, tanaman pengganggu
7	Desa Losari Kidul, Kec. Losari, Kab. Brebes (Lokasi 5)	CSG1_77458.55	0.03	Lurus, berkerikil, berumput pendek-sedang

kalibrasi model dapat dilakukan dengan mengubah nilai koefisien manning saluran, namun pada penelitian ini tidak dilakukan proses kalibrasi terhadap nilai manning.

Hasil simulasi dari mike flood dapat di melihat atau dikonversi menggunakan bantuan Result Viewer dan Mike Zero tools box. Berikut hasil model genangan dengan menggunakan grid 20 untuk banjir Sungai Cisanggarung.



Gambar 4-40 Hasil Simulasi Model Kedalaman Genangan Kejadian Banjir 2017



Gambar 4-41 Hasil Simulasi Model Kecepatan Genangan Kejadian Banjir 2017

4.9 Kalibrasi

Kalibrasi bertujuan untuk mengetahui perbandingan hasil debit dan kedalaman aliran di kondisi simulasi dan kondisi di lapangan. Dari kedua data tersebut digunakan untuk mengetahui apakah data dari simulasi mendekati dengan data dari kondisi lapangan. Jika terjadi perubahan yang lumayan jauh maka terjadi kesalahan di model simulasinya. Maka harus dilakukan pengecekan ulang di model simulasi atau pengecekan waktu kalibrasi.

Data kondisi lapangan dilakukan dengan langsung survey ke lokasi penelitian atau memiliki data sekunder yang terkait dengan lokasi penelitian.

kalibrasi

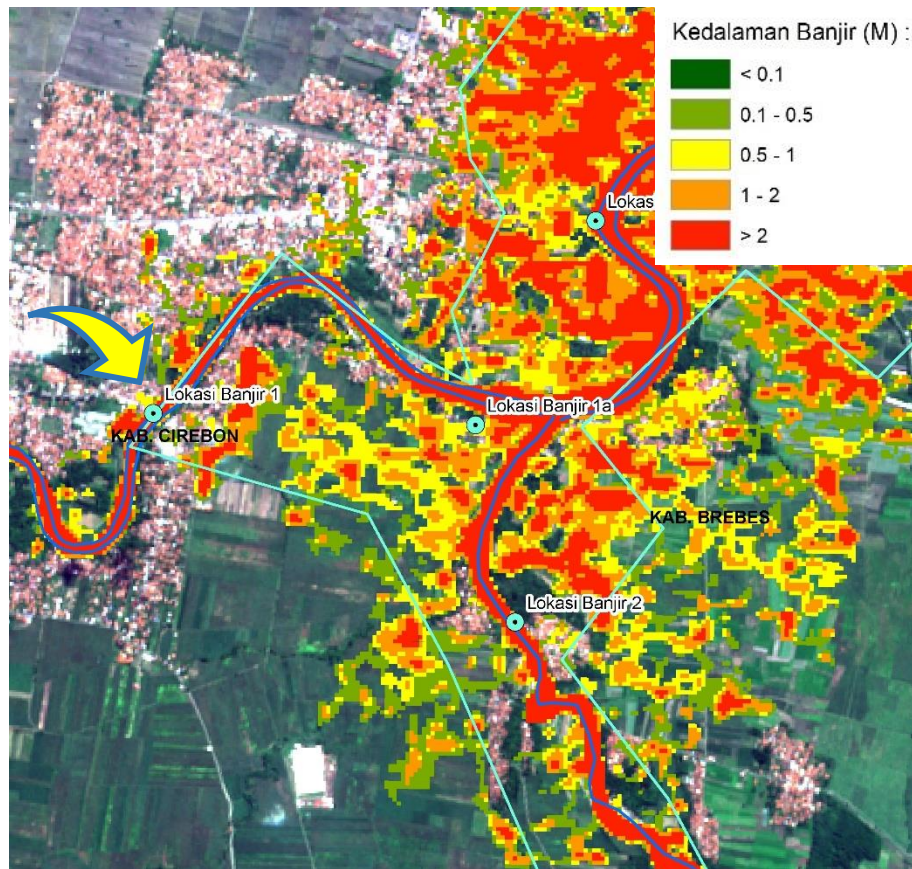
Lokasi 1

Berdasarkan wawancara dengan warga di sekitar lokasi 1, areal kiri (gambar kiri) sungai dari hulu tidak mengalami banjir, namun di sebelah kanan sungai cisanggarung mengalami banjir dengan kedalaman ± 1 m. pada foto (kanan) diambil dari arah atas jembatan, dapat dilihat terdapat banyak sampah dan mengendap pada sungai cisanggarung.



Gambar 4-42 Situasi Lahan di sekitar Sungai Hasil Observasi lokasi 1 (Kiri: Sumber Google Earth Imagery, kanan: Foto dari arah atas jembatan)

Gambar 4-43 adalah hasil model pada lokasi 1. Dapat dilihat bahwa hasil observasi dan hasil model di lokasi 1 terdapat genangan banjir dengan kedalaman 1-2 meter.



Gambar 4-43 Hasil Simulasi pada Lokasi 1 kejadian banjir tahun 2017
 Sumber: Hasil Analisis, 2020

Lokasi 1a

Lokasi observasi selanjutnya di lakukan dekat pertemuan Sungai Utama (Sungai Cisanggarung) dan anak sungai Cijangkelok. Menurut wawancara dengan warga, pada lokasi ini hampir setiap tahun mengalami banjir pada musim hujan. Pada Gambar 4-44 sebelah kiri arah hulu sungai cisanggarung terdapat area permukiman yang tidak mengalami banjir karena terdapat tanggul yang menghalangi luapan air. Sedangkan areal permukiman di sebelah kanan hulu sungai cisanggarung mengalami banjir, serta areal persawahan sebelum tanggul mengalami banjir hingga 1 meter (Gambar 4-44).



Gambar 4-44 Situasi Lahan di sekitar Sungai Hasil Observasi lokasi 1a
 Sumber: Google Earth Imagery



Gambar 4-45 Lokasi tanggul yang mengalami banjir

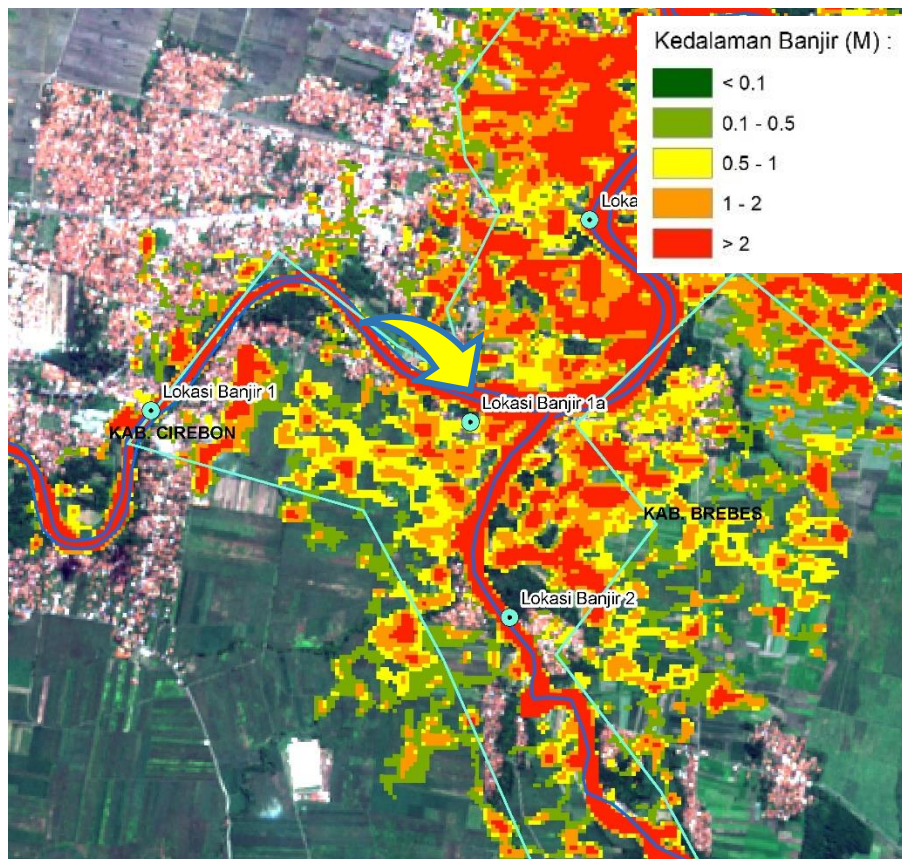
mengalami banjir hingga 1 m dan tidak sampai melimpah ke areal permukiman warga sekitar.



Gambar 4-46 Lokasi 1a jembatan runtuh akibat banjir Sungai Cisanggurung

Gambar 4-46 merupakan situasi pada lokasi 1a pada sungai Cisanggarung (badan sungai), pada lokasi ini dilakukan pengukuran lebar penampang basah. Pada kejadian banjir 2017, jembatan kecil penghubung antar desa rubuh akibat besarnya luapan dari Sungai Cisanggarung. Ketika dilakukan survey, keadaan jembatan dalam masa pembangunan dan posisi jembatan dibuat lebih tinggi lagi dari sebelumnya. Dari hasil wawancara pada lokasi ini di ketahui bahwa tinggi banjir kurang lebih 2 meter.

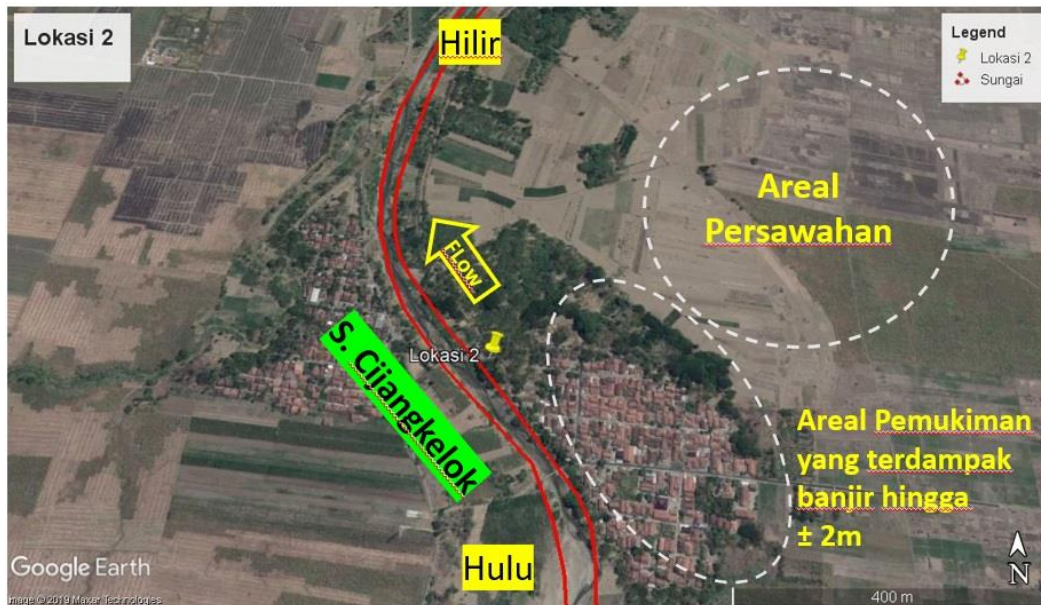
Gambar 4-47 merupakan hasil simulasi dari kejadian banjir 2017 pada lokasi 1a. dari hasil simulasi diketahui tinggi banjir, yaitu lebih besar dari 2 m dengan indikasi warna merah (< 2 meter).



Gambar 4-47 Hasil Simulasi pada Lokasi 1a kejadian banjir tahun 2017
Sumber: Hasil Analisis, 2020

Lokasi 2

Lokasi 2 berada di Sungai Cijangkelok, merupakan anak Sungai Cisanggarung yang berada di perbatasan antara Jawa Barat dan Jawa Tengah.



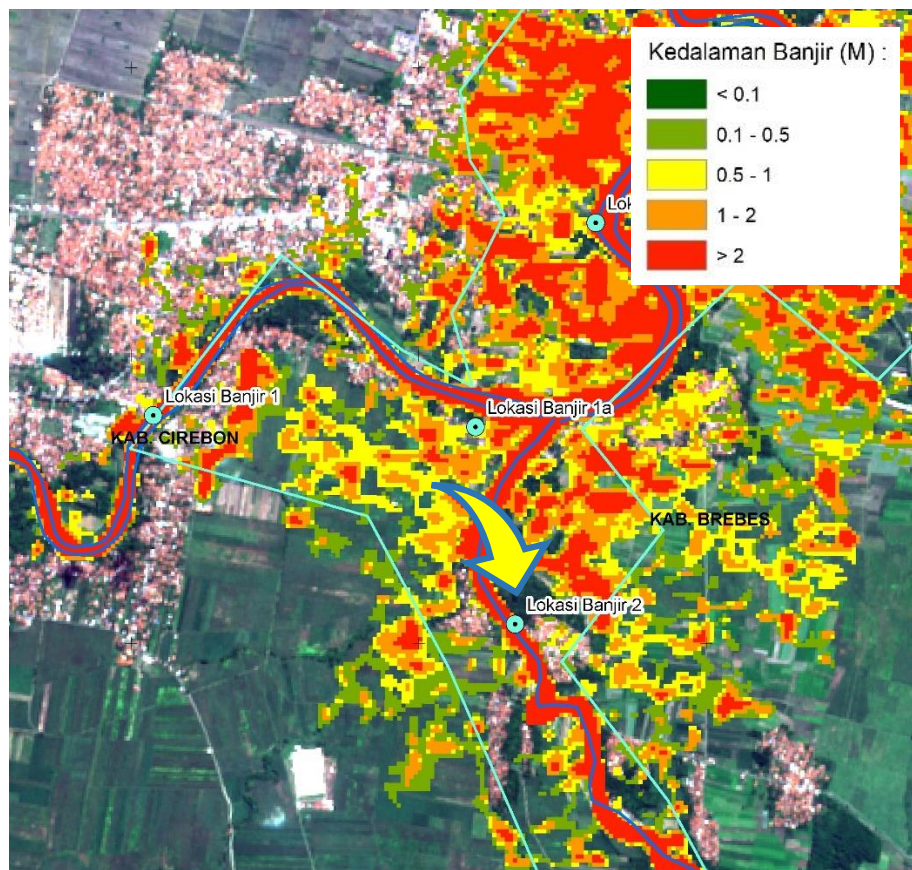
Gambar 4-48 Situasi Lahan di sekitar Sungai Hasil Observasi lokasi 2
Sumber: Google Earth Imagery

Dari hasil wawancara dengan warga sekitar Sungai Cijangkelok, hampir setiap tahun banjir terjadi. Dan banjir terbesar yg pernah terjadi adalah pada tahun 2017. Pada gambar 4-48 merupakan pemetaan yang didapat dari hasil wawancara. Dari arah hulu sungai cijangkelok sebelah kanan, pada banjir 2017 mengalami kerugian yang cukup besar, kedalaman banjir kurang lebih ± 2 meter, menghadang areal pemukiman warga.

Gambar 4-49 merupakan jejak banjir yang ditinggalkan pada kejadian banjir besar tahun 2017, gambar sebelah kanan menunjukkan tingginya kedalaman banjir pada saat itu, tinggi genangan di lokasi ini melebihi kurang lebih 2 m dari tanah seperti yang diperlihatkan pada gambar.



Gambar 4-49 Lokasi 2 banjir pada areal pemukiman warga



Gambar 4-50 Hasil Simulasi pada Lokasi 2 kejadian banjir tahun 2017
Sumber: Hasil Analisis, 2020

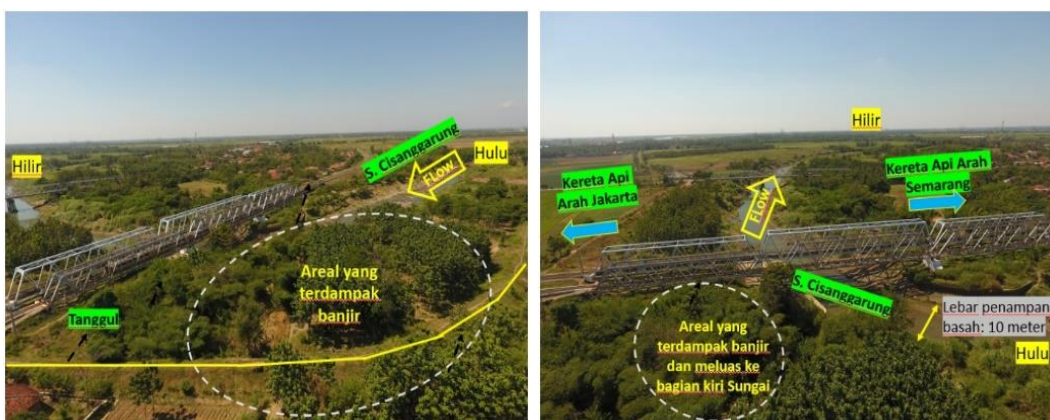
Gambar 4-50 merupakan hasil simulasi dari model genangan yang menunjukkan kedalaman banjir pada lokasi 2. Pada hasil model menunjukkan warna merah merata, indikasi dari warna merah kedalaman banjir lebih besar dari 2 meter.

Lokasi 3

lokasi 3 survey dilakukan di Desa Ciledug Wetan, Kecamatan Ciledug, Kabupaten Cirebon. Pada gambar 4-51 dilakukan pemetaan situasi dilapangan atas dasar wawancara yang dilakukan dengan warga. luapan sungai cisanggarung terjadi di areal kiri sungai seperti terlihat pada gambar di atas. Kedalaman banjir mencapai kurang lebih 2,5 meter. Arah aliran dan kedalaman banjir berasal dari tanggul yang jebol. Banjir merata di daerah areal persawahan dan pemukiman dengan ketinggian yang berbeda-beda.



Gambar 4-51 Situasi Lahan di sekitar Sungai Hasil Observasi lokasi 3
Sumber: Google Earth Imagery



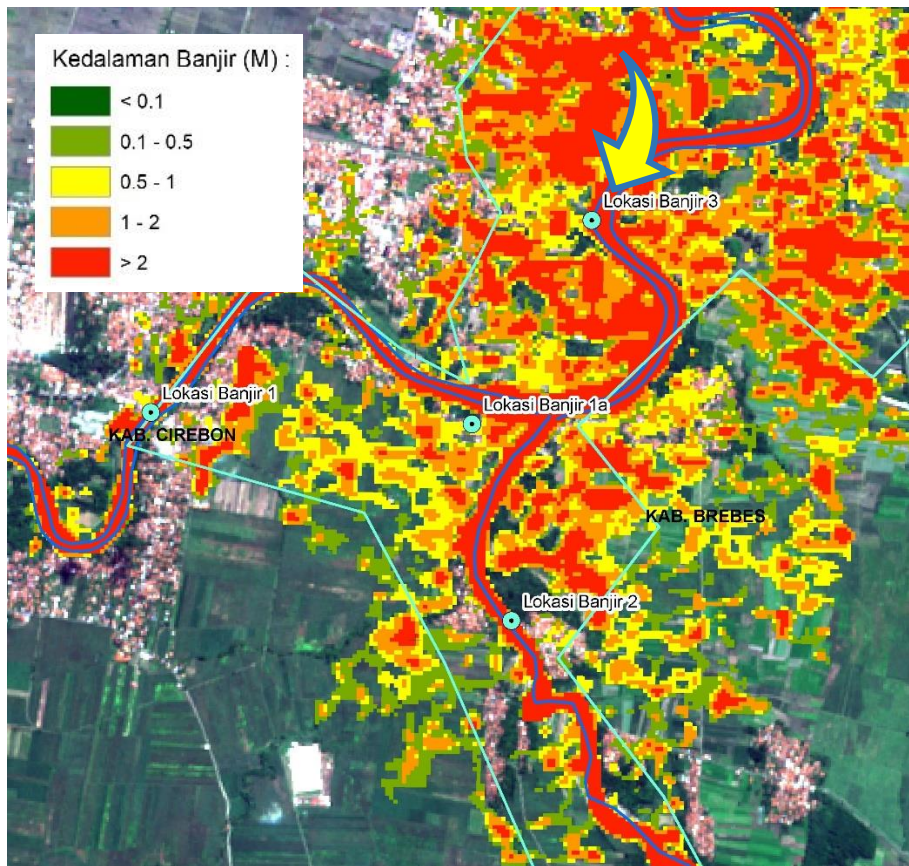
Gambar 4-52 Banjir pada lokasi 3 menggenangi jalur rel kereta api

Pada gambar di atas terlihat tata guna lahan di sekitar sungai pada lokasi survey lokasi 3. Berdasarkan wawancara banjir melewati tanggul dan menggenangi jalur rel kereta api, sehingga membuat jalur kereta baik dari arah Jakarta atau Semarang mengalami hambatan karena tidak dapat melintas.



Gambar 4-53 Jejak Banjir di Lokasi 3

Pada Gambar 4-53 di dapat dilihat jejak banjir di Masjid sekitaran lokasi 3. Lokasi Masjid ini terletak tidak jauh dari Sungai Cisanggarung yang mengalami luapan yang besar. Dari hasil wawancara dengan pengurus Masjid, yang merupakan penduduk asli desa ini mengatakan bahwa kejadian banjir tahun 2017 merupakan kejadian banjir paling besar yang pernah terjadi, menurut beliau biasanya banjir tidak pernah masuk kedalam Masjid, hanya sampai halaman dan paling tinggi sampai tangga batas suci.



Gambar 4-54 Hasil Simulasi pada Lokasi 3 kejadian banjir tahun 2017
 Sumber: Hasil Analisis, 2020

Dari gambar 4-54 hasil dari simulasi dapat dilihat bahwa pada lokasi 3, kedalaman banjir mencapai besar lebih dari 2 meter, dengan indikator warna merah.

Lokasi 4

Berdasarkan survey dengan warga, dapat dilihat pada Gambar 4-55 areal permukiman sebelah kanan sungai cisanggarung mengalami banjir dengan kedalaman hingga $\pm 1,5$ meter.



Gambar 4-55 Situasi Lahan di sekitar Sungai Hasil Observasi lokasi 4
 Sumber: Google Earth Imagery

Berdasarkan keterangan dari warga, tanggul eksisting tidak dapat menangkis atau menahan debit banjir pada saat itu, sehingga air luan dari sungai masuk ke areal permukiman.

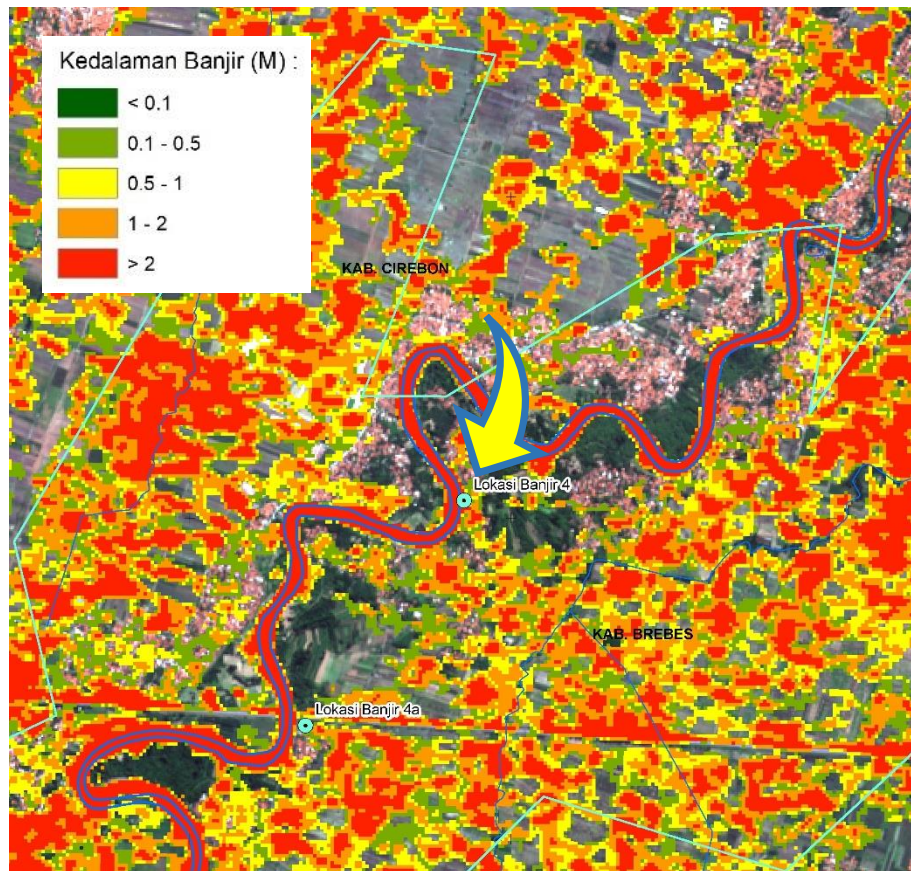


Gambar 4-56 Banjir pada lokasi 4 meluap melewati tanggul



Gambar 4-57 Jejak banjir pada lokasi 4

Gambar 4-57 pada bagian badan sungai terlihat sampah banjir tersangkut di ranting pohon, pada ranting terdapat banyak sampah, ini merupakan salah satu bukti volume air yang datang dalam jumlah besar.

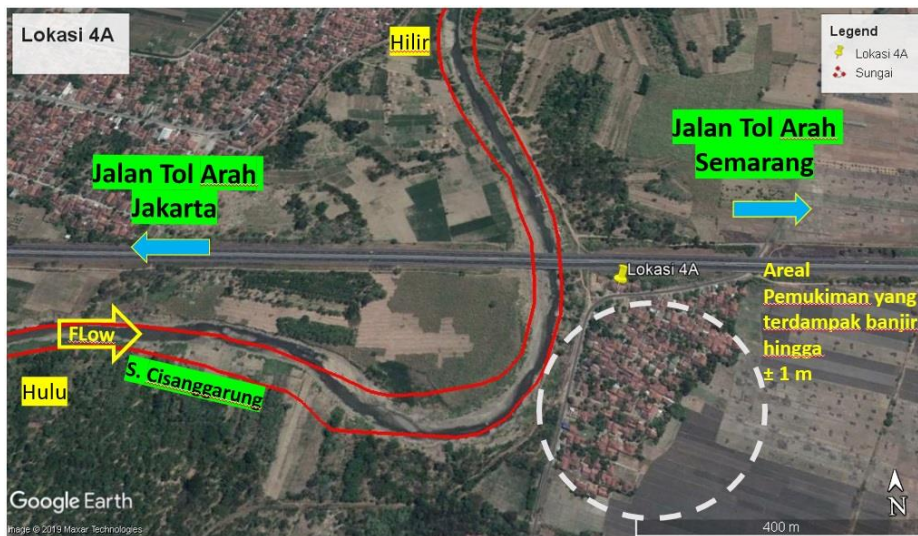


Gambar 4-58 Hasil Simulasi pada Lokasi 4 kejadian banjir tahun 2017
 Sumber: Hasil Analisis, 2020

Pada Gambar 4-58 hasil simulasi menunjukkan pada lokasi 4 kedalaman banjir berada di antara warna kuning dan jingga, yaitu antara 0,5 – 2 m.

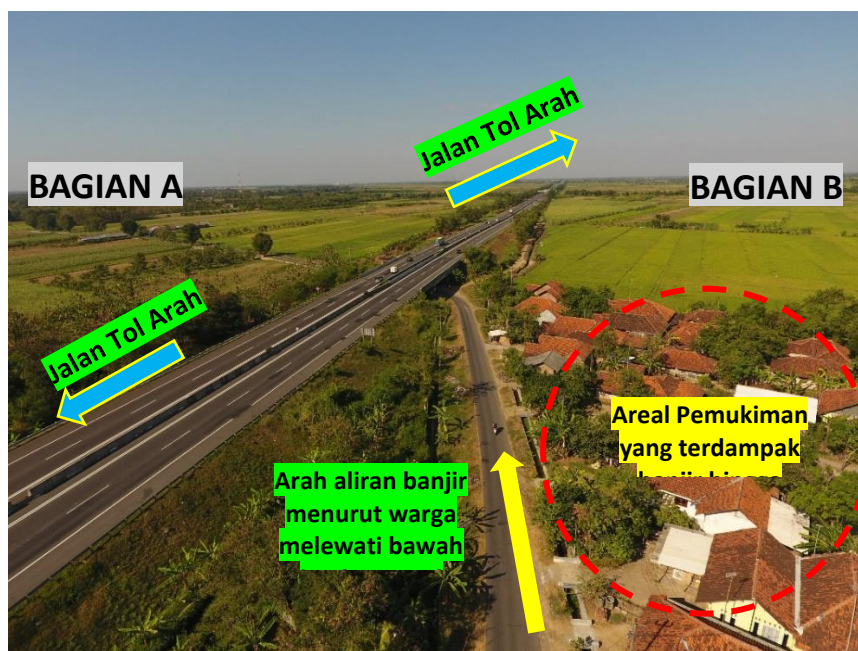
Lokasi 4a

Pada gambar 4-59 dapat dilihat bahwa banjir terdampak pada areal permukiman di sebelah kiri sungai, menurut keterangan dari warga banjir kedalaman hingga kurang lebih 1 meter, tergenang sampai arah jembatan tol.



Gambar 4-59 Situasi Lahan di sekitar Sungai Hasil Observasi lokasi 4a

Pada gambar 4-60 terlihat lokasi di sekitar sungai, banjir melewati di bawah jembatan jalan tol, banjir menggenangi areal permukiman sebelah kiri dan areal persawahan Bagian A dan Bagian B (menurut diskusi warga).

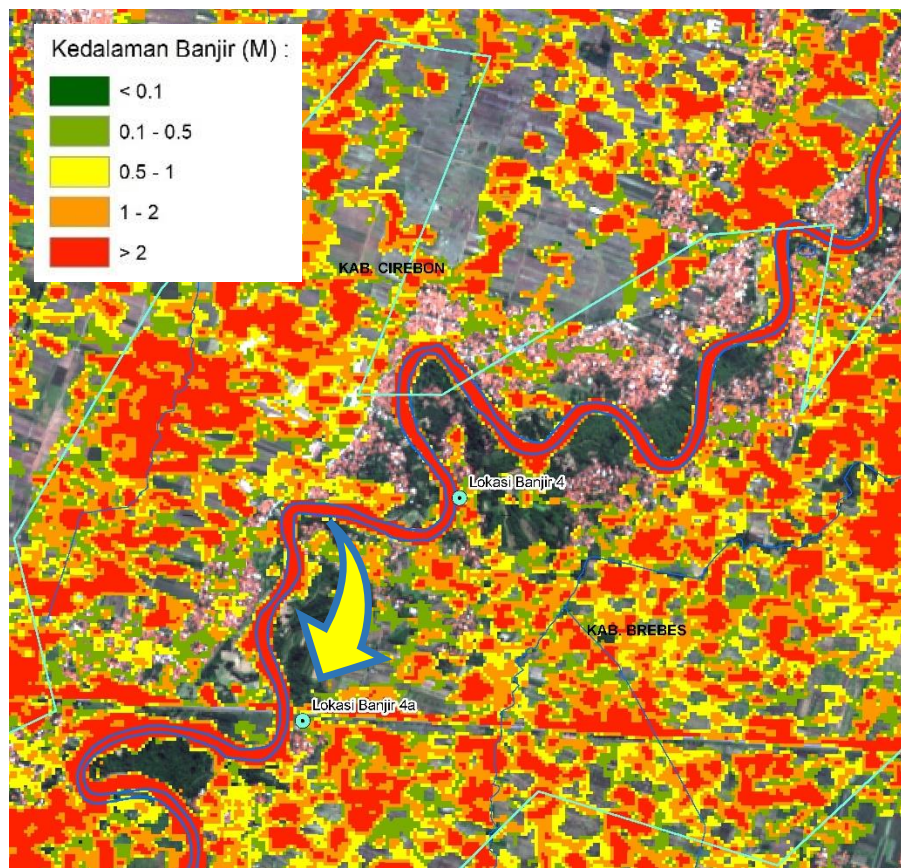


Gambar 4-60 Banjir di Lokasi 4a merata hingga arah bawah jembatan tol



Gambar 4-61 Penjelasan dari warga terkait banjir 2017

Gambar 4-61 warga menjelaskan kejadian banjir pada tahun 2017, bengkel miliknya tergenang dengan tinggi genangan hingga ± 1 m, mobil warga sekitar banyak yang tenggelam.

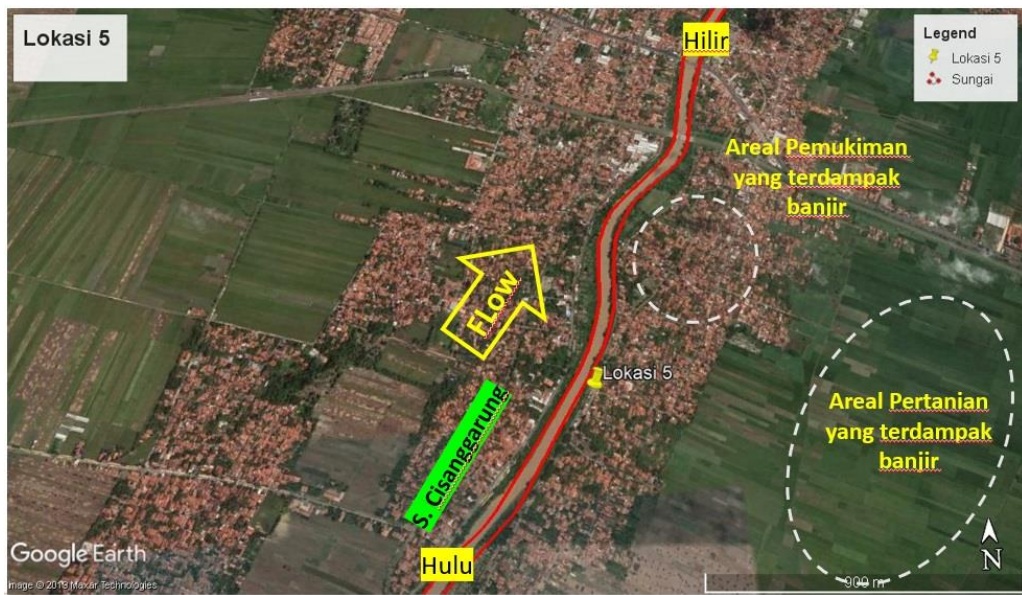


Gambar 4-62 Hasil Simulasi pada Lokasi 4a kejadian banjir tahun 2017
 Sumber: Hasil Analisis, 2020

Dari hasil simulasi banjir, dapat dilihat pada gambar 4-62 kedalaman banjir berada pada indikator warna hijau muda dan warna kuning yaitu 0,1 hingga 1 meter. Hal ini senada dengan kedalaman banjir pada hasil observasi di lokasi yang sama.

Lokasi 5

Terlihat pada gambar 4-63 situasi lahan di sekitar sungai lokasi 5 padat dengan pemukiman, dan berdasarkan diskusi dengan warga, pemukiman di hulu (sekitar 100 m ke hulu) dari lokasi 5 terjadi banjir, di daerah pertanian belakang pemukiman juga mengalami banjir.

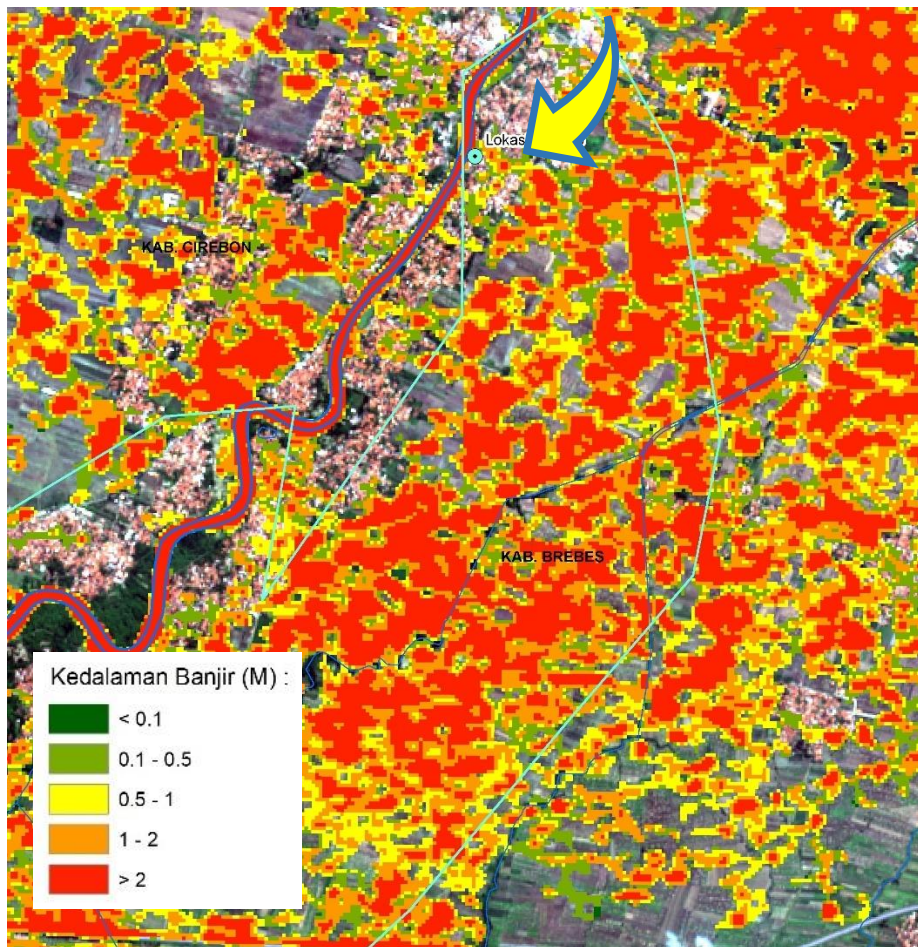


Gambar 4-63 Situasi Lahan di sekitar Sungai Hasil Observasi lokasi 5



Gambar 4-64 Jejak banjir pada lokasi 5

Dari gambar 4-64 terlihat jejak banjir menggenangi warung warga dengan ketinggian ± 0.5 meter. Dari hasil wawancara diketahui bahwa tinggi banjir pada areal permukiman bagian belakang warung lebih tinggi ± 1 hingga 2 meter, di karenakan terdapat perbedaan ketinggian elevasi, bagian belakang lebih rendah dari depan jalan raya (posisi warung depan jalan raya).



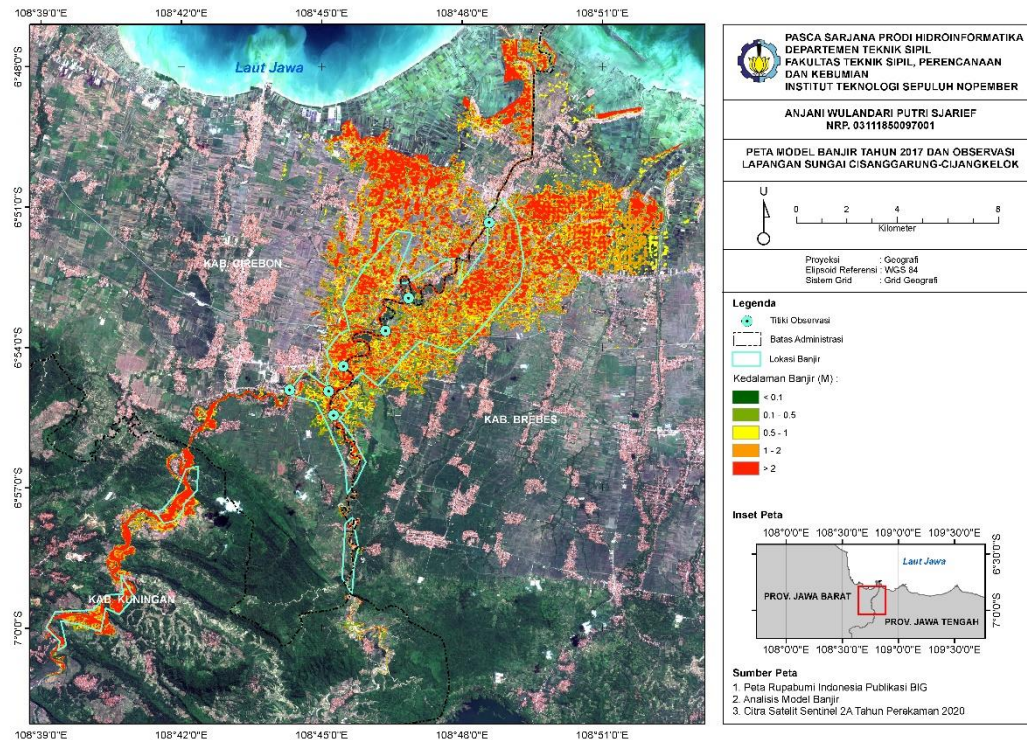
Gambar 4-65 Hasil Simulasi pada Lokasi 5 kejadian banjir tahun 2017
 Sumber: Hasil Analisis, 2020

dari hasil simulasi (gambar 4-65) dapat dilihat bahwa model yang di bangun memiliki kemiripan dengan hasil observasi di lapangan. Pada lokasi ini terlihat kedalaman banjir berkisar pada indikasi warna hijau muda, kuning, jingga dan sedikit merah, yaitu dengan kedalaman 0,5 sampai dengan < 2 meter.

4.9.1 Perbandingan Simulasi banjir genangan dan Observasi (Survey lapangan)

Dari hasil simulasi banjir genangan yang telah dilakukan bahwa terdapat korelasi yang cukup kuat antara lokasi survey di beberapa titik di Sungai Cisanggarung. Ketinggian banjir di beberapa titik mencapai 0.5 m hingga 2 m terdistribusi di beberapa titik lokasi kejadian banjir. Sebagai komparasi hasil banjir genangan dibandingkan dengan observasi secara spasial dan keduanya memiliki hubungan

yang cukup erat dapat di lihat pada Gambar 4-66 dan Tabel 4-31 Artinya simulasi ini cukup terkalibrasi dengan baik. Selanjutnya model dapat di simulasikan dengan debit banjir rancangan periode ulang 5, 10, 25, dan 100 tahun.



Gambar 4-66 Hasil Simulasi Model Genangan dan Hasil Observasi

Tabel 4-31 Perbandingan Kedalaman Hasil Simulasi dan Observasi

No	Lokasi (Titik Lokasi)	Kedalaman Banjir (m)		Selisih
		Simulasi	Observasi	
1	Desa Jatiseeng Kidul, Kec. Ciledug, Kab. Cirebon (Lokasi 1)	0.77	1.0	-0.23
2	Desa Ciledug Wetan, Kec. Ciledug, Kab. Cirebon (Lokasi 1a)	1.91	2.0	-0.09
3	Desa Cihoe, Karangsembung, Kec. Losari, Kab. Brebes (Lokasi 2)	2.30	2.0	0.30
4	Desa Ciledug Lor, Kec. Ciledug, Kab. Cirebon (Lokasi 3)	2.67	2.5	0.17
5	Desa Kalibuntu, Kec. Losari, Kab. Brebes (Lokasi 4)	1.69	1.5	0.19
6	Desa Bojongsari, Kec. Losari, Kab. Brebes (Lokasi 4a)	0.88	1.0	-0.12
7	Desa Losari Kidul, Kec. Losari, Kab. Brebes (Lokas 5)	0.63	0.5	0.13

Salah satu cara untuk mengevaluasi model akurat atau tidak adalah dengan menghitung nilai *Root Mean Square Error* (RMSE), dengan cara menghitung model regresi linear dengan mengukur tingkat akurasi hasil perkiraan suatu model.

Tabel 4-32 Nilai Root Mean Square

Nilai Observasi	Nilai Prediksi	Selisih	RMSE
1.0	0.77	0.23	0.19
2.0	1.91	0.09	
2.0	2.30	-0.30	
2.5	2.67	-0.17	
1.5	1.69	-0.19	
1.0	0.88	0.12	
0.5	0.63	-0.13	

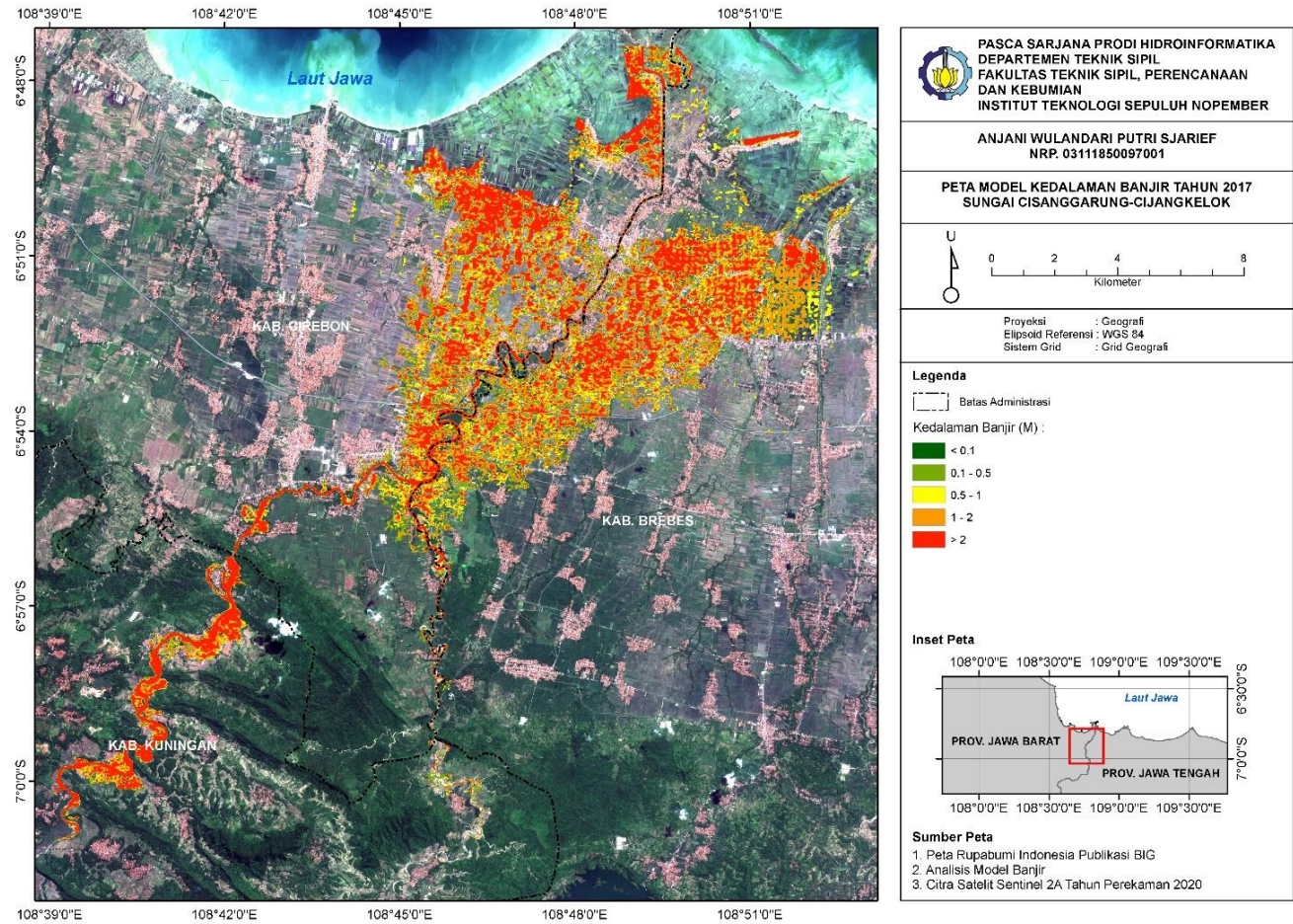
Pada tabel 4-32 nilai RMSE yang didapat dengan cara mengkuadratkan error (prediksi – observasi) dibagi dengan jumlah data (= rata-rata), lalu diakarkan menghasilkan nilai RMSE 0,19. Dimana semakin kecil nilai RMSE (mendekati 0) maka hasil simulasi akan semakin akurat.

Dilihat dari nilai RMSE yang di dapat, model genangan Sungai Cisanggarung dapat dikatakan sudah baik.

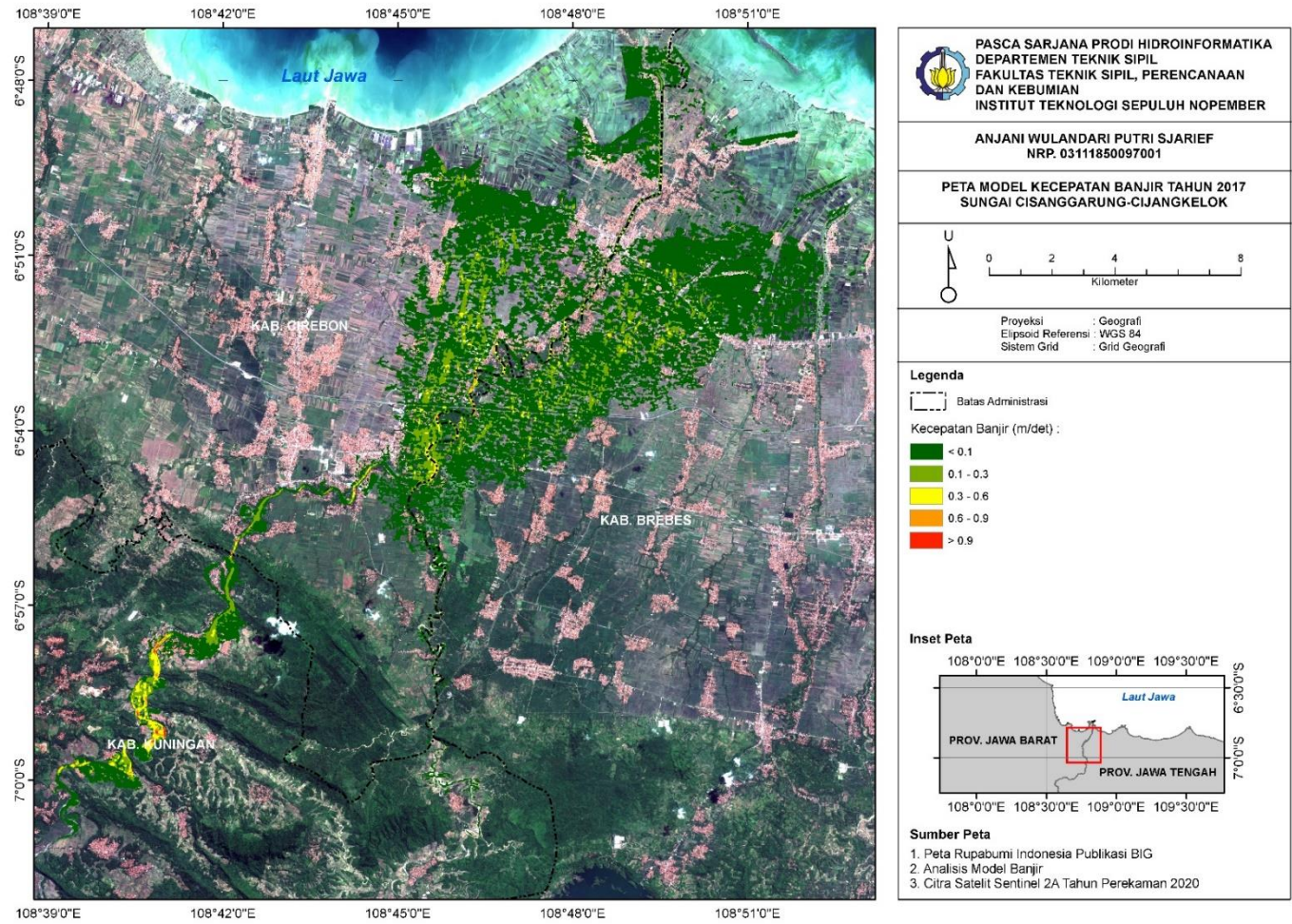
4.10 Peta Genangan

Selain menampilkan data yang detail di salah satu tampang lintang, *MIKE* juga menampilkan resume hasil hitungan di seluruh tampang lintang dan dataran banjir yang kemudian di olah dengan menggunakan aplikasi SIG, berikut hasil olahan simulasi yang di representasikan dengan peta genangan kejadian Banjir 2017, Banjir rancangan Periode Ulang 100 tahun, 50 Tahun, 25 Tahun, 10 Tahun, dan 5 Tahun.

4.10.1 Peta Genangan Banjir 2017



Gambar 4-67 Peta Kedalaman Banjir Tahun 2017

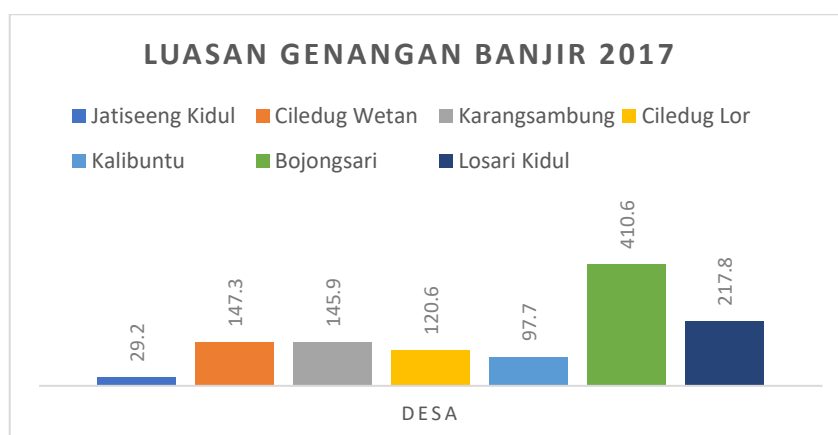


Gambar 4-68 Peta Kecepatan Banjir Tahun 2017

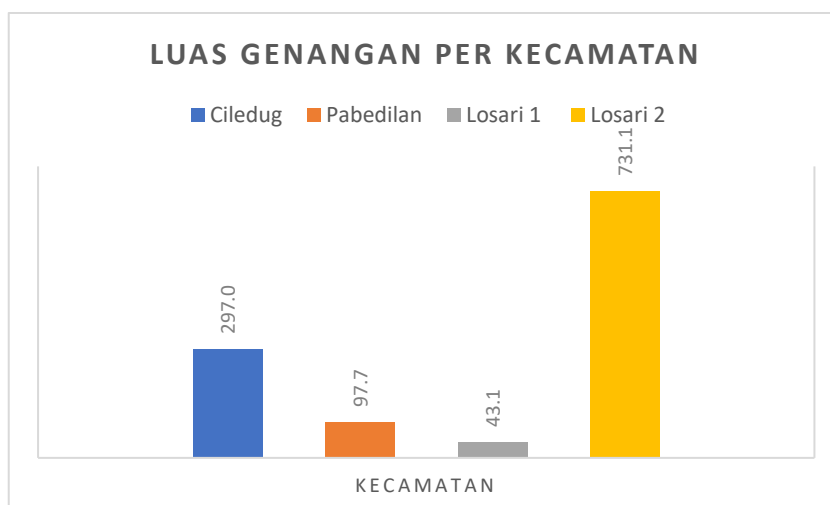
Dari hasil simulasi Kejadian Banjir 2017 diketahui bahwa luasan genangan pada lokasi penelitian adalah Desa Jatiseeng seluas 29.2 ha, Desa Ciledug Wetan 147.3 ha, Desa Karangsambung 145.9 ha, Desa Ciledug Lor 120.6 ha, Desa Kalibuntu 97.7 ha, Desa Bojongsari 410.6 ha, Losari Kidul 217.8 ha (Gambar 4-69).

Sedangkan jika dikelompokkan berdasarkan kecamatan (Gambar 4-70) luasan genangan pada Kecamatan Ciledug seluas 297 ha, Kecamatan Pabedilan 97.7 ha, Kecamatan Losari 1 (Kab. Cirebon) 43.1 ha dan Kecamatan Losari 2 (Kab. Brebes) 731.1 ha.

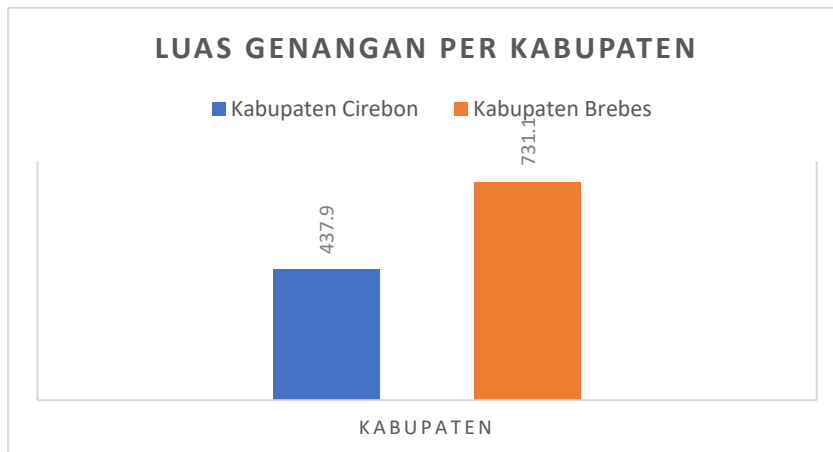
Pada Gambar 4-70 luas genangan di kelompokkan berdasarkan Kabupaten, yaitu Kabupaten Cirebon dengan luasan genangan sebesar 437.9 ha dan Kabupaten Brebes sebesar 731.1 ha.



Gambar 4-69 Luas Genangan Banjir 2017 per Desa



Gambar 4-70 Luas Genangan Banjir 2017 per Kecamatan

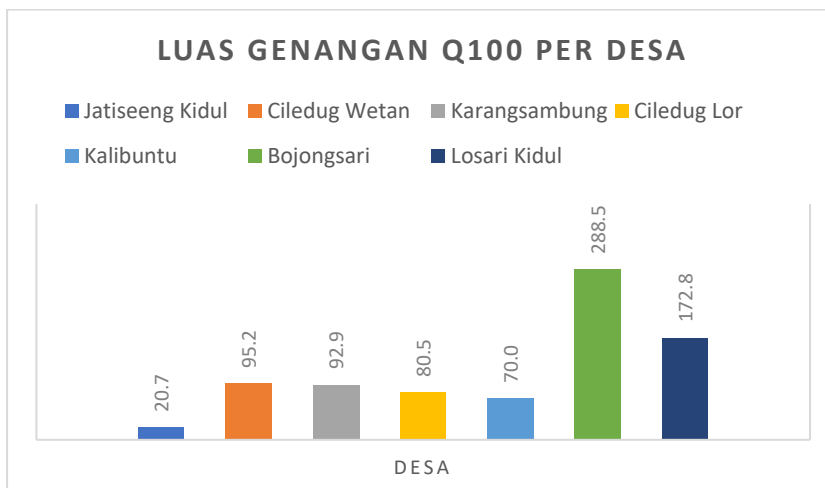


Gambar 4-71 Luas Genangan Banjir 2017 per Kabupaten

Dengan kecepatan banjir di Desa Jatiseeng 0.11 m/det, Desa Ciledug Wetan 0.13 m/det, Desa Karangsambung 0.13 m/det, Desa Ciledug Lor 0.58 m/det, Desa Kalibuntu 0.24 m/det, Desa Bojongsari 0.07 m/det dan Losari Kidul 0.07 m/det.

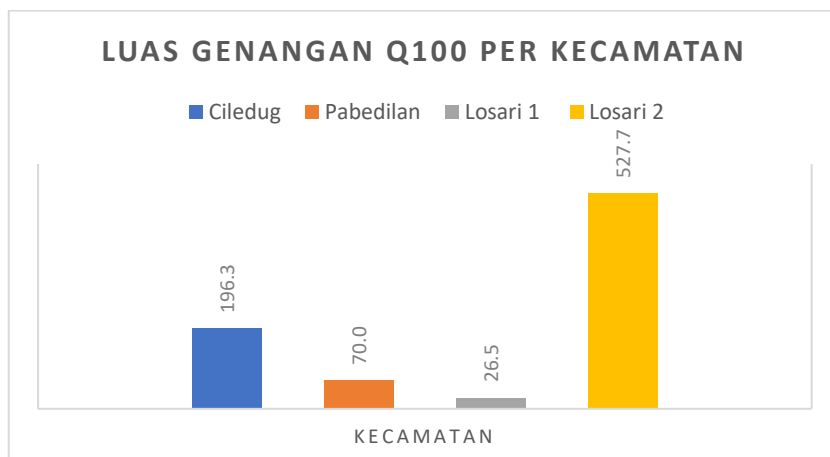
4.10.2 Peta Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 100 Tahun

Dari hasil simulasi banjir rancangan periode ulang 100 tahun diketahui bahwa luasan genangan pada lokasi penelitian adalah Desa Jatiseeng seluas 20.7 ha, Desa Ciledug Wetan 95.2 ha, Desa Karangsambung 92.9 ha, Desa Ciledug Lor 80.5 ha, Desa Kalibuntu 70 ha, Desa Bojongsari 288.5 ha, Losari Kidul 172.8 ha (Gambar 4-72).



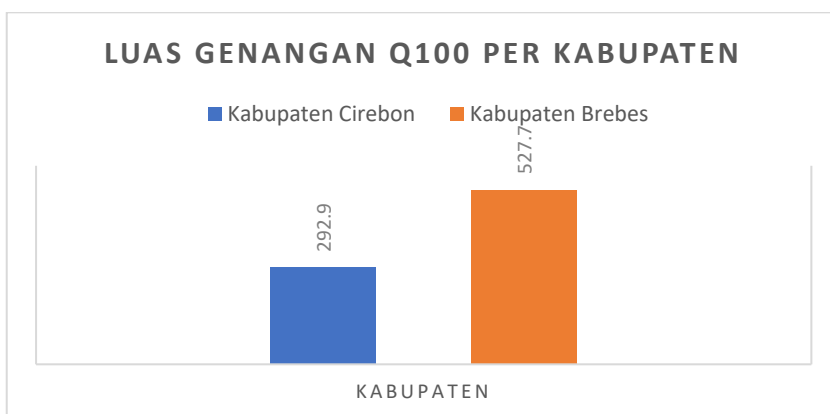
Gambar 4-72 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 100 Tahun per Desa

Sedangkan jika dikelompokkan berdasarkan kecamatan (Gambar 4-73) luasan genangan pada Kecamatan Ciledug seluas 196.3 ha, Kecamatan Pabedilan 70 ha, Kecamatan Losari 1 (Kab. Cirebon) 26.5 ha dan Kecamatan Losari 2 (Kab. Brebes) 527.7 ha.

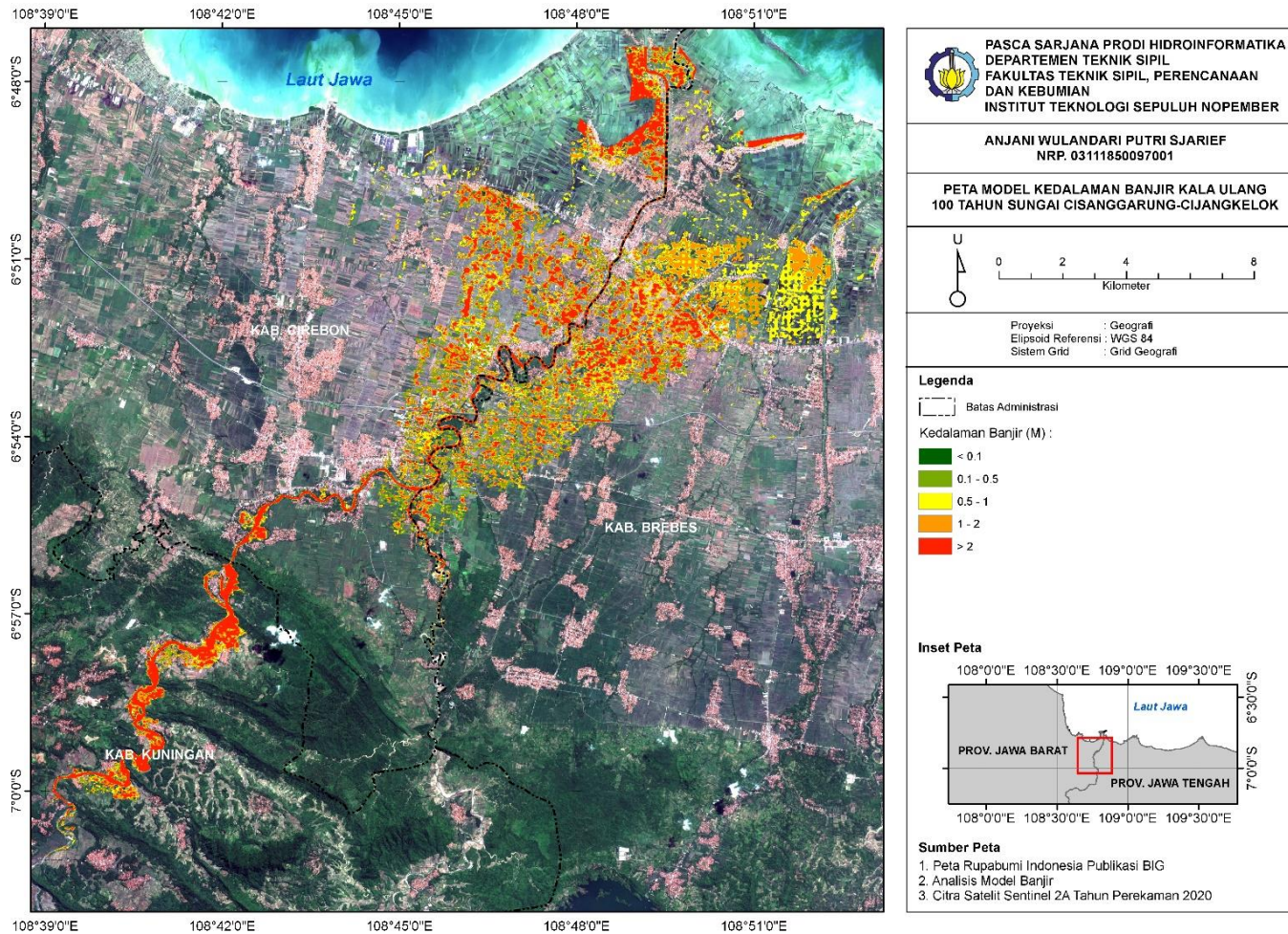


Gambar 4-73 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 100 Tahun per Kecamatan

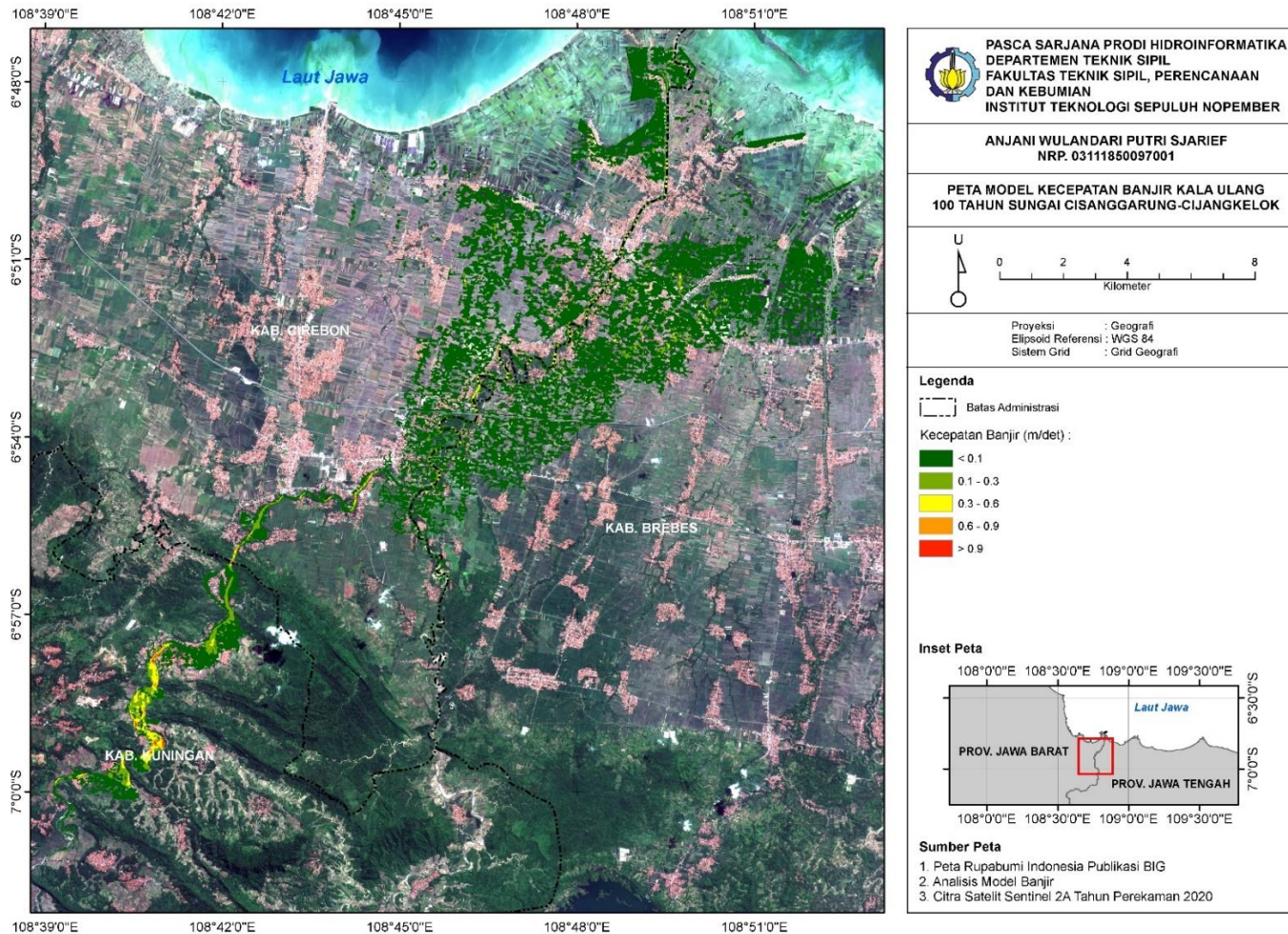
Pada Gambar 4-74 luas genangan di kelompokkan berdasarkan Kabupaten, yaitu Kabupaten Cirebon dengan luasan genangan sebesar 292.9 ha dan Kabupaten Brebes sebesar 527.7 ha.



Gambar 4-74 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 100 Tahun per Kabupaten



Gambar 4-75 Peta Kedalaman Banjir Rancangan Periode Ulang 100 Tahun

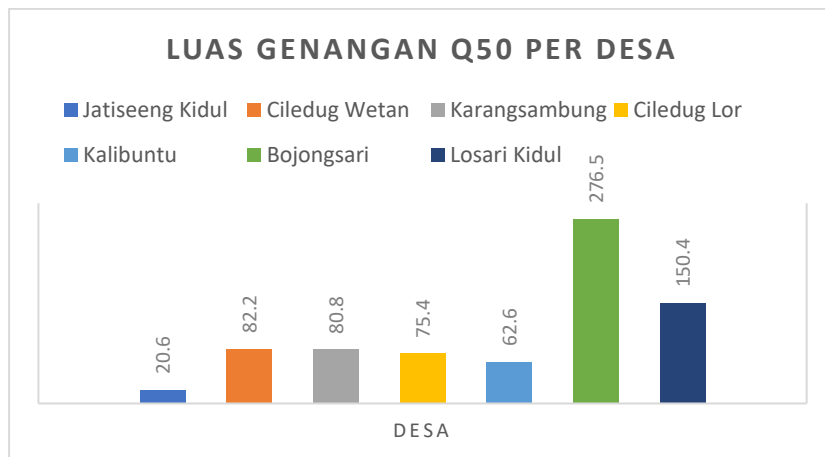


Gambar 4-76 Peta Kecepatan Banjir Rancangan Periode Ulang 100 Tahun

Dengan kecepatan banjir di Desa Jatiseeng 0.10 m/det, Desa Ciledug Wetan 0.02 m/det, Desa Karangsembung 0.02 m/det, Desa Ciledug Lor 0.40 m/det, Desa Kalibuntu 0.21 m/det, Desa Bojongsari 0.02 m/det dan Losari Kidul 0.02 m/det.

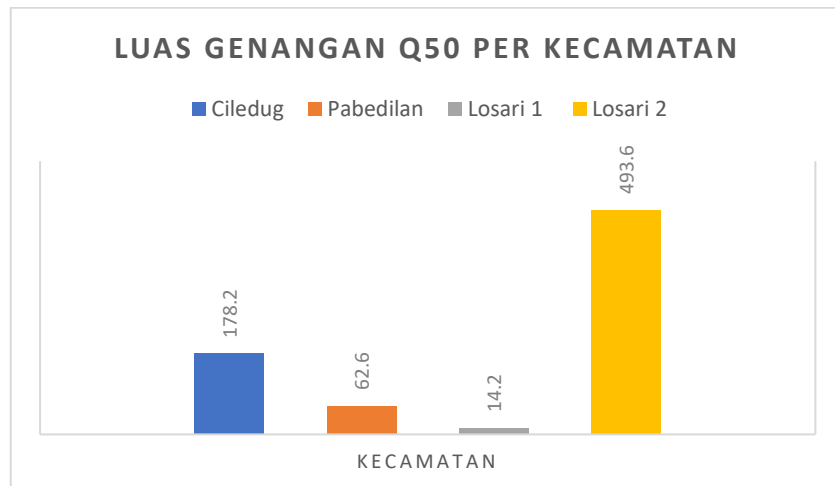
4.10.3 Peta Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 50 Tahun

Dari hasil simulasi banjir rancangan periode ulang 50 tahun diketahui bahwa luasan genangan pada lokasi penelitian adalah Desa Jatiseeng seluas 20.6 ha, Desa Ciledug Wetan 82.2 ha, Desa Karangsembung 80.8 ha, Desa Ciledug Lor 75.4 ha, Desa Kalibuntu 62.6 ha, Desa Bojongsari 276.5 ha, Losari Kidul 150.4 ha (Gambar 4-77).



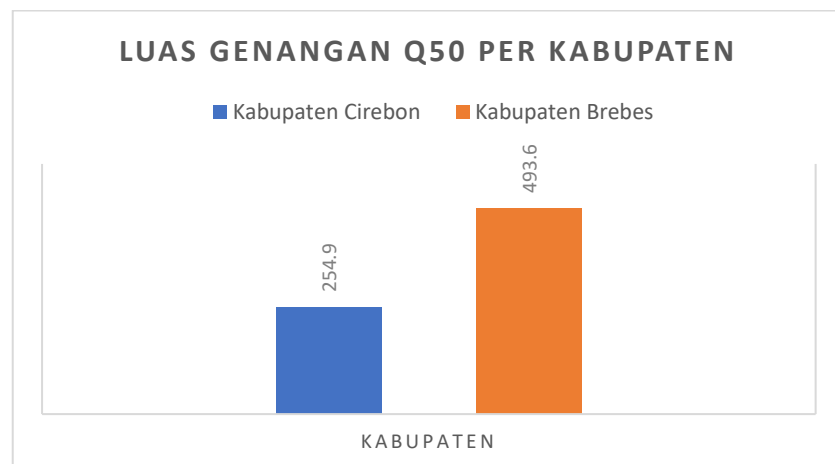
Gambar 4-77 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 50 Tahun per Desa

Sedangkan jika dikelompokkan berdasarkan kecamatan (Gambar 4-78) luasan genangan pada Kecamatan Ciledug seluas 178.2 ha, Kecamatan Pabedilan 62.6 ha, Kecamatan Losari 1 (Kab. Cirebon) 14.2 ha dan Kecamatan Losari 2 (Kab. Brebes) 493.6 ha.

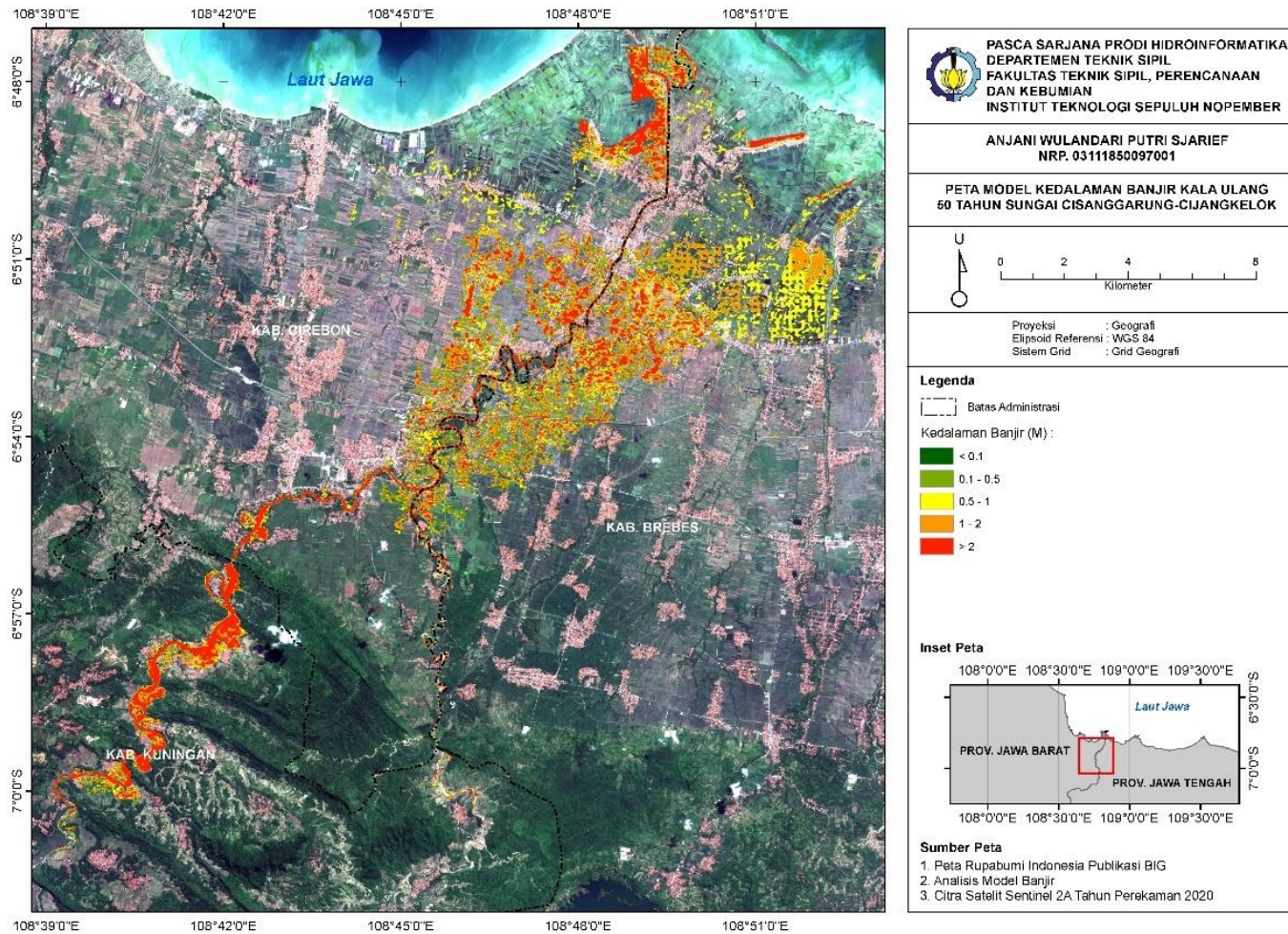


Gambar 4-78 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 50 Tahun per Kecamatan

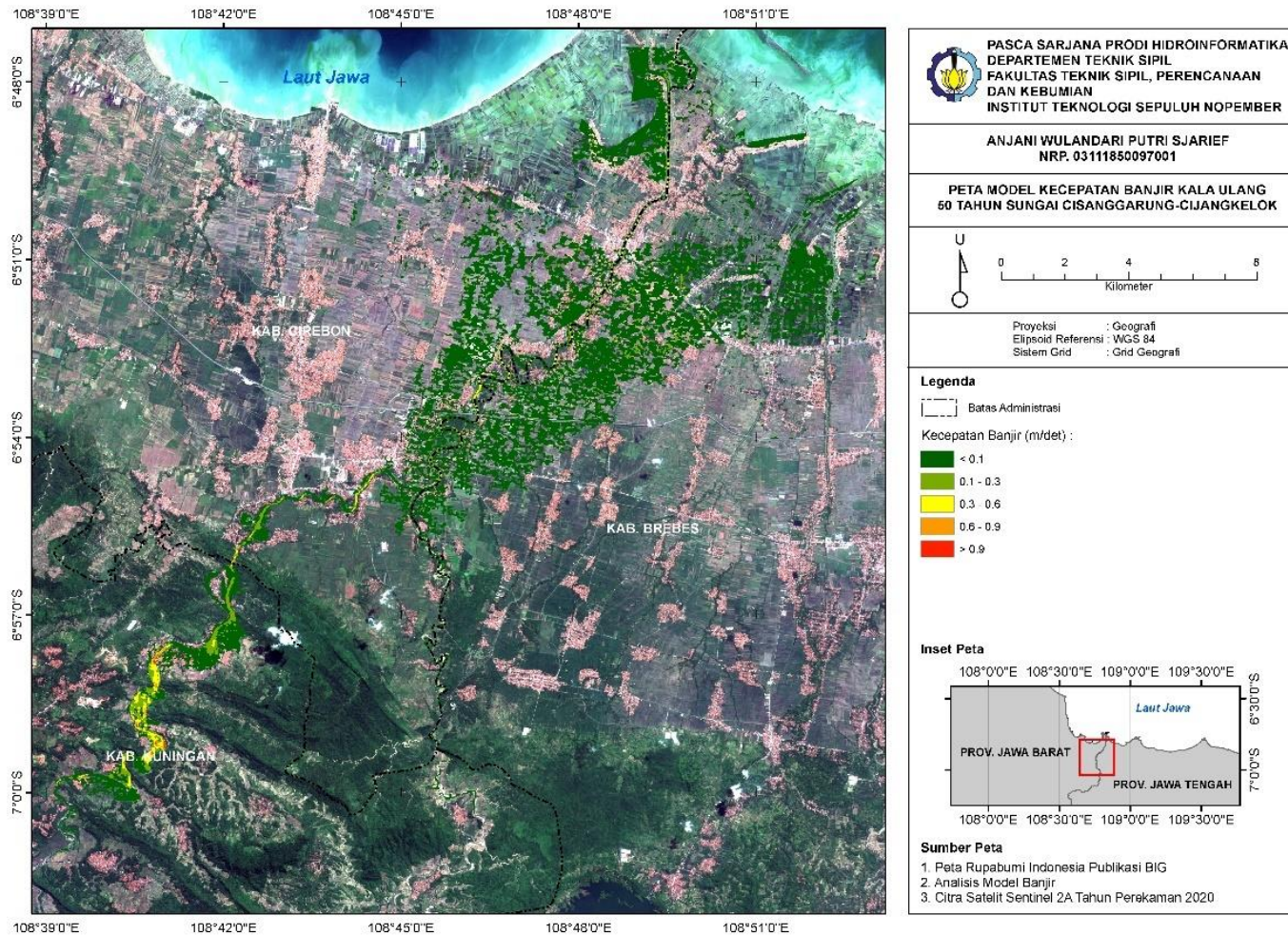
Pada Gambar 4-79 luas genangan di kelompokkan berdasarkan Kabupaten, yaitu Kabupaten Cirebon dengan luasan genangan sebesar 254.9 ha dan Kabupaten Brebes sebesar 493.6 ha.



Gambar 4-79 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 50 Tahun per Kabupaten



Gambar 4-80 Peta Kedalaman Banjir Rancangan Periode Ulang 50 Tahun

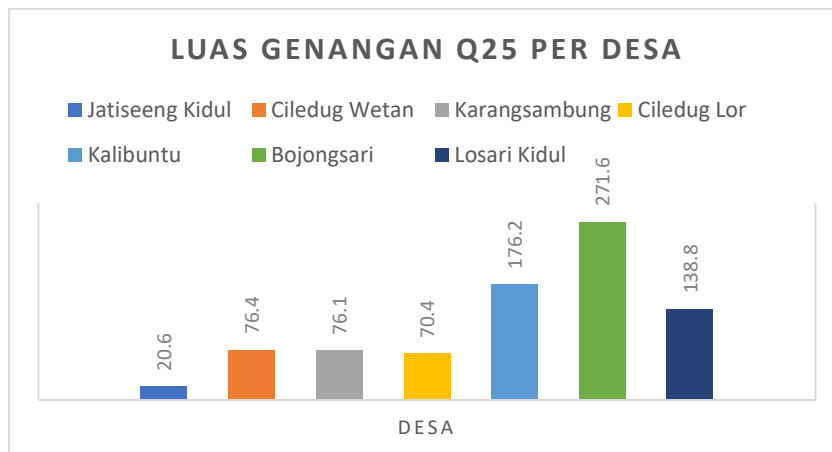


Gambar 4-81 Peta Kecepatan Banjir Rancangan Periode Ulang 50 Tahun

Dengan kecepatan banjir di Desa Jatiseeng 0.09 m/det, Desa Ciledug Wetan 0.02 m/det, Desa Karangsembung 0.01 m/det, Desa Ciledug Lor 0.15 m/det, Desa Kalibuntu 0.10 m/det, Desa Bojongsari 0.01 m/det dan Losari Kidul 0.01 m/det.

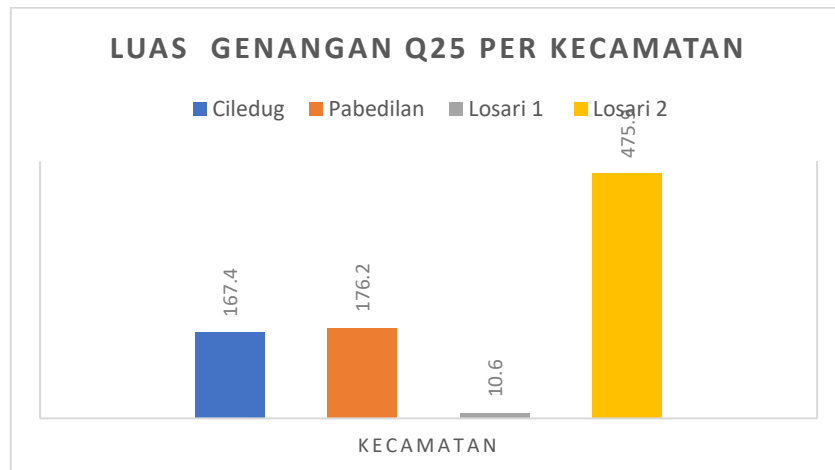
4.10.4 Peta Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 25 Tahun

Dari hasil simulasi banjir rancangan periode ulang 25 tahun diketahui bahwa luasan genangan pada lokasi penelitian adalah Desa Jatiseeng seluas 20.6 ha, Desa Ciledug Wetan 76.4 ha, Desa Karangsembung 76.1 ha, Desa Ciledug Lor 70.4 ha, Desa Kalibuntu 176.2 ha, Desa Bojongsari 271.6 ha, Losari Kidul 138.8 ha (Gambar 4-82).



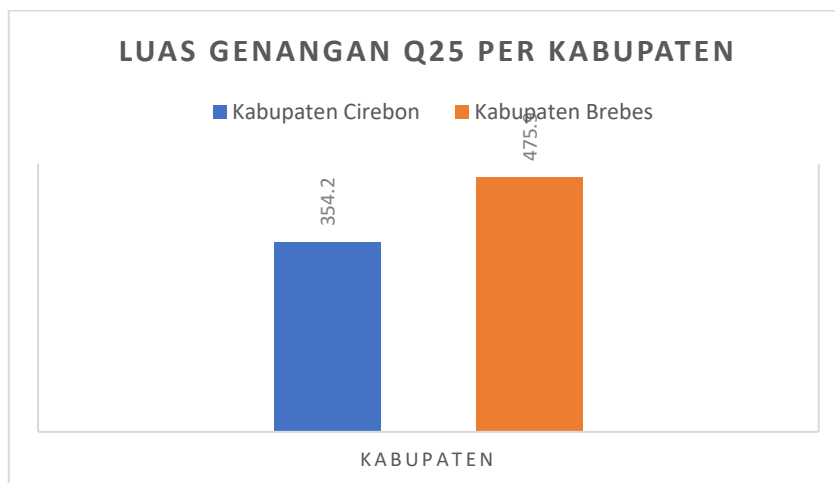
Gambar 4-82 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 25 Tahun per Desa

Sedangkan jika dikelompokkan berdasarkan kecamatan (Gambar 4-83) luasan genangan pada Kecamatan Ciledug seluas 167.4 ha, Kecamatan Pabedilan 176.2 ha, Kecamatan Losari 1 (Kab. Cirebon) 10.6 ha dan Kecamatan Losari 2 (Kab. Brebes) 475.9 ha.

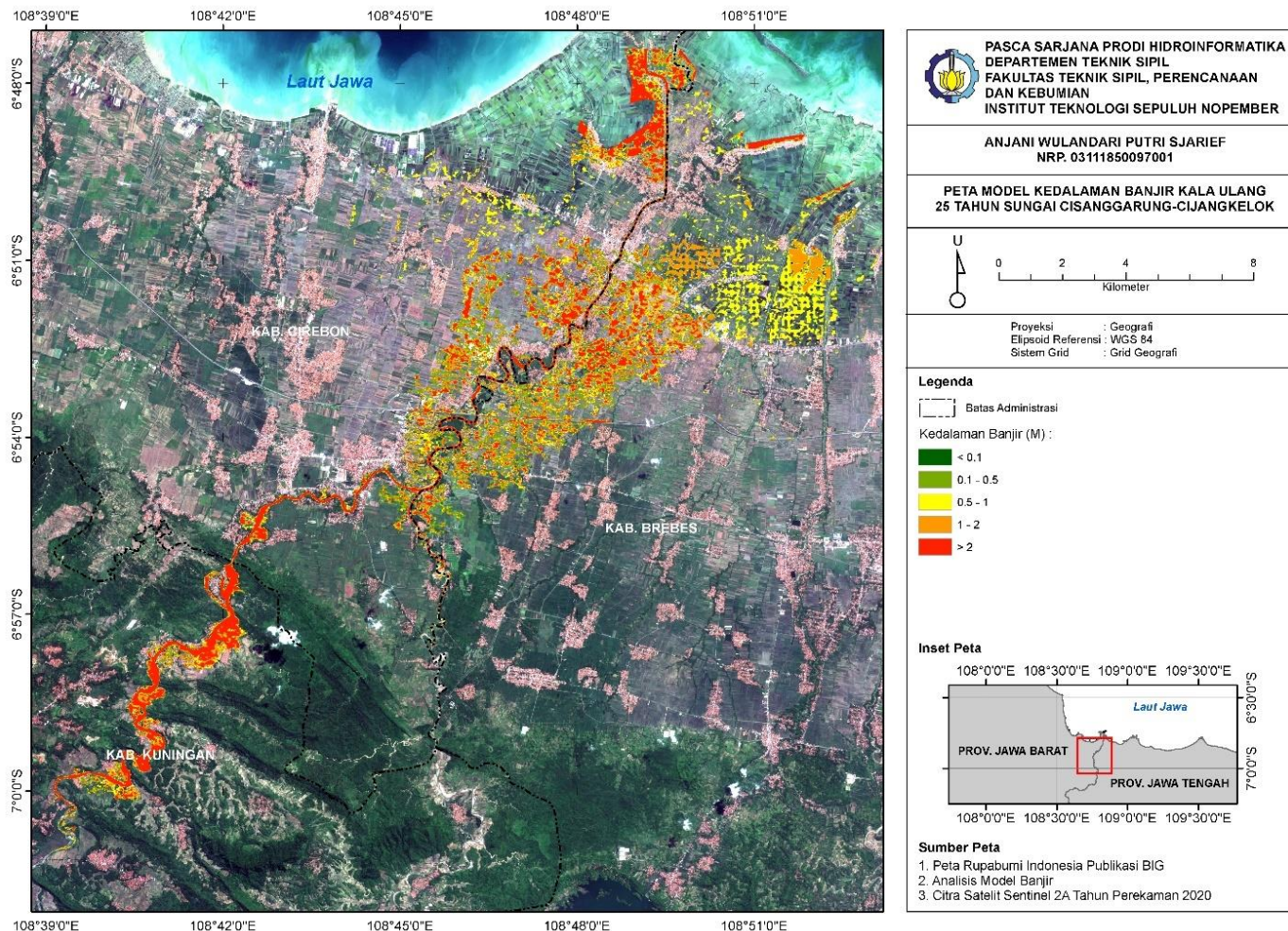


Gambar 4-83 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 25 Tahun per Kecamatan

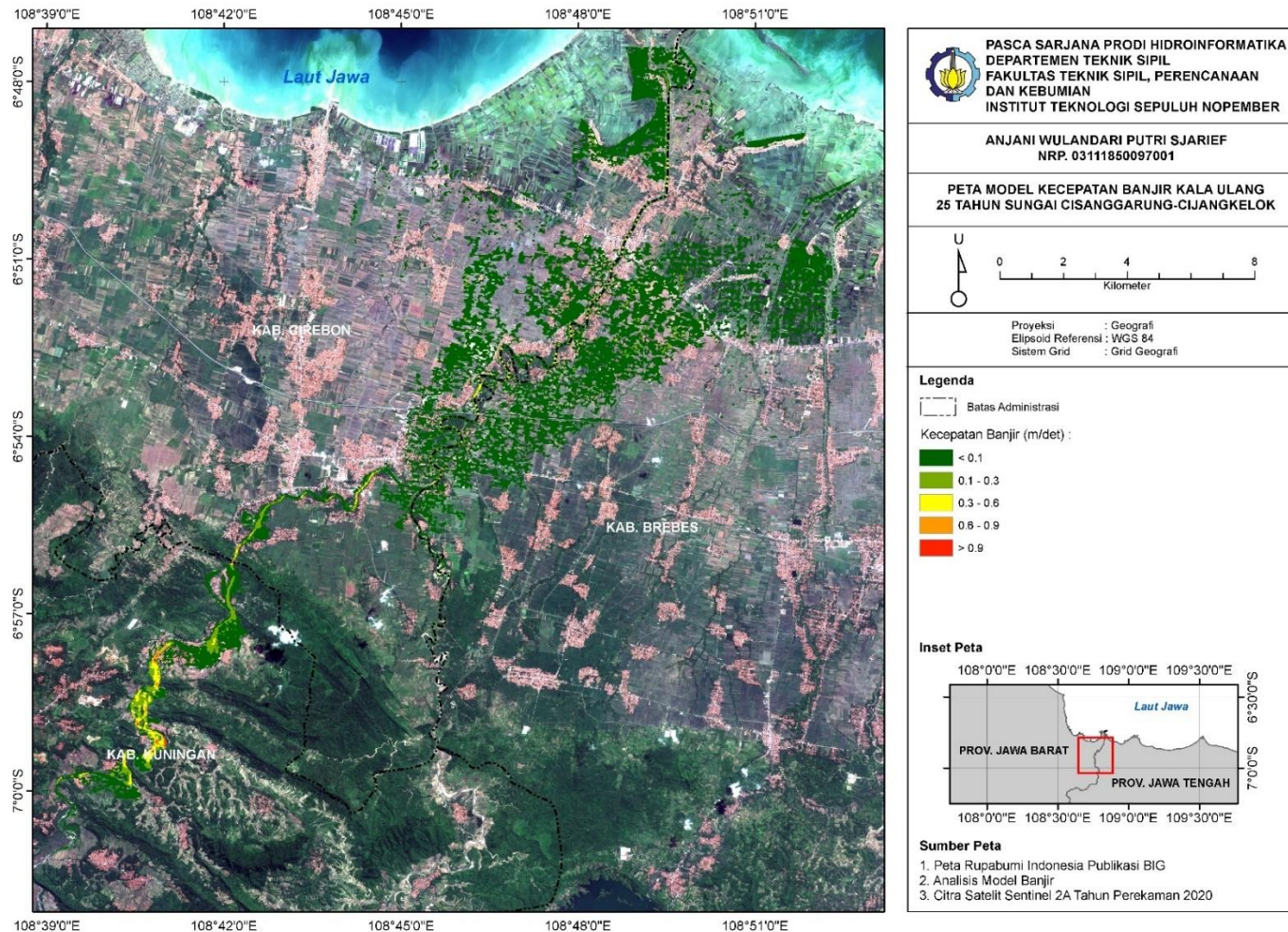
Pada Gambar 4-84 luas genangan di kelompokkan berdasarkan Kabupaten, yaitu Kabupaten Cirebon dengan luasan genangan sebesar 354.2 ha dan Kabupaten Brebes sebesar 475.9 ha.



Gambar 4-84 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 25 Tahun per Kabupaten



Gambar 4-85 Peta Kedalaman Banjir Rancangan Periode Ulang 25 Tahun

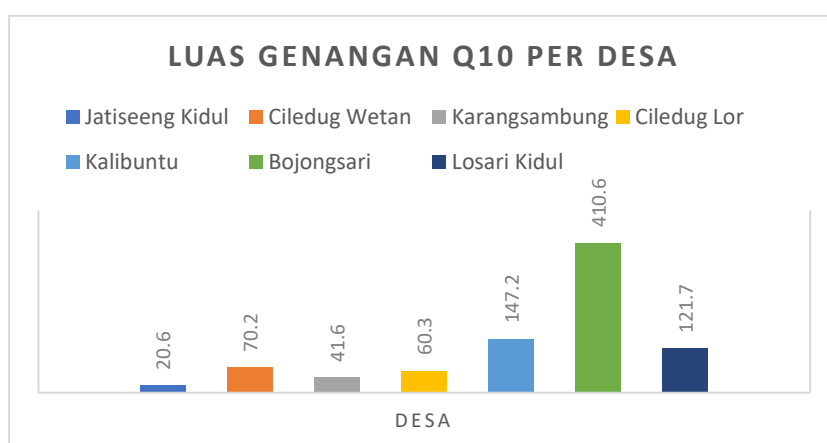


Gambar 4-86 Peta Kecepatan Banjir Rancangan Periode Ulang 25 Tahun

Dengan kecepatan banjir di Desa Jatiseeng 0.07 m/det, Desa Ciledug Wetan 0.02 m/det, Desa Karangsembung 0.01 m/det, Desa Ciledug Lor 0.14 m/det, Desa Kalibuntu 0.07 m/det, Desa Bojongsari 0.01 m/det dan Losari Kidul 0.01 m/det

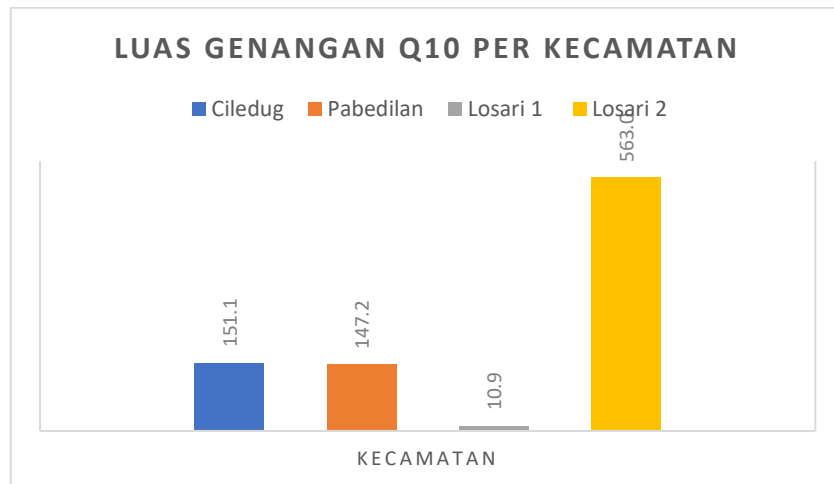
4.10.5 Peta Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 10 Tahun

Dari hasil simulasi banjir rancangan periode ulang 10 tahun diketahui bahwa luasan genangan pada lokasi penelitian adalah Desa Jatiseeng seluas 20.6 ha, Desa Ciledug Wetan 70.2 ha, Desa Karangsembung 41.6 ha, Desa Ciledug Lor 60.3 ha, Desa Kalibuntu 147.2 ha, Desa Bojongsari 410.6 ha, Losari Kidul 121.7 ha (Gambar 4-87).



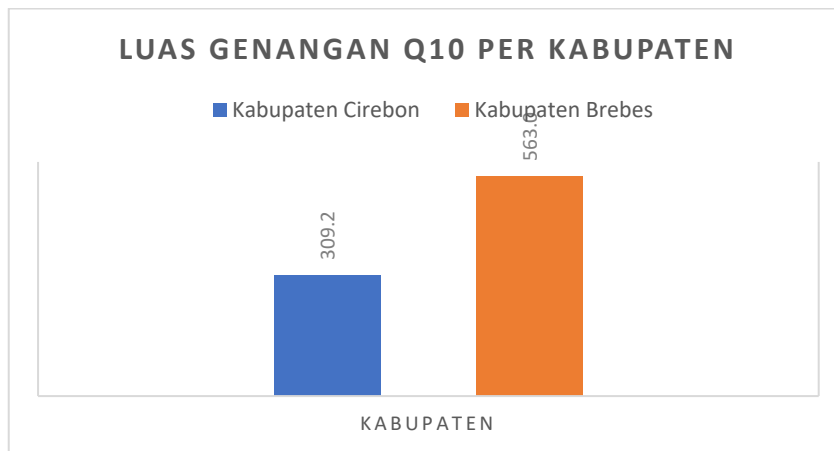
Gambar 4-87 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 10 Tahun per Desa

Sedangkan jika dikelompokkan berdasarkan kecamatan (Gambar 4-88) luasan genangan pada Kecamatan Ciledug seluas 151.1 ha, Kecamatan Pabedilan 147.2 ha, Kecamatan Losari 1 (Kab. Cirebon) 10.9 ha dan Kecamatan Losari 2 (Kab. Brebes) 563 ha.

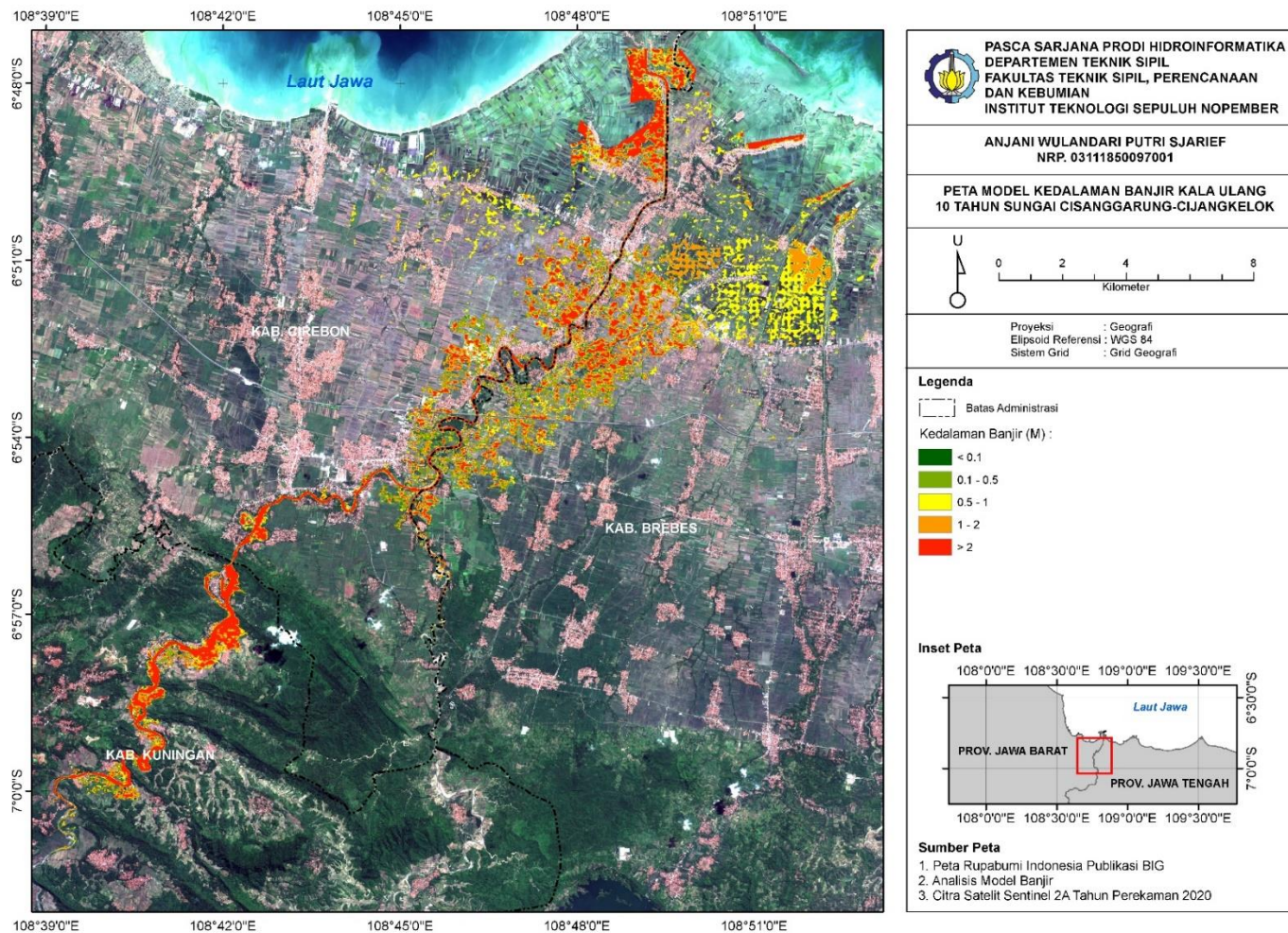


Gambar 4-88 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 10 Tahun per Kecamatan

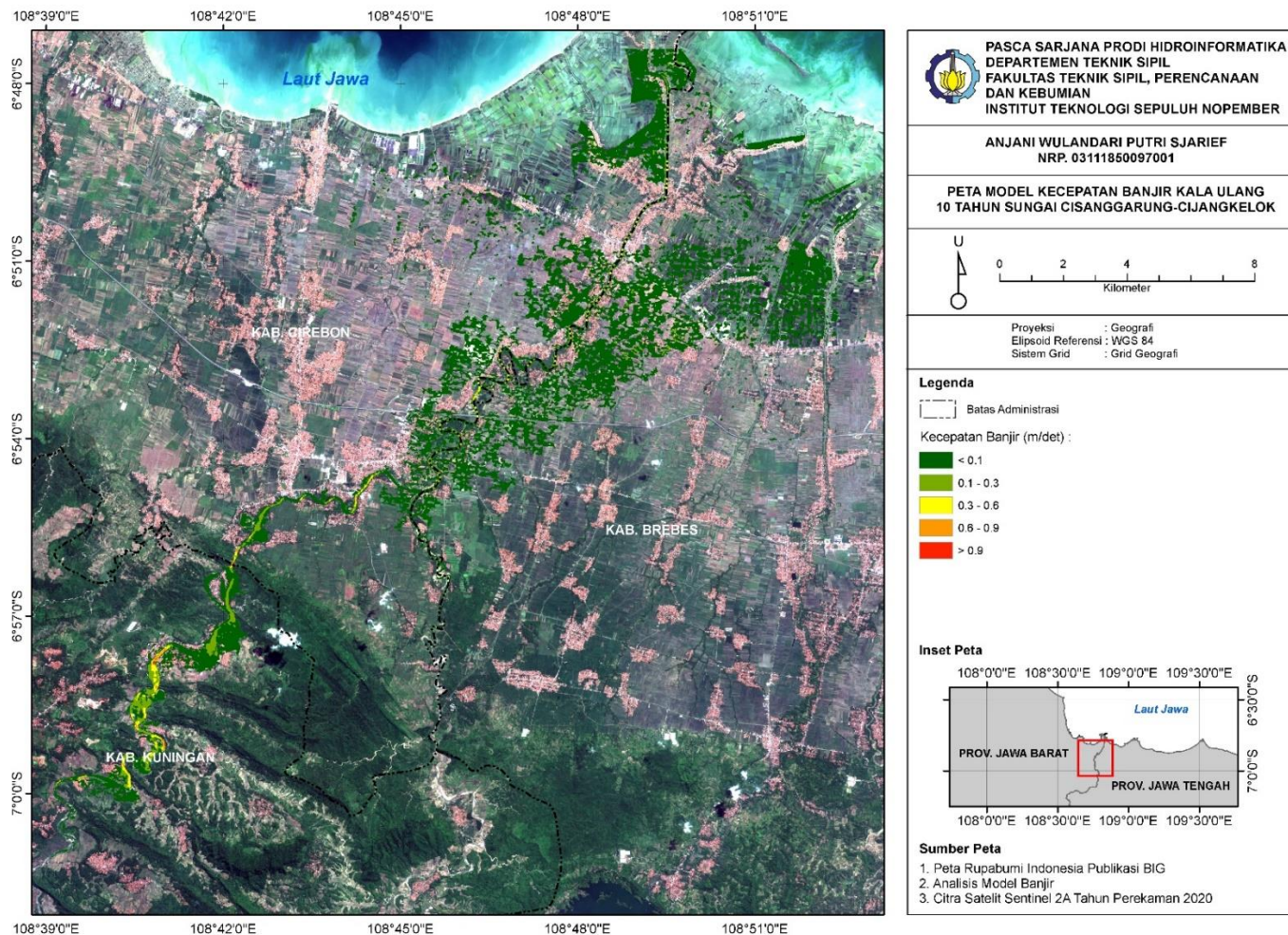
Pada Gambar 4-89 luas genangan di kelompokkan berdasarkan Kabupaten, yaitu Kabupaten Cirebon dengan luasan genangan sebesar 309.2 ha dan Kabupaten Brebes sebesar 563 ha.



Gambar 4-89 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 10 Tahun per Kabupaten



Gambar 4-90 Peta Kedalaman Banjir Rancangan Periode Ulang 10 Tahun

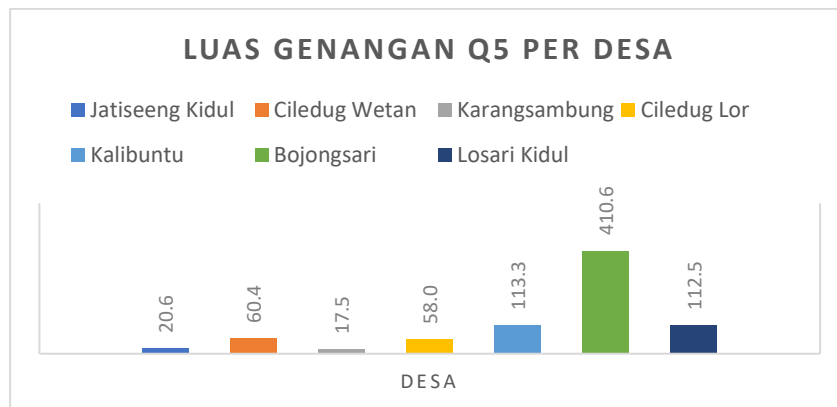


Gambar 4-91 Peta Kecepatan Banjir Rancangan Periode Ulang 10 Tahun

Dengan kecepatan banjir di Desa Jatiseeng 0.06 m/det, Desa Ciledug Wetan 0.01 m/det, Desa Karangsembung 0.01 m/det, Desa Ciledug Lor 0.10 m/det, Desa Kalibuntu 0.05 m/det, Desa Bojongsari 0.01 m/det dan Losari Kidul 0.01 m/det.

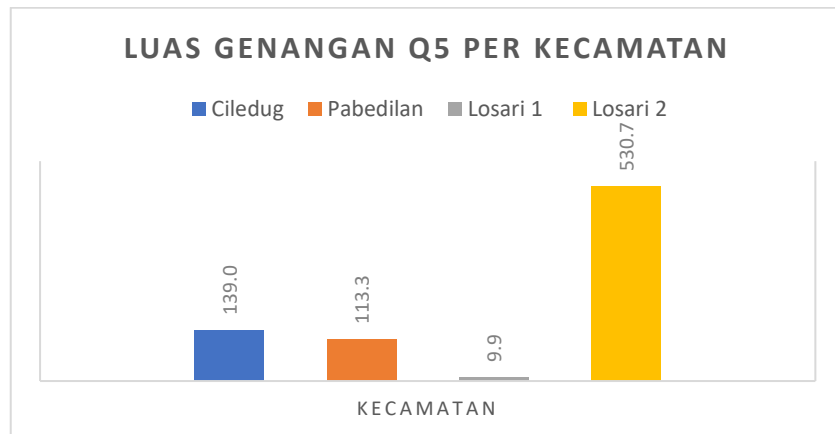
4.10.6 Peta Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 5 Tahun

Dari hasil simulasi banjir rancangan periode ulang 5 tahun diketahui bahwa luasan genangan pada lokasi penelitian adalah Desa Jatiseeng seluas 20.6 ha, Desa Ciledug Wetan 60.4 ha, Desa Karangsembung 17.5 ha, Desa Ciledug Lor 58 ha, Desa Kalibuntu 113.3 ha, Desa Bojongsari 410.6 ha, Losari Kidul 112.5 ha (Gambar 4-92).



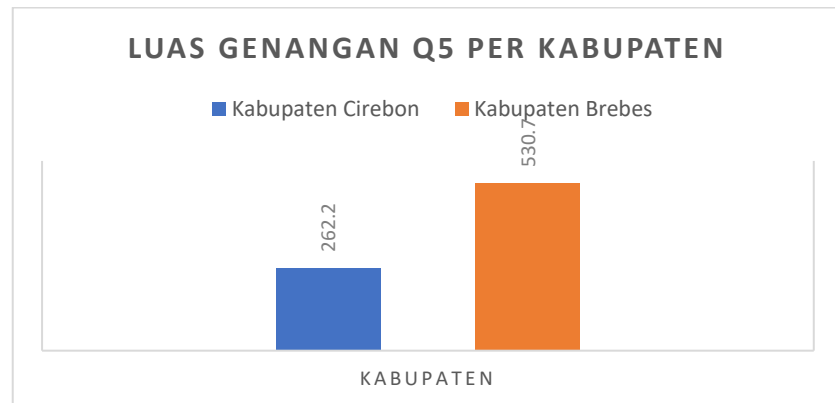
Gambar 4-92 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 5 Tahun per Desa

Sedangkan jika dikelompokkan berdasarkan kecamatan (Gambar 4-93) luasan genangan pada Kecamatan Ciledug seluas 139 ha, Kecamatan Pabedilan 113.3 ha, Kecamatan Losari 1 (Kab. Cirebon) 9.9 ha dan Kecamatan Losari 2 (Kab. Brebes) 530.7 ha.

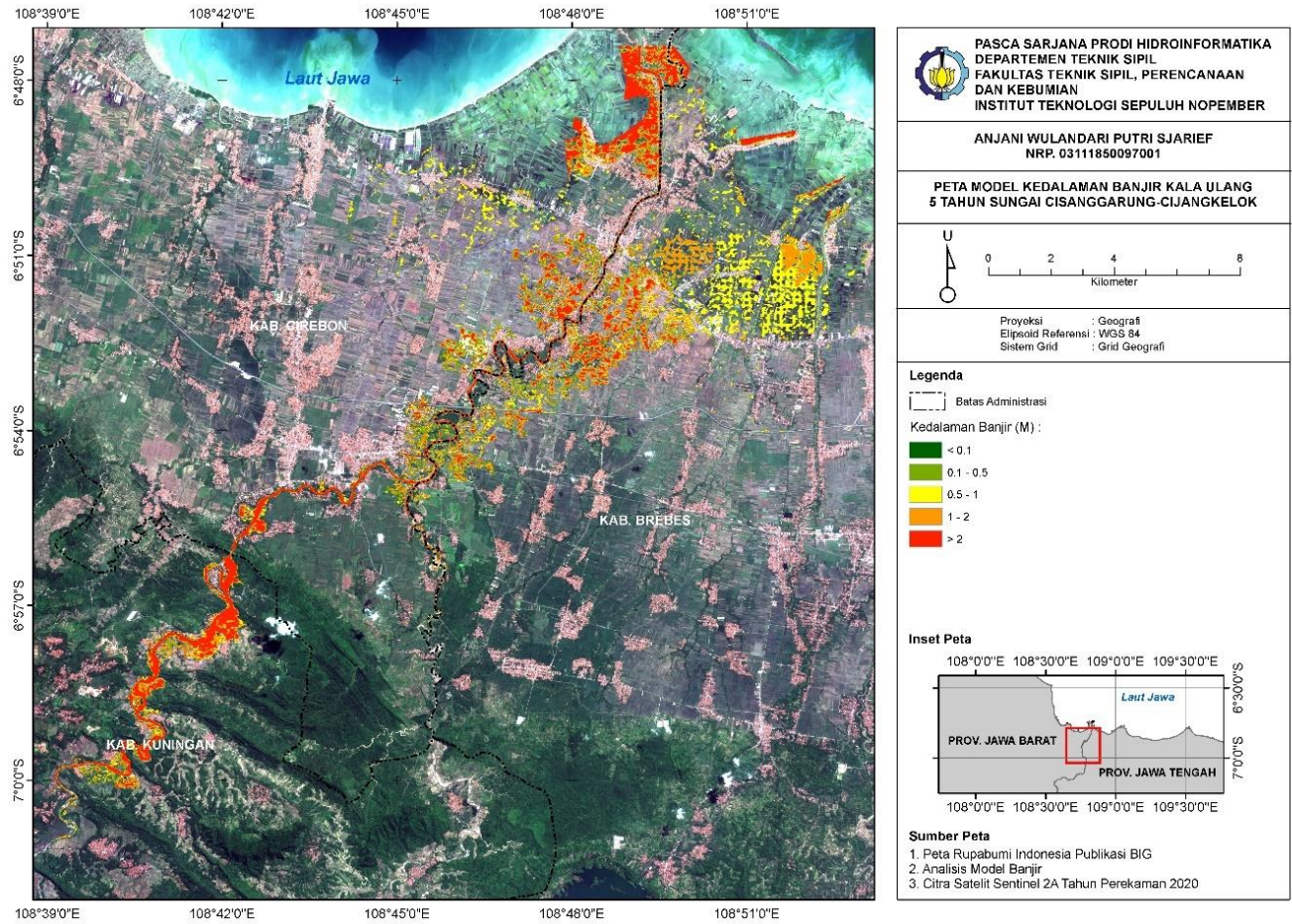


Gambar 4-93 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 5 Tahun per Kecamatan

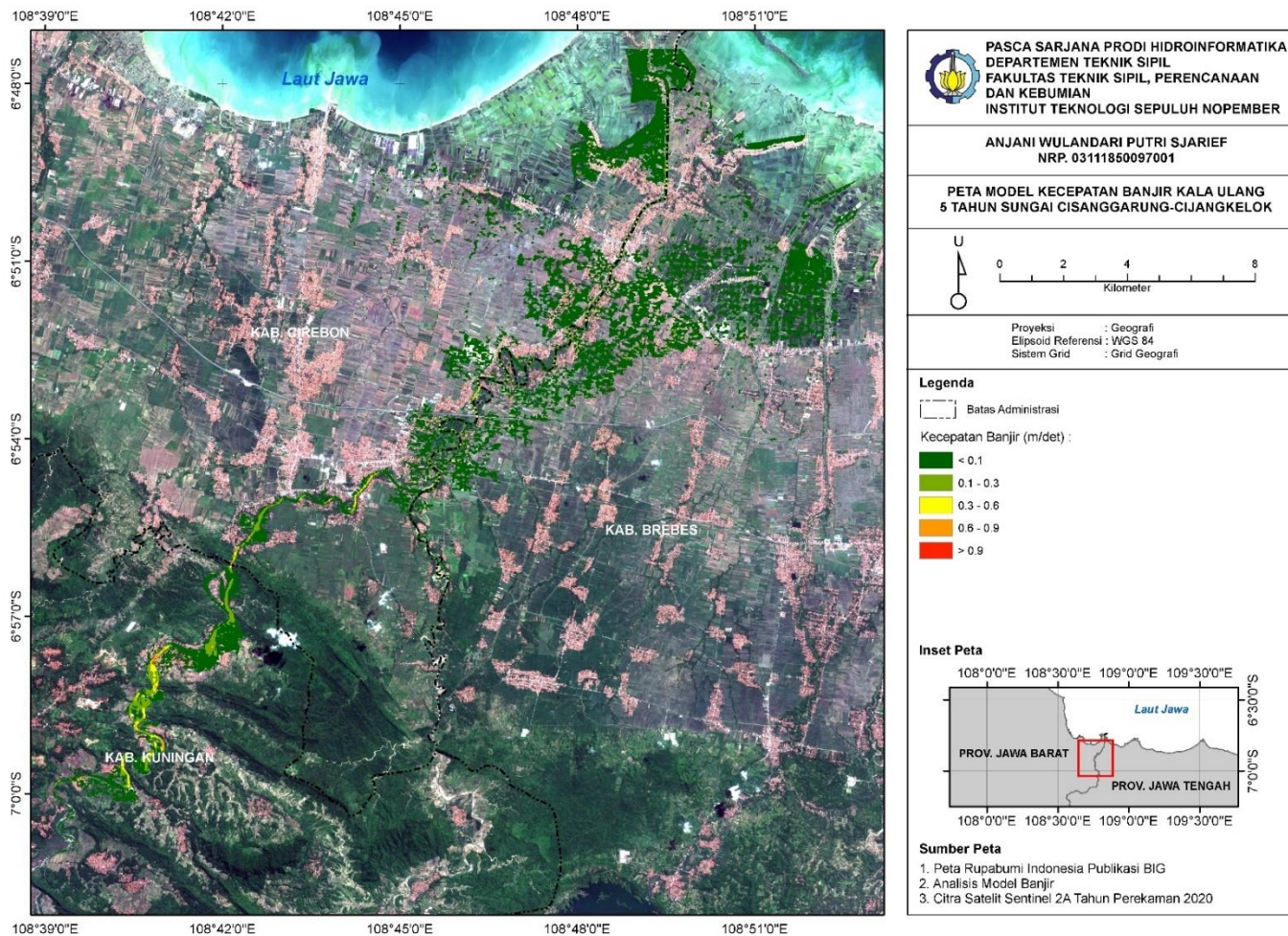
Pada Gambar 4-94 luas genangan di kelompokkan berdasarkan Kabupaten, yaitu Kabupaten Cirebon dengan luasan genangan sebesar 262.2 ha dan Kabupaten Brebes sebesar 530.7 ha.



Gambar 4-94 Luas Genangan Banjir Rancangan Periode Ulang 5 Tahun per Kabupaten



Gambar 4-95 Peta Kedalaman Banjir Rancangan Periode Ulang 5 Tahun



Gambar 4-96 Peta Kecepatan Banjir Rancangan Periode Ulang 5 Tahun

Dengan kecepatan banjir di Desa Jatiseeng 0.04 m/det, Desa Ciledug Wetan 0.01 m/det, Desa Karangsembung 0 m/det, Desa Ciledug Lor 0.01 m/det, Desa Kalibuntu 0.01 m/det, Desa Bojongsari 0.01 m/det dan Losari Kidul 0.01 m/det.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari berbagai Analisa yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

1. Dari hasil Analisa debit banjir rencana pada Sungai Cisanggarung dan Sungai Cijangkelok adalah sebagai berikut:
 - Debit banjir rancangan pada Sungai Cisanggarung untuk periode 2 tahun sebesar 574.963 m³/d, periode 5 tahun sebesar 771.740 m³/d, periode 10 tahun sebesar 936.208 m³/d, periode 25 tahun sebesar 1187.151 m³/d, periode 50 tahun sebesar 1409.129 m³/d, periode 100 tahun sebesar 1664.197 m³/d, dan periode 1000 tahun sebesar 2832.379 m³/d.
 - Sedangkan pada Sungai Cijangkelok debit banjir rancangan untuk periode 2 tahun sebesar 191.515 m³/d, periode 5 tahun sebesar 256.248 m³/d, periode 10 tahun sebesar 310.353 m³/d, periode 25 tahun sebesar 392.906 m³/d, periode 50 tahun sebesar 465.930 m³/d, periode 100 tahun sebesar 549.839 m³/d, dan periode 1000 tahun sebesar 934.134 m³/d.
2. Berdasarkan hasil perbandingan antara genangan yang dihasilkan model dan genangan hasil dari observasi didapatkan secara visualisasi memiliki kemiripan yang cukup baik. Daerah yang tergenang berdasarkan observasi lapangan terpenuhi oleh genangan hasil dari model. Dapat dikatakan hasil pemodelan genangan yang dilakukan cukup memberikan hasil yang baik meski dibuat berdasarkan beberapa keterbatasan seperti data DEM, bukan hasil pengukuran, melainkan data global hasil penginderaan satelit. Grid yang dipakai dari DEM berpengaruh terhadap hasil model genangan. Namun dengan beberapa keterbatasan dalam pemodelan, genangan yang dihasilkan cukup menggambarkan kondisi genangan aktual terlihat dari hasil perhitungan nilai RMSE yaitu 0.19.
3. luas genangan untuk Banjir 2017 1169.0 ha, Periode ulang 100 Tahun 820.6 ha, 50 Tahun 748.5 ha, 25 Tahun 830.2 ha, 10 Tahun 872.3 ha, 5 Tahun 792.8 ha; dengan kedalaman maximal > 2 m dan kecepatan banjir 0.6 m/det.

4. Faktor yang mempengaruhi banjir pada Sungai Cisanggarung dan Sungai Cijangkelok adalah sebagai berikut:
 - Terjadinya sedimentasi di sungai, yang mengakibatkan perubahan penampang sungai dan terjadi pendangkalan.
 - Pemukiman yang dibangun di bantaran sungai, penyebab banjir biasanya adalah kurang tertatanya pemukiman penduduk yang berada di daerah bantaran sungai. Selain itu, keadaan tanah di sekitar kiri dan kanan bangunan bisa saja runtuh dan menutup sisi-sisi sungai. Hal tersebut menyebabkan penyempitan aliran sungai dan rawan akan terjadinya banjir.
 - Curah hujan yang cukup tinggi, jika hujan lebat terjadi telah berlarut-larut dalam waktu yang lama akan sangat berpotensi terjadi banjir.
 - Tanah yang tidak mampu menyerap air. Ketidakmampuan tanah dalam melakukan penyerapan air biasanya disebabkan karena berkurangnya lahan hijau atau lahan terbuka lainnya yang ada di perkotaan. Hal tersebut mengakibatkan air masuk ke dalam sungai. Apabila tempat-tempat tersebut sudah meluap, dapat dipastikan bahwa air yang meluap mengakibatkan banjir.
 - Tanggul yang berada di pertemuan Sungai Cisanggarung dan Sungai Cijangkelok rusak dan jebol. Ini disebabkan karena tanggul tidak kuat menahan besarnya debit yang masuk di sungai tersebut, yang mengakibatkan tanggul rusak di beberapa titik.
 - Terjadinya perubahan morfologi sungai terutama dibagian tikungan sungai yang sudah mengalami penyempitan.
5. Peta genangan Sungai Cisanggarung dibuat berdasarkan hasil dari simulasi model genangan. Data yang digunakan berupa kedalaman, kecepatan dan luasan genangan pada Kabupaten Cirebon (Ciledug, Pabedilan dan Losari 1) pada periode ulang 5 tahun 262.2 ha, 10 tahun 309.2 ha, 25 tahun 354.9 ha, 50 tahun 254.9 ha dan 100 tahun 292.9 ha. Sedangkan luasan genangan pada Kabupaten Brebes (Losari 2) untuk periode ulang 5 tahun seluas 530.7 ha, 10 tahun 563 ha, 25 tahun 475.9 ha, 50 tahun 493.6 ha, 100 tahun 527.7 ha dengan kedalaman 0,5 – 2 m dan kecepatan 0,1 – 0.6 m/dtk.

5.2 **Saran**

Dalam pemodelan tentu ada beberapa kekurangan yang dilakukan dan ditutupi dengan beberapa asumsi. Meskipun hasil pemodelan menunjukkan hasil yang positif akan tetapi kekurangan tersebut perlu diperbaiki.

1. Perlu adanya pengukuran penampang melintang Sungai Cisanggarung dan Cijangkelok untuk menambah nilai kesahihan model kedepannya. Mengingat data penampang melintang yang digunakan berdasarkan data DEMNAS
2. Perlu dilakukan pengukuran kecepatan pada beberapa lokasi untuk menambah keabsahan parameter penampang sungai pada model yang akan dibuat.
3. Hasil perhitungan hidrologi yang dipakai dalam penelitian ini masih perlu divalidasi dengan data-data terukur agar hasil simulasi model lebih mendekati kenyataan. Dalam penelitian ini, validasi model tidak dilakukan karena keterbatasan data terukur sebagai pembanding. Data terukur dimaksud adalah rekaman data hujan jam-jaman dan rekaman tinggi muka air jam-jaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C, (1995), *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Belladonna, Meilani., (2017), *Pemetaan Daerah Genangan dan Kajian Genangan Banjir Pada Kawasan Komersial di Kelurahan Rawa Makmur*, Majalah Teknis Simes Vol. 11 No. 1 Januari 2017, Bengkulu.
- BBWS Cimanuk Cisanggarung, (2015), *Review Pola Pengelolaan SDA WS Cimanuk Cisanggarung*, Cirebon.
- BBWS Cimanuk Cisanggarung, (2016), *Studi Pengendalian Banjir di DAS Cisanggarung*, Cirebon.
- BBWS Cimanuk Cisanggarung, (2016), *Studi Penyusunan Peta Potensi Banjir dan Kekeringan WS Cimanuk Cisanggarung*, Cirebon.
- Gilles, Daniel., Young, Nathan., Schroeder, Harvest., Piottrowski, Jesse., Chang, Yi-Jia, (2012), *Inundation Mapping Initiatives of the Iowa Flood Center: Statewide Coverage and Detailed Urban Flooding Analysis*, Water 2012, 4, 85-106.
- Kodoatie, Robert J., dan Sjarief, Roestam, (2010), *Tata Ruang Air*, Andi, Yogyakarta.
- Kodoatie, Robert J., dan Sugiyanto, (2002), *Cetakan 1: Banjir – Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- MIKE by DHI, (2012), *Mike Zero: Project Oriented Water Modelling Step-by-step training guide*, DHI Water and Environment, Denmark.
- MIKE by DHI, (2017), *Mike 21 Flow Model: Hydrodynamic Module User Guide*, DHI Water and Environment, Denmark.
- MIKE by DHI, (2017), *Mike 11 A Modelling System for Rivers and Channels User Guide*, DHI Water and Environment, Denmark.
- MIKE by DHI, (2009), *Mike Flood: 1D-2D Modelling User Manual*, DHI Water and Environment, Denmark.
- Murray R. Spiegel, (1981), *3rd Edition: Theory and Problem Of Statistics*, Kin Keong Printing CO. PTE. LTD. Singapore.

- Moe, Idham. Rizaldi, Akbar. Farid, Mohammad. Moerwanto, Arie. and Adi Kuntoro, Arno., (2018), *The use of rapid assessment for flood hazard map development in upper citarum river basin*. MATEC Web of Conferences. 229. 04011. 10.1051/matecconf/201822904011
- Nugroho, (2004), *Peranan Teknologi dalam pengelolaan Sumberdaya Air dan Mitigasi Bencana di Indonesia*, Prosiding Seminar Nasional Hari Air Sedunia 2004, Jakarta.
- Pratiwi, Ayu Eka., Widjajanti, Tri., Wyrasti, Andi Fajeriani, (2013), *Penurunan Persamaan Saint Venant Secara Geometris*, Vol.6 No.2 Hal. 172-200, Beta Nopember.
- Praja, Tauvan Ari, (2017), *Analisa Pengaruh Floodway Krueng Aceh Terhadap Banjir Yang Terjadi di Banda Aceh*, Universitas Muhammadiyah, Surakarta
- Ray K. Linsley, Joseph B. Franzini, (1991), *Teknik Sumber Daya Air*, Erlangga, Jakarta.
- Sri Harto Br, (1981), *Hidrologi Terapan*, Yogyakarta.
- Sri Harto Br, (1993), *Analisis Hidrologi*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sri Harto Br, (2000), *Hidrologi: Teori, Masalah dan Penyelesaian*, Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Suyono, Sosrodarsono., Kensaku, Takeda, (1999), *Hidrologi Untuk Pengairan*, Cetakan kedelapan, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sudjarwadi, (1987), *Teknik Sumber Daya Air*, Pusat Antar Universitas (PAU) Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suripin, (2004), *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Yogyakarta.
- Te Chow, Ven, (1959), *Open-channel Hydraulics*, McGraw-Hill, New York.
- Triatmojo, Bambang, (2008), *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Undang Undang No. 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana.
- Vera Wim Andiese, (2012), *Pengujian Metode Hidrograf Satuan Sintetik Gama I Dalam Analisis Debit Banjir Rancangan DAS Bangga*, Universitas Tadulako, Palu.

LAMPIRAN A

1. Banjir Rancangan Periode Ulang Subdas Cisanggarung

Waktu (Jam)	HS (m3/d)	Base Flow (m3/det)	Periode Ulang 2 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 5 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 10 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 25 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 50 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 100 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 1000 Tahun (m3/det)
0	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
1	0.452	2.16	11.99	15.37	18.19	22.50	26.31	30.69	50.73
2	2.385	2.16	56.60	75.30	90.94	114.79	135.88	160.13	271.16
3	6.312	2.16	154.74	207.16	250.97	317.81	376.94	444.88	756.05
4	12.590	2.16	322.59	432.67	524.68	665.06	789.23	931.92	1585.41
5	21.509	2.16	574.96	771.74	936.21	1187.15	1409.13	1664.20	2832.38
6	16.906	2.16	568.77	763.42	926.11	1174.34	1393.92	1646.23	2801.79
7	13.288	2.16	534.22	717.00	869.78	1102.87	1309.06	1545.99	2631.08
8	10.444	2.16	487.71	654.51	793.93	1006.64	1194.81	1411.02	2401.26
9	8.209	2.16	432.55	580.40	703.97	892.52	1059.31	1250.96	2128.69
10	6.453	2.16	367.51	493.02	597.92	757.98	899.56	1062.25	1807.35
11	5.496	2.16	298.55	400.36	485.46	615.31	730.17	862.15	1466.60
12	4.681	2.16	245.37	328.92	398.75	505.30	599.55	707.85	1203.85
13	3.986	2.16	203.73	272.98	330.86	419.17	497.28	587.04	998.13
14	2.950	2.16	161.12	215.73	261.38	331.02	392.62	463.41	787.60
15	2.616	2.16	136.01	182.00	220.43	279.07	330.94	390.55	663.53
16	2.319	2.16	116.96	156.40	189.37	239.66	284.15	335.27	569.40
17	2.056	2.16	101.22	135.25	163.69	207.08	245.47	289.58	491.59

Waktu (Jam)	HS (m3/d)	Base Flow (m3/det)	Periode Ulang 2 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 5 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 10 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 25 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 50 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 100 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 1000 Tahun (m3/det)
18	1.823	2.16	88.04	117.55	142.21	179.83	213.11	251.35	426.50
19	1.616	2.16	76.94	102.63	124.10	156.86	185.84	219.14	371.65
20	1.433	2.16	68.46	91.23	110.27	139.31	165.01	194.53	329.73
21	1.270	2.16	60.94	81.13	98.01	123.76	146.53	172.71	292.58
22	1.126	2.16	54.27	72.17	87.13	109.96	130.16	153.36	259.63
23	0.998	2.16	48.36	64.23	77.50	97.73	115.64	136.21	230.43
24	0.885	2.16	43.12	57.19	68.95	86.89	102.77	121.01	204.54
25	0.785	2.16	38.47	50.95	61.37	77.28	91.35	107.52	181.58
26	0.696	2.16	34.35	45.41	54.66	68.76	81.24	95.57	161.23
27	0.617	2.16	30.70	40.51	48.70	61.21	72.27	84.98	143.19
28	0.547	2.16	27.47	36.16	43.42	54.51	64.32	75.58	127.19
29	0.485	2.16	24.59	32.30	38.74	48.57	57.26	67.25	113.01
30	0.430	2.16	22.05	28.88	34.59	43.31	51.01	59.87	100.43
31	0.381	2.16	19.79	25.85	30.91	38.64	45.47	53.32	89.29
32	0.338	2.16	17.79	23.16	27.65	34.50	40.56	47.52	79.40
33	0.299	2.16	16.02	20.78	24.76	30.83	36.20	42.38	70.64
34	0.266	2.16	14.45	18.67	22.20	27.58	32.34	37.81	62.87
35	0.235	2.16	13.05	16.80	19.92	24.70	28.92	33.77	55.99
36	0.209	2.16	11.82	15.14	17.91	22.14	25.88	30.18	49.88
37	0.185	2.16	10.72	13.66	16.12	19.87	23.19	27.01	44.47
38	0.164	2.16	9.75	12.36	14.54	17.87	20.81	24.19	39.67
39	0.145	2.16	8.89	11.20	13.14	16.08	18.69	21.69	35.41

Waktu (Jam)	HS (m3/d)	Base Flow (m3/det)	Periode Ulang 2 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 5 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 10 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 25 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 50 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 100 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 1000 Tahun (m3/det)
40	0.129	2.16	8.13	10.18	11.89	14.50	16.82	19.47	31.64
41	0.114	2.16	7.45	9.27	10.79	13.10	15.15	17.51	28.30
42	0.101	2.16	6.85	8.46	9.81	11.86	13.68	15.77	25.33
43	0.090	2.16	6.32	7.75	8.94	10.76	12.37	14.23	22.71
44	0.080	2.16	5.85	7.11	8.17	9.79	11.22	12.86	20.37
45	0.071	2.16	5.43	6.55	7.49	8.92	10.19	11.64	18.31
46	0.063	2.16	5.06	6.05	6.89	8.15	9.28	10.57	16.48
47	0.056	2.16	4.73	5.61	6.35	7.48	8.47	9.61	14.85
48	0.049	2.16	4.44	5.22	5.87	6.87	7.75	8.77	13.41
49	0.044	2.16	4.18	4.87	5.45	6.34	7.12	8.02	12.14
50	0.039	2.16	3.95	4.57	5.08	5.86	6.56	7.35	11.01
51	0.034	2.16	3.75	4.29	4.75	5.44	6.06	6.77	10.00
52	0.030	2.16	3.57	4.05	4.46	5.07	5.62	6.24	9.11
53	0.027	2.16	3.41	3.84	4.19	4.74	5.22	5.78	8.32
54	0.024	2.16	3.27	3.65	3.96	4.45	4.88	5.37	7.63
55	0.021	2.16	3.14	3.48	3.76	4.19	4.57	5.01	7.01
56	0.019	2.16	3.03	3.33	3.58	3.96	4.30	4.68	6.46
57	0.017	2.16	2.93	3.20	3.42	3.76	4.05	4.40	5.97
58	0.015	2.16	2.84	3.08	3.28	3.57	3.84	4.14	5.54
59	0.013	2.16	2.77	2.97	3.15	3.41	3.65	3.92	5.15
60	0.012	2.16	2.70	2.88	3.04	3.27	3.48	3.72	4.81
61	0.010	2.16	2.64	2.80	2.94	3.15	3.33	3.54	4.51

Waktu (Jam)	HS (m3/d)	Base Flow (m3/det)	Periode Ulang 2 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 5 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 10 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 25 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 50 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 100 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 1000 Tahun (m3/det)
62	0.009	2.16	2.58	2.73	2.85	3.03	3.20	3.39	4.25
63	0.008	2.16	2.54	2.66	2.77	2.94	3.08	3.25	4.01
64	0.007	2.16	2.49	2.61	2.70	2.85	2.98	3.12	3.80
65	0.006	2.16	2.46	2.56	2.64	2.77	2.88	3.01	3.61
66	0.006	2.16	2.42	2.51	2.59	2.70	2.80	2.92	3.45
67	0.005	2.16	2.39	2.47	2.54	2.64	2.73	2.83	3.30
68	0.004	2.16	2.37	2.44	2.50	2.58	2.66	2.76	3.17
69	0.004	2.16	2.34	2.41	2.46	2.54	2.61	2.69	3.06
70	0.003	2.16	2.32	2.38	2.42	2.49	2.56	2.63	2.96
71	0.003	2.16	2.30	2.35	2.39	2.46	2.51	2.58	2.87
72	0.003	2.16	2.29	2.33	2.37	2.42	2.47	2.53	2.79
73	0.002	2.16	2.27	2.31	2.34	2.39	2.44	2.49	2.72
74	0.002	2.16	2.26	2.29	2.32	2.37	2.41	2.45	2.65
75	0.002	2.16	2.25	2.28	2.30	2.34	2.38	2.42	2.60
76	0.002	2.16	2.24	2.27	2.29	2.32	2.35	2.39	2.55
77	0.001	2.16	2.23	2.25	2.27	2.30	2.33	2.36	2.50
78	0.001	2.16	2.22	2.24	2.26	2.29	2.31	2.34	2.46
79	0.001	2.16	2.22	2.23	2.25	2.27	2.29	2.32	2.43
80	0.001	2.16	2.21	2.23	2.24	2.26	2.28	2.30	2.40
81	0.001	2.16	2.20	2.22	2.23	2.25	2.27	2.29	2.37
82	0.001	2.16	2.20	2.21	2.22	2.24	2.25	2.27	2.35
83	0.001	2.16	2.19	2.21	2.22	2.23	2.24	2.26	2.33

Waktu (Jam)	HS (m3/d)	Base Flow (m3/det)	Periode Ulang 2 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 5 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 10 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 25 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 50 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 100 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 1000 Tahun (m3/det)
84	0.001	2.16	2.19	2.20	2.21	2.22	2.23	2.25	2.31
85	0.001	2.16	2.19	2.20	2.20	2.22	2.23	2.24	2.29
86	0.001	2.16	2.18	2.19	2.20	2.21	2.22	2.23	2.28
87	0.000	2.16	2.18	2.19	2.19	2.20	2.21	2.22	2.26
88	0.000	2.16	2.18	2.19	2.19	2.20	2.21	2.21	2.25
89	0.000	2.16	2.18	2.18	2.19	2.19	2.20	2.21	2.24
90	0.000	2.16	2.18	2.18	2.18	2.19	2.20	2.20	2.23
91	0.000	2.16	2.17	2.18	2.18	2.19	2.19	2.20	2.22
92	0.000	2.16	2.17	2.18	2.18	2.18	2.19	2.19	2.22
93	0.000	2.16	2.17	2.17	2.18	2.18	2.19	2.19	2.21
94	0.000	2.16	2.17	2.17	2.18	2.18	2.18	2.19	2.21
95	0.000	2.16	2.17	2.17	2.17	2.18	2.18	2.18	2.20
96	0.000	2.16	2.17	2.17	2.17	2.18	2.18	2.18	2.20
97	0.000	2.16	2.17	2.17	2.17	2.17	2.18	2.18	2.19
98	0.000	2.16	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.18	2.19
99	0.000	2.16	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.18	2.19
100	0.000	2.16	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.18
101	0.000	2.16	2.16	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.18
102	0.000	2.16	2.16	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.18
103	0.000	2.16	2.16	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.18
104	0.000	2.16	2.16	2.16	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17
105	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.17	2.17	2.17	2.17

Waktu (Jam)	HS (m3/d)	Base Flow (m3/det)	Periode Ulang 2 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 5 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 10 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 25 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 50 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 100 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 1000 Tahun (m3/det)
106	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.17	2.17	2.17	2.17
107	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.17	2.17	2.17
108	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.17	2.17	2.17
109	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.17	2.17
110	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.17
111	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.17
112	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.17
113	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.17
114	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
115	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
116	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
117	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
118	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
119	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
120	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
121	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
122	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
123	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
124	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
125	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
126	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
127	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16

Waktu (Jam)	HS (m3/d)	Base Flow (m3/det)	Periode Ulang 2 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 5 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 10 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 25 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 50 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 100 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 1000 Tahun (m3/det)
128	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
129	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
130	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
131	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
132	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
133	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
134	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
135	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
136	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
137	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
138	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
139	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
140	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
141	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
142	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
143	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
144	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
145	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
146	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
147	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
148	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
149	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16

Waktu (Jam)	HS (m3/d)	Base Flow (m3/det)	Periode Ulang 2 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 5 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 10 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 25 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 50 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 100 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 1000 Tahun (m3/det)
150	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
151	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
152	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
153	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
154	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
155	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
156	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
157	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
158	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
159	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
160	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
161	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
162	0.000	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16

2. Banjir Rancangan Periode Ulang Subdas Cijangkelok

Waktu (Jam)	HS (m3/d)	Base Flow (m3/det)	Periode Ulang 2 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 5 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 10 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 25 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 50 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 100 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 1000 Tahun (m3/det)
0	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
1	0.149	3.08	6.31	7.43	8.35	9.77	11.02	12.46	19.06
2	0.785	3.08	20.99	27.14	32.29	40.13	47.07	55.05	91.57
3	2.076	3.08	53.27	70.52	84.93	106.92	126.37	148.72	251.09
4	4.142	3.08	108.49	144.71	174.97	221.15	262.00	308.94	523.92
5	7.076	3.08	191.51	256.25	310.35	392.91	465.93	549.84	934.13
6	5.561	3.08	189.48	253.51	307.03	388.69	460.93	543.93	924.07
7	4.371	3.08	178.11	238.24	288.50	365.18	433.01	510.95	867.91
8	3.436	3.08	162.81	217.68	263.55	333.52	395.43	466.55	792.31
9	2.701	3.08	144.66	193.30	233.96	295.98	350.85	413.90	702.64
10	2.123	3.08	123.27	164.56	199.07	251.72	298.30	351.82	596.93
11	1.808	3.08	100.58	134.08	162.07	204.79	242.57	285.99	484.84
12	1.540	3.08	83.09	110.57	133.55	168.60	199.60	235.23	398.40
13	1.311	3.08	69.39	92.17	111.21	140.26	165.96	195.49	330.72
14	0.971	3.08	55.37	73.34	88.35	111.26	131.53	154.82	261.47
15	0.860	3.08	47.11	62.24	74.88	94.18	111.24	130.85	220.65
16	0.763	3.08	40.85	53.82	64.67	81.21	95.85	112.66	189.69
17	0.676	3.08	35.67	46.86	56.22	70.49	83.12	97.63	164.09
18	0.600	3.08	31.33	41.04	49.15	61.53	72.48	85.06	142.68
19	0.532	3.08	27.68	36.13	43.20	53.97	63.51	74.46	124.63
20	0.471	3.08	24.89	32.38	38.64	48.20	56.65	66.36	110.84

Waktu (Jam)	HS (m3/d)	Base Flow (m3/det)	Periode Ulang 2 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 5 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 10 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 25 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 50 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 100 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 1000 Tahun (m3/det)
21	0.418	3.08	22.42	29.06	34.61	43.08	50.57	59.19	98.62
22	0.370	3.08	20.22	26.11	31.03	38.54	45.19	52.82	87.78
23	0.328	3.08	18.28	23.50	27.86	34.52	40.41	47.18	78.17
24	0.291	3.08	16.55	21.18	25.05	30.96	36.18	42.18	69.66
25	0.258	3.08	15.03	19.13	22.56	27.79	32.42	37.74	62.10
26	0.229	3.08	13.67	17.31	20.35	24.99	29.09	33.81	55.41
27	0.203	3.08	12.47	15.70	18.39	22.51	26.14	30.32	49.47
28	0.180	3.08	11.41	14.26	16.65	20.30	23.53	27.23	44.21
29	0.159	3.08	10.46	13.00	15.12	18.35	21.21	24.49	39.55
30	0.141	3.08	9.62	11.87	13.75	16.62	19.15	22.07	35.41
31	0.125	3.08	8.88	10.87	12.54	15.08	17.33	19.91	31.74
32	0.111	3.08	8.22	9.99	11.47	13.72	15.71	18.00	28.49
33	0.099	3.08	7.64	9.21	10.52	12.51	14.28	16.31	25.61
34	0.087	3.08	7.12	8.51	9.67	11.44	13.01	14.81	23.05
35	0.077	3.08	6.66	7.90	8.92	10.49	11.88	13.48	20.79
36	0.069	3.08	6.26	7.35	8.26	9.65	10.88	12.30	18.78
37	0.061	3.08	5.90	6.87	7.67	8.91	10.00	11.25	17.00
38	0.054	3.08	5.58	6.44	7.15	8.25	9.21	10.33	15.42
39	0.048	3.08	5.29	6.06	6.69	7.66	8.52	9.50	14.02
40	0.042	3.08	5.04	5.72	6.28	7.14	7.90	8.78	12.78
41	0.038	3.08	4.82	5.42	5.92	6.68	7.36	8.13	11.68
42	0.033	3.08	4.62	5.15	5.60	6.27	6.87	7.56	10.70

Waktu (Jam)	HS (m3/d)	Base Flow (m3/det)	Periode Ulang 2 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 5 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 10 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 25 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 50 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 100 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 1000 Tahun (m3/det)
43	0.030	3.08	4.45	4.92	5.31	5.91	6.44	7.05	9.84
44	0.026	3.08	4.29	4.71	5.06	5.59	6.06	6.60	9.07
45	0.023	3.08	4.16	4.53	4.83	5.30	5.72	6.20	8.39
46	0.021	3.08	4.03	4.36	4.64	5.05	5.42	5.85	7.79
47	0.018	3.08	3.93	4.22	4.46	4.83	5.16	5.53	7.26
48	0.016	3.08	3.83	4.09	4.30	4.63	4.92	5.25	6.78
49	0.014	3.08	3.75	3.97	4.16	4.45	4.59	5.01	6.36
50	0.013	3.08	3.67	3.87	4.04	4.30	4.42	4.79	5.99
51	0.011	3.08	3.60	3.78	3.93	4.16	4.27	4.60	5.66
52	0.010	3.08	3.54	3.70	3.84	4.04	4.13	4.42	5.37
53	0.009	3.08	3.49	3.63	3.75	3.93	4.01	4.27	5.11
54	0.008	3.08	3.44	3.57	3.67	3.83	3.91	4.14	4.88
55	0.007	3.08	3.40	3.51	3.61	3.75	3.81	4.02	4.67
56	0.006	3.08	3.37	3.47	3.55	3.67	3.73	3.91	4.49
57	0.005	3.08	3.33	3.42	3.49	3.61	3.66	3.82	4.33
58	0.005	3.08	3.31	3.38	3.45	3.55	3.59	3.73	4.19
59	0.004	3.08	3.28	3.35	3.41	3.49	3.53	3.66	4.07
60	0.004	3.08	3.26	3.32	3.37	3.45	3.48	3.59	3.95
61	0.003	3.08	3.24	3.29	3.34	3.40	3.44	3.54	3.85
62	0.003	3.08	3.22	3.27	3.31	3.37	3.40	3.48	3.77
63	0.003	3.08	3.20	3.25	3.28	3.34	3.36	3.44	3.69
64	0.002	3.08	3.19	3.23	3.26	3.31	3.33	3.40	3.62

Waktu (Jam)	HS (m3/d)	Base Flow (m3/det)	Periode Ulang 2 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 5 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 10 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 25 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 50 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 100 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 1000 Tahun (m3/det)
65	0.002	3.08	3.18	3.21	3.24	3.28	3.30	3.36	3.56
66	0.002	3.08	3.17	3.20	3.22	3.26	3.28	3.33	3.50
67	0.002	3.08	3.16	3.18	3.20	3.24	3.25	3.30	3.46
68	0.001	3.08	3.15	3.17	3.19	3.22	3.23	3.28	3.41
69	0.001	3.08	3.14	3.16	3.18	3.20	3.22	3.25	3.38
70	0.001	3.08	3.13	3.15	3.17	3.19	3.20	3.23	3.34
71	0.001	3.08	3.13	3.14	3.16	3.18	3.19	3.22	3.31
72	0.001	3.08	3.12	3.14	3.15	3.17	3.18	3.20	3.29
73	0.001	3.08	3.12	3.13	3.14	3.16	3.16	3.19	3.26
74	0.001	3.08	3.11	3.12	3.13	3.15	3.16	3.18	3.24
75	0.001	3.08	3.11	3.12	3.13	3.14	3.15	3.17	3.22
76	0.001	3.08	3.11	3.12	3.12	3.13	3.14	3.16	3.21
77	0.000	3.08	3.10	3.11	3.12	3.13	3.13	3.15	3.19
78	0.000	3.08	3.10	3.11	3.11	3.12	3.13	3.14	3.18
79	0.000	3.08	3.10	3.10	3.11	3.12	3.12	3.13	3.17
80	0.000	3.08	3.10	3.10	3.11	3.11	3.12	3.13	3.16
81	0.000	3.08	3.09	3.10	3.10	3.11	3.11	3.12	3.15
82	0.000	3.08	3.09	3.10	3.10	3.11	3.11	3.12	3.14
83	0.000	3.08	3.09	3.10	3.10	3.10	3.11	3.11	3.14
84	0.000	3.08	3.09	3.09	3.10	3.10	3.10	3.11	3.13
85	0.000	3.08	3.09	3.09	3.10	3.10	3.10	3.11	3.12
86	0.000	3.08	3.09	3.09	3.09	3.10	3.10	3.10	3.12

Waktu (Jam)	HS (m3/d)	Base Flow (m3/det)	Periode Ulang 2 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 5 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 10 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 25 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 50 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 100 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 1000 Tahun (m3/det)
87	0.000	3.08	3.09	3.09	3.09	3.10	3.10	3.10	3.11
88	0.000	3.08	3.09	3.09	3.09	3.09	3.10	3.10	3.11
89	0.000	3.08	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09	3.10	3.11
90	0.000	3.08	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09	3.10
91	0.000	3.08	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09	3.10
92	0.000	3.08	3.08	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09	3.10
93	0.000	3.08	3.08	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09	3.10
94	0.000	3.08	3.08	3.08	3.09	3.09	3.09	3.09	3.10
95	0.000	3.08	3.08	3.08	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09
96	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.09	3.09	3.09	3.09
97	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.09	3.09	3.09	3.09
98	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.09	3.09	3.09
99	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.09	3.09
100	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.09	3.09
101	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.09
102	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.09
103	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.09
104	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.09
105	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
106	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
107	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
108	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08

Waktu (Jam)	HS (m3/d)	Base Flow (m3/det)	Periode Ulang 2 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 5 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 10 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 25 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 50 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 100 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 1000 Tahun (m3/det)
109	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
110	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
111	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
112	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
113	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
114	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
115	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
116	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
117	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
118	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
119	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
120	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
121	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
122	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
123	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
124	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
125	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
126	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
127	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
128	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
129	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
130	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08

Waktu (Jam)	HS (m3/d)	Base Flow (m3/det)	Periode Ulang 2 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 5 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 10 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 25 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 50 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 100 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 1000 Tahun (m3/det)
131	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
132	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
133	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
134	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
135	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
136	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
137	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
138	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
139	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
140	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
141	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
142	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
143	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
144	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
145	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
146	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
147	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
148	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
149	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
150	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
151	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
152	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08

Waktu (Jam)	HS (m3/d)	Base Flow (m3/det)	Periode Ulang 2 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 5 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 10 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 25 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 50 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 100 Tahun (m3/det)	Periode Ulang 1000 Tahun (m3/det)
153	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
154	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
155	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
156	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
157	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
158	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
159	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
160	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
161	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08
162	0.000	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Anjani Wulandari Putri Sjarief, Penulis dilahirkan di Rangkasbitung, 06 April 1985, merupakan anak kedua dari dua bersaudara pasangan suami istri H. Roem Sjarief dan Hj. Dida Farida. Penulis telah menempuh Pendidikan formal di TK Antam Cikotok (Banten), SDN 03 Pagi Grogol Selatan (DKI Jakarta), SLTP Antam Pomalaa (Sulawesi Tenggara), SMAN 04 Sukabumi (Jawa Barat).

Setelah lulus SMA pada tahun 2003, penulis melanjutkan Pendidikan Tinggi di Universitas Gunadarma program studi S1 Teknik Informatika, Fakultas Teknik Industri dan lulus pada tahun 2008. Riwayat pengalaman kerja pernah bekerja menjadi Sekretaris dan Admin *IT* di Hotel Batavia, *Network Administrator* dan *Database Analyst* di Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang dan Jasa Pemerintah (LKPP), dan pada tahun 2010 s.d sekarang penulis aktif bekerja di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Tahun 2018, melalui Program Beasiswa Pendidikan Kedinasan dan Vokasi Dalam Negeri, Kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), penulis melanjutkan pendidikan Program Magister Teknik bidang Hidroinformatika, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan. Bagi penulis merupakan suatu kebanggaan dapat menyelesaikan Pendidikan Magister dan menjadi bagian keluarga besar ITS.

Bagi pembaca yang ingin berdiskusi, memberikan saran dan kritik dapat berkorespondensi melalui email lasher.boolan@gmail.com atau anjani.sjarief@pu.go.id.