

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN TATA GUNA
LAHAN TERHADAP DEBIT BANJIR KOTA
MAGELANG WILAYAH TIMUR SALURAN IRIGASI
PROGO MANGGIS
(*ANALYSIS OF THE EFFECT OF LAND USE
CHANGES ON FLOOD DISCHARGE IN MAGELANG
CITY, EAST REGION OF PROGO MANGGIS
IRRIGATION CHANNEL*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



Annisya Rizqia Wardhani

17511197

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022**

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN TERHADAP DEBIT BANJIR KOTA MAGELANG WILAYAH TIMUR SALURAN IRIGASI PROGO MANGGIS (ANALYSIS OF THE EFFECT OF LAND USE CHANGES ON FLOOD DISCHARGE IN MAGELANG CITY, EAST REGION OF PROGO MANGGIS IRRIGATION CHANNEL)

Disusun oleh

Annisya Rizqia Wardhani

17511197

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 29 Desember 2022

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Pradipta Nandi W, S.T., M.Eng.
NIK: 135111102

Penguji I

Dr. Ir. Lalu Makrup, M.T.
NIK: 885110106

Penguji II

Dwi Astuti W. W. P., S.T., M.T.
NIK: 155111301

Mengesahkan:

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng.)
NIK: 095110101

PERYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 29 Desember 2022

Yang membuat pernyataan,

A handwritten signature in black ink is written over a pink 10,000 Rupiah Indonesian postage stamp. The stamp features a QR code and the Garuda Pancasila emblem.

Annisya Rizqia Wardhani

(17511197)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil 'alamin. Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT tuhan semesta alam, sehingga atas segala rahmat dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Kota Magelang Wilayah Timur Saluran Irigasi Progo Manggis. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi oleh penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Pradipta Nandi Wardhana, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan banyak ilmu, pengarahan, dan dukungan demi terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Lalu Makrup, M.T. dan Ibu Dwi Astuti Wahyu Wulan Pratiwi, S.T., M.T., selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah memberikan banyak masukan, kritik maupun saran, dan evaluasi agar lebih baik di kemudian hari.
4. Kedua orang tua saya, adik tercinta, dan seluruh keluarga besar, yang selalu memberikan motivasi dan dukungan serta doa selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Saudara Agusty Bayu Murizky, yang senantiasa memberikan dukungan dan saran selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Saudara Martha Dika Isyahputri S.T., Nuzullul Aghniya, Tara Niate Guntara, Iqron Hillayat Alhadis S.T., Gita Dwi Marsha S.T., Assyfa Widy Kurnia, S.T., dan teman-teman lainnya yang tidak bisa disebutkan namanya satu per satu

yang sudah memberikan motivasi dan semangat selama pengerjaan Tugas Akhir sampai selesai.

7. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2017 yang sudah memberikan bantuan selama proses perkuliahan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
8. Pihak lainnya yang secara tidak langsung membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

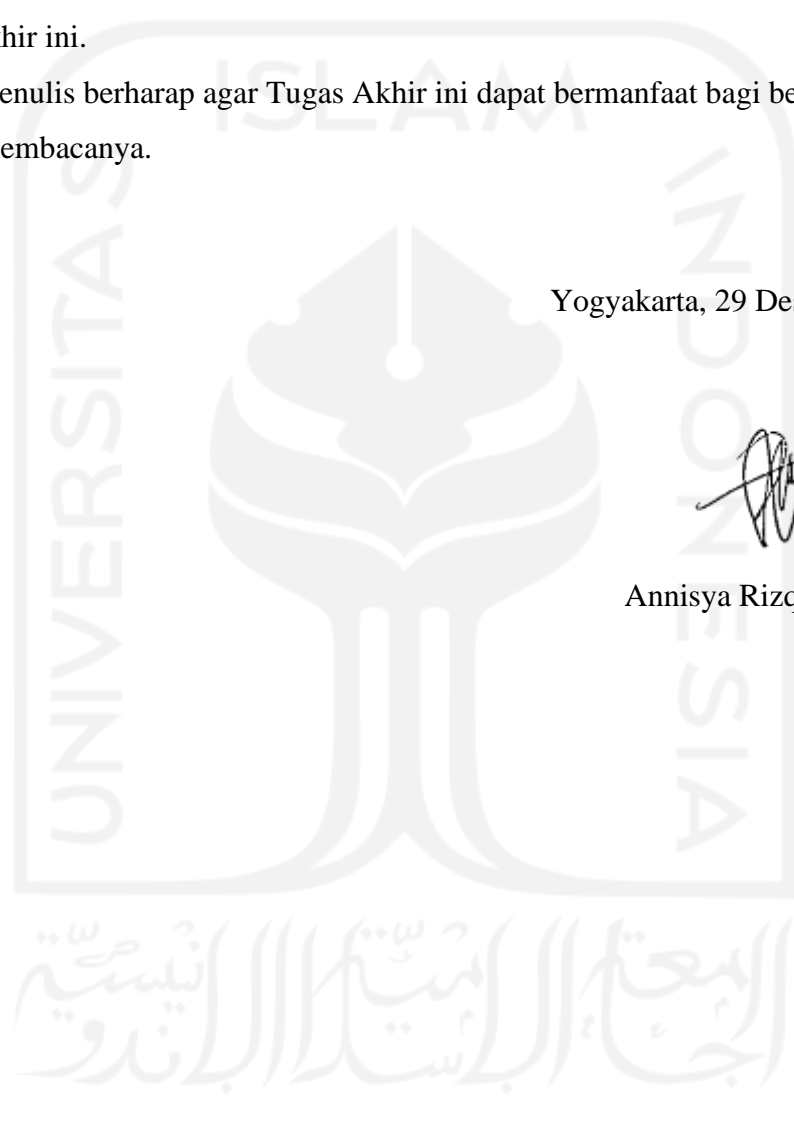
Yogyakarta, 29 Desember 2022

Penulis,



Annisya Rizqia Wardhani

(17511197)



DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Penelitian Terdahulu	4
2.1.1. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi di DAS Bulok	4
2.1.2. Kajian Debit Limpasan Akibat Perubahan Penggunaan Lahan di Sub DAS Gatak, Kota Surakarta dan Sekitarnya	5
2.1.3. Analisis Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir di DAS Bengawan Solo Hulu	6
2.1.4. Analisis Hidrograf Banjir Terhadap Perubahan Penggunaan Lahan pada Debit Puncak Banjir di DAS Sekanak (<i>Analysis of Flood Hydrograph to the Land Use Change on Flood Peak Discharge in The Sekanak Watershed</i>)	6
2.1.5. Perubahan Tata Guna Lahan dan Dampaknya Terhadap Banjir Perkotaan: Studi Kasus Banjir Kolombo pada Mei 2016 (<i>Land-use</i>	

	<i>Change and Its Impact on Urban Flooding: A Case Study on Colombo District Flood on May 2016)</i>	8
2.1.6.	Kajian Genangan Banjir di Masa Mendatang Berdasarkan Skenario Perubahan Iklim dan Penggunaan Lahan di Daerah Aliran Sungai Ciliwung, Jakarta (<i>Assessment of Future Flood Inundations Under Climate and Land Use Change Scenarios in the Ciliwung River Basin, Jakarta</i>)	9
2.2.	Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	11
2.3.	Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Penulis	13
BAB III14 LANDASAN TEORI		14
3.1.	Tinjauan Umum	14
3.2.	Siklus Hidrologi	14
3.3.	Daerah Tangkapan Air (DTA) dan Daerah Aliran Sungai (DAS)	15
3.4.	Curah Hujan Rencana	16
3.4.1.	Analisis Curah Hujan Kawasan	17
3.4.2.	Analisis Frekuensi	19
3.5.	Uji Kecocokan Distribusi	26
3.6.	Analisis Intensitas Hujan Rencana	28
3.7.	<i>Geographic Information System</i> (GIS)	29
3.7.1.	Citra Satelit Landsat	30
3.7.2.	Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI)	31
3.7.3.	ArcGIS	33
3.8.	Tata Guna Lahan	33
3.9.	Koefisien Pengaliran (C)	34
3.10.	Debit Banjir Rencana	35
3.10.1.	Penentuan Kala Ulang T tahun	35
3.10.2.	Metode Rasional	36
3.11.	Desain Saluran Drainase	36
3.12.	Bangunan Terjun	39
BAB IV METODE PENELITIAN		41
4.1.	Lokasi Penelitian	41
4.2.	Pengumpulan Data	41
4.3.	Analisis Data	42
4.4.	Bagan Alir Penelitian	43

BAB V	45
ANALISIS DAN PEMBAHASAN	45
5.1. Delineasi <i>Catchment Area</i>	45
5.2. Analisis Curah Hujan Rencana	46
5.2.1. Analisis Curah Hujan Kawasan	46
5.2.2. Analisis Frekuensi	51
5.3. Uji Kecocokan Distribusi	55
5.4. Analisis Intensitas Hujan Rencana	62
5.5. Analisis Tata Guna Lahan	63
5.6. Analisis Debit Banjir Rencana	75
5.7. Perbandingan Debit Banjir Tahun 2017 dan RTRW	78
5.8. Desain Saluran	79
5.9. Bangunan Terjun	88
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	90
6.1. Kesimpulan	90
6.2. Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN	95

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Penulis	12
Tabel 3.1	Parameter Jaringan-Jaringan Stasiun	17
Tabel 3.2	Parameter Luasan DAS/DTA	17
Tabel 3.3	Parameter Topografi DAS/DTA	17
Tabel 3.4	Parameter Statistik Untuk Menentukan Jenis Distribusi	22
Tabel 3.5	<i>Reduced Variate</i> , Y_{tr} sebagai fungsi periode ulang	25
Tabel 3.6	Karakteristik Kanal 8	31
Tabel 3.7	Tema Unsur-Unsur Kenampakan Rupabumi	32
Tabel 3.8	Nilai Koefisien Pengaliran (C)	34
Tabel 3.9	Penentuan Debit Kala Ulang T Tahun	35
Tabel 3.10	Tipikal Harga Koefisien Kekasaran <i>Manning</i> (n)	36
Tabel 3.11	Tinggi Jagaan (Fb)	37
Tabel 5.1	Luas <i>Catchment Area</i>	46
Tabel 5.2	Pengaruh Luasan Stasiun Hujan	48
Tabel 5.3	Rekapitulasi Curah Hujan Kawasan	49
Tabel 5.4	Analisis Frekuensi Curah Hujan Harian Maksimum	51
Tabel 5.5	Analisis Frekuensi Logaritma Curah Hujan Harian Maksimum	53
Tabel 5.6	Perbandingan Nilai Parameter Statistik	54
Tabel 5.7	Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson III	55
Tabel 5.8	Rekapitulasi Curah Hujan Kawasan	55
Tabel 5.9	Data Hujan dan Probabilitas Distribusi Log Pearson III	56
Tabel 5.10	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Uji <i>Smirnov-Kolmogorov</i>	58
Tabel 5.11	Hasil Perhitungan Nilai X^2 Distribusi Log Pearson III	61
Tabel 5.12	Perbandingan Nilai X^2 dan X^2_{cr}	62
Tabel 5.13	Rekapitulasi Perhitungan Intensitas Hujan	63
Tabel 5.14	Luas Tata Guna Lahan Pada Setiap <i>Catchment Area</i> Tahun 2013	65
Tabel 5.15	Luas Tata Guna Lahan Pada Setiap <i>Catchment Area</i> Tahun 2015	67
Tabel 5.16	Luas Tata Guna Lahan Pada Setiap <i>Catchment Area</i> Tahun 2017	69

Tabel 5.17 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Koefisien Pengaliran Pada Setiap <i>Catchment Area</i> Kota Magelang	72
Tabel 5.18 Koefisien Pengaliran RTRW Kota Magelang	74
Tabel 5.19 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Koefisien Pengaliran Gabungan RTRW Kota Magelang	74
Tabel 5.20 Rekapitulasi Debit Rencana (Q_{10}) Wilayah Kota Magelang	75
Tabel 5.21 Debit Banjir Rencana (Q_{10}) RTRW Kota Magelang	77
Tabel 5.22 Perbandingan Debit Banjir Tahun 2017 dan RTRW Kota Magelang	78
Tabel 5.23 Rekapitulasi Pengukuran Elevasi dan Panjang Saluran	80
Tabel 5.24 Debit Limpasan Kala Ulang 10 Tahun Terbesar	81
Tabel 5.25 Rekapitulasi Elevasi dan Kemiringan Eksisting Saluran	82
Tabel 5.26 Rekapitulasi Perhitungan Estimasi Dimensi Saluran	87
Tabel 5.27 Rekapitulasi Jumlah Bangunan Terjun	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan Penggunaan Lahan dengan Koefisien Aliran Permukaan DAS Bulok	5
Gambar 2.2 Hidrograf Banjir	7
Gambar 2.3 Peta Perubahan Tata Guna Lahan DAS Sungai Kelani dari tahun 1989 hingga 2016	8
Gambar 2.4 Ruas DAS Sungai Kelani	9
Gambar 2.5 Perbandingan Genangan Banjir Kondisi Saat Ini dan Yang Akan Datang	10
Gambar 2.6 Perubahan Luas Banjir untuk Zona Kedalaman Berbeda Periode Kala Ulang 50 dan 100 Tahun	10
Gambar 3.1 Siklus Hidrologi	15
Gambar 3.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)	16
Gambar 3.3 Poligon Thiessen	19
Gambar 3.4 Contoh Ilustrasi Data Vektor dan Raster	30
Gambar 3.5 Contoh Ilustrasi Citra Satelit Landsat	31
Gambar 3.6 Contoh Ilustrasi Peta RBI	32
Gambar 3.7 Tampilan Halaman Utama ArcGis	33
Gambar 3.8 Bangunan Terjun	39
Gambar 5.1 Delineasi <i>Catchment Area</i>	45
Gambar 5.2 Peta Poligon Thiessen	47
Gambar 5.3 Hasil Penggambaran Data Hujan dan Peluang Empiris Pada Kertas Probabilitas Log Pearson III	57
Gambar 5.4 Peta Tata Guna Lahan Tahun 2013	64
Gambar 5.5 Peta Tata Guna Lahan Tahun 2015	66
Gambar 5.6 Peta Tata Guna Lahan Tahun 2017	68
Gambar 5.7 Perbandingan Luas Lahan Hijau Setiap <i>Catchment Area</i> Pada Tahun 2013, 2015, dan 2017	70

Gambar 5.8 Perbandingan Luas Lahan Terbangun Setiap <i>Catchment Area</i> Pada Tahun 2013, 2015, dan 2017	70
Gambar 5.9 Perbandingan Total Luas Lahan Hijau Pada Tahun 2013, 2015, dan 2017	70
Gambar 5.10 Perbandingan Total Luas Lahan Terbangun Pada Tahun 2013, 2015, dan 2017	71
Gambar 5.11 Peta Tata Guna Lahan Berdasarkan RTRW Kota Magelang	73
Gambar 5.12 Grafik Perbandingan Debit Rencana Kota Magelang Kala Ulang 10 Tahun	76
Gambar 5.13 Peta Rencana Saluran Drainase Primer	79



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Referensi yang Digunakan Untuk Analisis	96
Lampiran 2 Langkah-Langkah Delineasi <i>Catchment Area</i>	103
Lampiran 3 Langkah-Langkah Klasifikasi Tutupan Lahan	107
Lampiran 4 Rekapitulasi Debit Banjir Rencana Kala Ulang 10 Tahun	109
Lampiran 5 Brosur Dantosan PreCon Perkasa Tipe U-Ditch (Saluran Terbuka)	112
Lampiran 6 Peta Rupabumi Indonesia (RBI)	117



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

\bar{p}	= Hujan rerata kawasan
p_1, p_2, \dots, p_n	= Hujan pada stasiun 1, 2, 3, ..., n
A_1, A_2, \dots, A_n	= Luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, 3, ..., n
\bar{x}	= Nilai rerata curah hujan
x_i	= Nilai pengukuran curah hujan ke-i
n	= Jumlah data
σ	= Standar deviasi
a	= Parameter kemencengan
C_v	= Koefisien variasi
C_s	= Koefisien kemencengan (<i>skewness</i>)
C_k	= Koefisien kurtosis,
$F(z)$	= Probabilitas kumulatif distribusi normal
z	= $\frac{\bar{x}-\mu}{\sigma}$ = Faktor frekuensi dari distribusi normal
X_T	= Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T
K_T	= Faktor frekuensi
μ_Y	= Rata-rata dari nilai Y
σ_Y	= Standar deviasi dari nilai Y
y_T	= Faktor reduksi Gumbel (Lampiran 1 Tabel L-1.1 Faktor Reduksi Gumbel)
T	= Periode ulang
u	= Modus dari distribusi
y_n	= Nilai rata-rata
σ_n	= Standar deviasi
P	= Probabilitas
m	= Nomor urut
χ^2	= Nilai <i>Chi-Square</i>

E_f	= Frekuensi (banyak pengamatan) yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya
O_f	= Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama, dan
DK	= Derajat kebebasan
K	= Banyaknya kelas
α	= Banyaknya keterikatan (parameter) untuk uji <i>chi-square</i> adalah 2
Δ_{maks}	= Selisih maksimum antara peluang empiris dan teoritis
P_e	= Peluang empiris
P_t	= Peluang teoritis
Δ_{cr}	= Simpangan kritis (Tabel L-1.6)
I	= Intensitas curah hujan (mm/jam)
t	= Lamanya curah hujan (jam)
R_{24}	= Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm).
t_c	= Waktu konsentrasi (jam)
A	= Luas daerah aliran (km ²)
C_i	= Koefisien pengaliran permukaan jenis penutup tanah i
A_i	= luas lahan dengan jenis penutup tanah i
Q	= Debit puncak banjir (m ³ /s)
C	= Koefisien pengaliran
V	= Kecepatan aliran dalam saluran drainase (m/s)
R	= Radius hidrolis (m)
i	= Kemiringan (%)
Δh	= Beda elevasi (m)
L_s	= Panjang lintasan aliran di dalam saluran (m)
S	= Kemiringan saluran drainase
A	= Luas penampang basah saluran drainase (m ²)
P	= Keliling basah saluran drainase (m)
Q	= Debit drainase (m ³ /s)
n	= Koefisien kekasaran <i>Manning</i>
n_{BT}	= Jumlah bangunan terjun

Δh	= Perubahan tinggi energi pada bangunan (m)
t	= Tinggi terjunan (m) = 1,5
H_1	= Tinggi energi pada muka ambang (m)
H_2	= Tinggi energi pada saluran (m)
I_i	= Kemiringan maksimum yang diizinkan



ABSTRAK

Perubahan tata guna lahan di Kota Magelang terjadi setiap tahunnya. Hal ini dikarenakan tingginya pembangunan akibat pesatnya pertumbuhan penduduk, sehingga menyebabkan semakin sedikitnya area lahan hijau. Perubahan fungsi lahan mempengaruhi kemampuan lahan untuk menyerap air hujan yang turun. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui debit banjir yang terjadi akibat perubahan tata guna lahan pada tahun 2013, 2015, dan 2017, serta perbandingan debit banjir tahun 2017 dengan debit banjir berdasarkan RTRW Kota Magelang, kemudian merencanakan kebutuhan dimensi saluran drainase yang dapat menampung debit limpasan tersebut.

Tahapan analisis diawali dari perhitungan curah hujan kawasan menggunakan metode Thiessen dan analisis frekuensi. Kemudian, dilanjutkan dengan delineasi *catchment area* dan analisis tutupan lahan dengan bantuan *software* ArcGIS. Selanjutnya, perhitungan debit banjir, perhitungan estimasi dimensi saluran, dan kebutuhan bangunan terjun menggunakan *software* Microsoft Excel.

Hasil analisis menunjukkan terjadinya penurunan jumlah area lahan hijau dan peningkatan area lahan terbangun di setiap tahunnya. Hal ini mempengaruhi debit banjir yang terjadi pada tahun 2013, 2015, dan 2017, dengan persentase peningkatan berturut-turut sebesar 0,062% dan 0,137%. Desain saluran direncanakan menggunakan *precast* tipe *U-ditch* dan *box culvert* dengan dimensi bervariasi untuk menampung debit limpasan pada setiap *catchment area*.

Kata Kunci: Tata Guna Lahan, Debit Banjir, Saluran Drainase

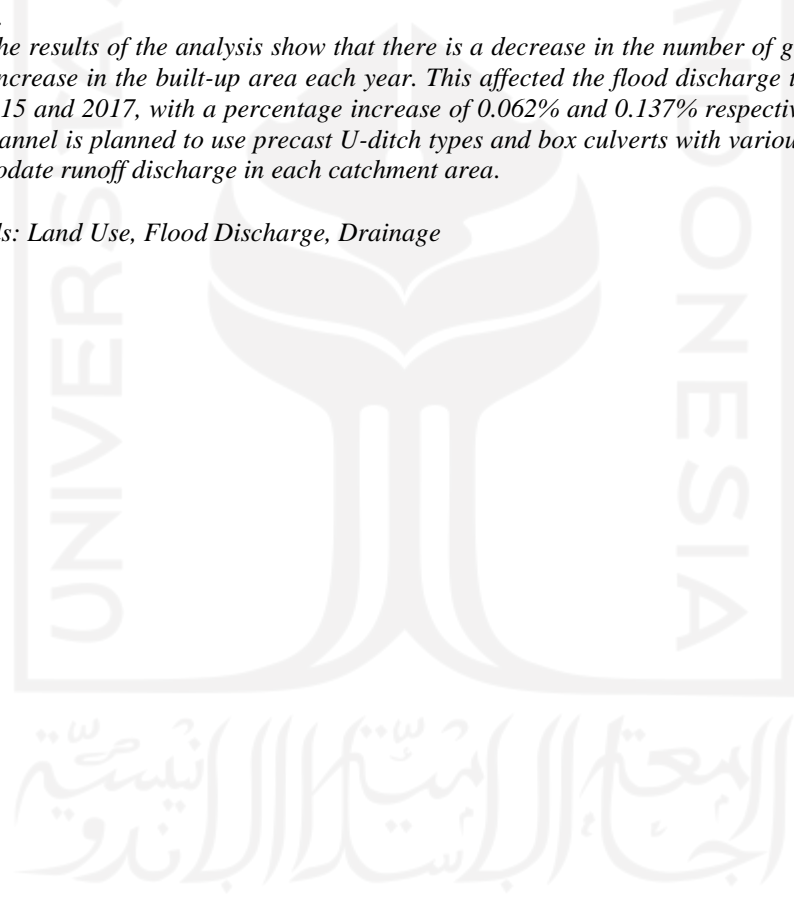
ABSTRACT

Land use changes in Magelang City occur every year. This is due to the high development due to rapid population growth, causing less green area. Land use change affects the ability of the land to absorb rainwater that falls. This research was conducted to determine the flood discharge that occurred due to changes in land use in 2013, 2015, and 2017, as well as a comparison of the 2017 flood discharge with the flood discharge based on the RTRW of Magelang City, then to plan the dimensions of the drainage channel that can accommodate the runoff discharge.

The analysis phase begins with calculating regional rainfall using the Thiessen method and frequency analysis. Then proceed with catchment area delineation and land cover analysis with the help of ArcGIS software. Next, the calculation of the flood discharge, the calculation of the estimated dimensions of the canal, and the need for a plunge building are carried out using Microsoft Excel software.

The results of the analysis show that there is a decrease in the number of green land areas and an increase in the built-up area each year. This affected the flood discharge that occurred in 2013, 2015 and 2017, with a percentage increase of 0.062% and 0.137% respectively. The design of the channel is planned to use precast U-ditch types and box culverts with various dimensions to accommodate runoff discharge in each catchment area.

Keywords: Land Use, Flood Discharge, Drainage



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang wilayah perairannya lebih besar dari wilayah daratan. Secara astronomis, Indonesia berada pada 6° LU - 11° LS dan 95° BT – 141° BT yang membuat wilayah Indonesia berada pada garis khatulistiwa sehingga beriklim tropis. Pada daerah dengan iklim tropis, wilayahnya menerima sinar matahari sepanjang tahun sehingga memungkinkan terjadinya penguapan air yang lebih besar daripada daerah dengan jenis iklim lain dan membuat curah hujan yang terjadi begitu tinggi. Melalui siklus hidrologi, sebagian curah hujan yang jatuh di atas tanah akan meresap ke bawah permukaan tanah (infiltrasi) dan meresap lebih dalam ke tanah (perkolasi) menjadi air tanah. Sebagian air hujan yang tidak meresap ke dalam tanah akan mengalir di atas permukaan tanah menuju sungai-sungai terdekat (Chow et al., 1988).

Perkembangan pembangunan dan meningkatnya pertumbuhan penduduk yang begitu cepat mengakibatkan perubahan fungsi tata guna lahan. Semakin padat bangunan maka semakin berkurang area terbuka untuk peresapan air. Sehingga menyebabkan semakin meningkatnya limpasan air permukaan di wilayah perkotaan. Hal ini dibuktikan dengan adanya genangan yang terjadi di beberapa sudut perkotaan dan beberapa titik lokasi ketika hujan berlangsung. Genangan ini telah membatasi pergerakan lalu lintas masyarakat, gangguan lingkungan, dan kerugian ekonomi akibat terhambatnya mobilitas barang dan aktifitas jasa, seperti yang terjadi di kawasan perkotaan Magelang.

Kota Magelang termasuk dataran dengan sudut kemiringan bervariasi yang memiliki luas 18,12 km atau sebesar 0,06% dari total luas provinsi Jawa Tengah dengan bentuk fisik relatif memanjang mengikuti jaringan jalan arteri dan didominasi oleh area terbangun seperti pemukiman pada daerah dengan topografi datar. Kota ini terletak di tengah-tengah wilayah administratif Kabupaten Magelang dan hampir di tengah-tengah pulau Jawa yang menjadikan daya tarik geografis

alami kota ini karena berada pada persilangan simpul ekonomi, transportasi dan pariwisata antara wilayah Semarang-Magelang-Yogyakarta dan Purworejo-Temanggung. Kota Magelang mempunyai temperatur 20-32°C dengan kelembaban sekitar 88,8% sehingga termasuk wilayah beriklim sejuk dan memiliki rata-rata jumlah curah hujan yang cukup tinggi. Ditinjau dari kondisi iklim, luas kota, dan tingkat kepadatannya, koefisien limpasan yang timbul saat hujan berlangsung cukup besar. Secara topografi, air limpasan hujan relatif mengalir ke dua arah, yaitu bagian barat dan timur kota sehingga menyebabkan outlet saluran drainase mengarah ke saluran irigasi yang membujur dari utara ke selatan membelah Kota Magelang dan turut membawa beban limpasan. Kondisi-kondisi tersebut menyebabkan kota ini rawan terjadi banjir atau genangan hingga Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) Borobudur saat hujan berlangsung. Oleh karena itu, dilakukan analisis perubahan tata guna lahan terhadap debit banjir di wilayah Kota Magelang untuk mengetahui apakah perubahan tata guna lahan merupakan salah satu faktor yang terjadi di wilayah tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana perubahan tata guna lahan yang terjadi di Kota Magelang pada tahun 2013, 2015, dan 2017?
2. Berapa besarnya debit banjir akibat dari perubahan tata guna lahan yang terjadi di Kota Magelang pada tahun 2013, 2015, dan 2017?
3. Bagaimana perbandingan debit banjir tahun 2017 dengan debit banjir berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Magelang?
4. Berapa kebutuhan dimensi saluran drainase primer dan jumlah bangunan terjun yang digunakan untuk kemiringan saluran agar dapat menampung limpasan air hujan?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perubahan tata guna lahan dan besarnya debit banjir yang terjadi di Kota Magelang pada tahun 2013, 2015, dan

2017, perbandingan antara debit banjir tahun 2017 dengan debit banjir berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Magelang, serta kebutuhan dimensi saluran drainase primer dan jumlah bangunan terjunnya agar dapat menampung limpasan air hujan.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah menambah wawasan baru kepada penulis mengenai hubungan antara perubahan tata guna lahan dan debit banjir, dan dapat menjadi bahan evaluasi terkait hal-hal yang berhubungan dengan perencanaan bangunan air seperti drainase, bangunan pengendali banjir dan lain-lain.

1.5. Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Analisis hidologi menggunakan data curah hujan harian maksimum 12 tahun dari tahun 2007 sampai 2018 yang digunakan berasal dari stasiun hujan Plered, Mungkid, dan Tempuran yang diperoleh dari Unit Hidrologi, Bidang Operasi dan Pemeliharaan, Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak Kota Magelang.
2. Wilayah penelitian untuk analisis tata guna lahan berada di wilayah timur saluran irigasi Progo Manggis Kota Magelang.
3. Analisis tata guna lahan dilakukan dengan bantuan *software* ArcGIS menggunakan data citra satelit landsat 8 dan dihitung berdasarkan *catchment area* sebagai batas wilayah.
4. Saluran yang direncanakan merupakan saluran drainase primer.
5. Tidak menghitung dimensi bangunan terjun dan anggaran biaya.

BAB II

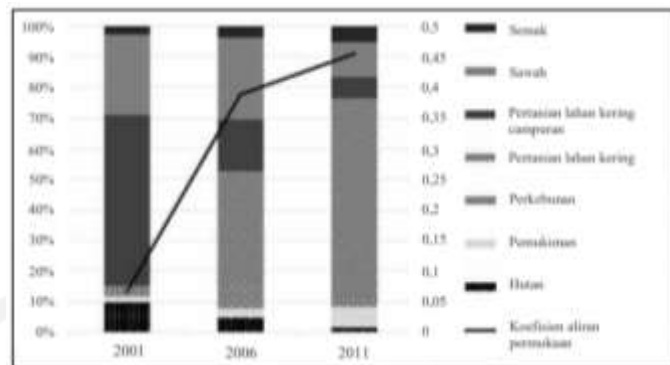
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Tinjauan pustaka digunakan untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik, yang mengacu pada penelitian-penelitian terdahulu. Penelitian terdahulu yang digunakan sebagai tinjauan pustaka dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut.

2.1.1. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi di DAS Bulok

Penelitian oleh Willy Pratama dan Slamet Budi Yuwono (2019) yang berjudul Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi di DAS Bulok merupakan salah satu penelitian yang dilakukan akibat penggunaan lahan terhadap DAS Bulok, bagian dari DAS Sekampung di Provinsi Lampung. Parameter data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan, data debit air dan peta penggunaan lahan di DAS Bulok tahun 2001, 2006, dan 2011 dengan alat penunjang berupa *Global Positioning System* (GPS), kamera, dan perangkat computer dengan *software* pendukung meliputi ArcGIS 10.3 dan *Microsoft Excel*. Hasil penelitian menunjukkan telah terjadi perubahan penggunaan lahan DAS Bulok meliputi penurunan luas hutan dan pertanian lahan kering bercampur semak, serta peningkatan luas pemukiman dan pertanian lahan kering. Hal tersebut berpengaruh terhadap debit sungai dan koefisien aliran permukaan. Fluktuasi debit DAS Bulok tahun 2001 sebesar 12,45 tahun 2006 menjadi 51,27 dan tahun 2011 menjadi 129,96. Koefisien aliran permukaan DAS Bulok tahun 2001 sebesar 6% tahun 2006 menjadi 35% dan tahun 2011 sebesar 41%. Peningkatan fluktuasi debit dan aliran permukaan tahun 2001 – 2011 menunjukkan DAS Bulok telah mengalami degradasi.



Gambar 2.1 Perbandingan Penggunaan Lahan dengan Koefisien Aliran Permukaan DAS Bulok

(Sumber: Pratama *et al.*, 2019)

2.1.2. Kajian Debit Limpasan Akibat Perubahan Penggunaan Lahan di Sub DAS Gatak, Kota Surakarta dan Sekitarnya

Penelitian oleh Latifah dan Slamet Suprayogi (2018) yang berjudul Kajian Debit Limpasan Akibat Perubahan Penggunaan Lahan di Sub DAS Gatak, Kota Surakarta dan Sekitarnya bertujuan untuk mengkaji penggunaan lahan di DAS Gatak, debit maksimum, dan debit rencana pada tahun 2006 sampai 2017 di daerah kajian dengan berbagai kala ulang. Metode yang digunakan dalam penentuan koefisien limpasan pada penelitian ini menggunakan ketentuan Standar Nasional Indonesia 03-2415-1991 mengenai tata cara perhitungan debit banjir. Perubahan penggunaan lahan dapat diketahui dengan metode tumpang susun kedua peta pada tahun yang berbeda. Analisis frekuensi dengan kala ulang 2, 5, 10, 20 dan 50 tahun serta perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe. Debit limpasan dihitung menggunakan metode rasional. Kapasitas sungai dihitung menggunakan metode *slope-area* untuk mengetahui debit banjir dapat ditampung atau tidak. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan lahan sawah irigasi yang memiliki penurunan luas paling banyak yaitu sebesar 185,51 Ha, sedangkan penggunaan lahan yang mengalami peningkatan luas lahan adalah pemukiman yaitu sebesar 98,84 Ha. Kapasitas DAS Gatak pada tahun 2006 hanya dapat menampung debit banjir pada kala ulang 2 tahun, sedangkan pada tahun 2017 kapasitas sungai sudah tidak dapat menampung debit limpasan di semua kala ulang.

2.1.3. Analisis Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir di DAS Bengawan Solo Hulu

Penelitian oleh Yogi Sutiyono (2021) yang berjudul Analisis Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir di DAS Bengawan Solo Hulu merupakan suatu penelitian untuk menganalisis perubahan tata guna lahan yang terjadi di Sub DAS Bengawan Solo Hulu terhadap debit banjir antara tahun 2015 dan 2019. Penelitian ini membutuhkan sejumlah data yang dianggap berkaitan dengan penelitian, seperti data curah hujan dari beberapa stasiun hujan selama periode tertentu dan data citra satelit. Data curah hujan yang diperoleh dari beberapa stasiun hujan harus ditentukan nilai reratanya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode Thiessen. Pemilihan metode Thiessen untuk perhitungan hujan kawasan karena metode ini dianggap lebih teliti dari metode aritmatik aljabar dan lebih mudah dikerjakan daripada metode isohiet.

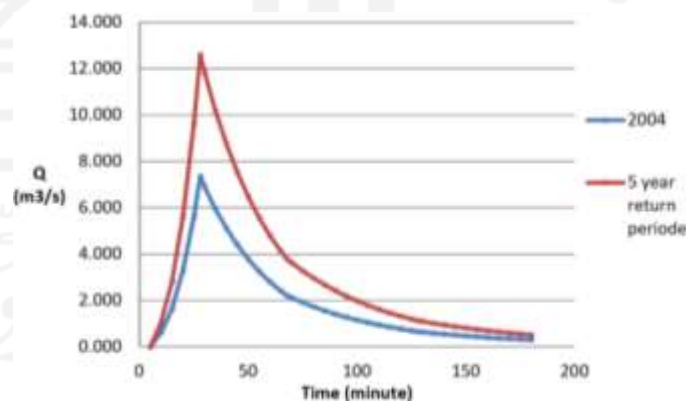
Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, debit banjir di DAS Bengawan Solo Hulu antara tahun 2015-2019 mengalami sedikit penurunan akibat dari adanya perubahan tata guna lahan. Besarnya penurunan debit sangat kecil yaitu berkisar 2 m³/detik sampai 5 m³/detik dan hal itu tidak mempengaruhi ketinggian air di sungai utama DAS Bengawan Solo Hulu. Area pemukiman dan vegetasi terlihat semakin luas sedangkan untuk area pertanian mengalami penyempitan. Analisis citra satelit landsat menunjukkan konversi area pertanian menjadi area pemukiman merupakan faktor utama terkait perubahan tata guna lahan sedangkan perluasan area vegetasi yang tidak terlalu besar tampak terlihat jelas untuk kawasan hutan lindung di DAS Bengawan Solo. Perubahan pola tata guna lahan dari area pertanian menjadi area pemukiman dapat meningkatkan besarnya aliran permukaan, walaupun tidak terlalu besar karena kemampuan permukaan tanah dalam meresapkan air hujan yang jatuh pada area pertanian dan pemukiman tidak berbeda jauh.

2.1.4. Analisis Hidrograf Banjir Terhadap Perubahan Penggunaan Lahan pada Debit Puncak Banjir di DAS Sekanak (*Analysis of Flood Hydrograph to the Land Use Change on Flood Peak Discharge in The Sekanak Watershed*)

Penelitian oleh Soraya Ayu Lestari, Dinar Dwi Anugerah, dan Sarino (2019) yang berjudul Analisis Hidrograf Banjir Terhadap Perubahan Penggunaan Lahan

pada Debit Puncak Banjir di DAS Sekanak bertujuan untuk mengkaji perubahan penggunaan lahan dan menganalisis debit puncak banjir di DAS Sekanak terutama bagian hulu DAS. Metodologi pada penelitian ini adalah analisis spasial dengan menggunakan data DEM (*Digital Elevation Model*) dan software HEC-HMS. Data DEM digunakan untuk menentukan karakteristik DAS, batas DAS, dan analisis perubahan tata guna lahan tahun 2004 dan 2014 akibat debit puncak banjir di DAS Sekanak dengan bantuan software HEC-HMS. Untuk menganalisis intensitas hujan digunakan rumus Mononobe. Kemudian, untuk analisis debit puncak dilakukan dengan Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu.

Hasil dari penelitian ini adalah penggunaan lahan yang memiliki nilai C tinggi seperti bangunan meningkat, sedangkan penggunaan lahan yang memiliki nilai C rendah menurun. Hal ini menyebabkan kenaikan nilai C yang menyebabkan debit puncak meningkat. Hasil lain juga diperoleh perubahan tata guna lahan di Sub DAS Sekanak dari tahun 2004 hingga 2014 tidak banyak berubah, sehingga menyebabkan debit puncak akibat hidrograf satuan tidak berubah tetapi debit puncak akibat hujan efektif berubah. Waktu puncak hidrograf banjir tahun 2004 dan hidrograf banjir akibat hujan efektif rencana kala ulang 5 tahun adalah 27,95 menit dengan debit puncak 7,288 m³/detik dan curah hujan efektif 12,514 m³/detik.

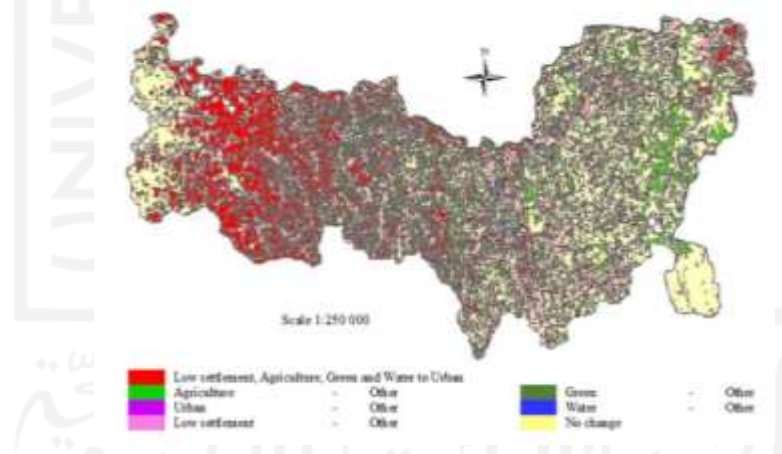


Gambar 2.2 Hidrograf Banjir

(Sumber: Lestari *et al.*, 2019)

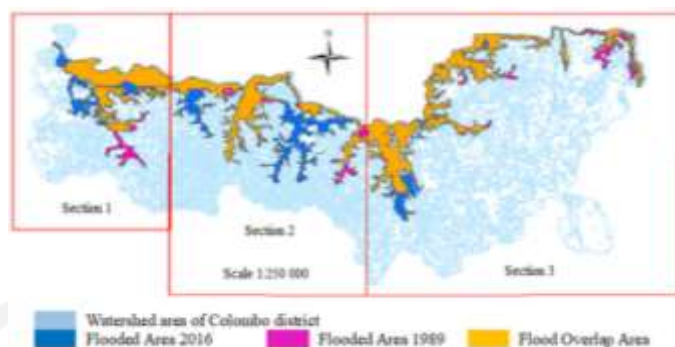
2.1.5. Perubahan Tata Guna Lahan dan Dampaknya Terhadap Banjir Perkotaan:
 Studi Kasus Banjir Kolombo pada Mei 2016 (*Land-use Change and Its Impact on Urban Flooding: A Case Study on Colombo District Flood on May 2016*)

Penelitian oleh Dammalage dan Jayasinghe (2019) yang berjudul Perubahan Tata Guna Lahan dan Dampaknya Terhadap Banjir Perkotaan berfokus pada analisis dampak perubahan tata guna lahan terhadap banjir di Kolombo pada Mei 2016 kemudian dibandingkan dengan penggunaan lahan pada saat banjir di 1989. Penelitian ini menggunakan citra landsat untuk mengidentifikasi daratan dengan menggunakan indeks NDVI, NDBI, dan NDWI. Sedangkan, data curah hujan diolah menggunakan metode poligon Thiessen dengan 11 data stasiun curah hujan. Banjir di Kolombo tidak hanya dipengaruhi oleh curah hujan di wilayah itu sendiri tetapi juga oleh curah hujan di DAS Sungai Kelani. Jadi, total curah hujan DAS untuk kedua tahun tersebut dihitung dengan mengalikan data curah hujan dari stasiun-stasiun tersebut dengan luas yang sesuai dengan stasiun tersebut.



Gambar 2.3 Peta Perubahan Tata Guna Lahan DAS Sungai Kelani dari tahun 1989 hingga 2016

(Sumber: Dammalage et al., 2019)



Gambar 2.4 Ruas DAS Sungai Kelani

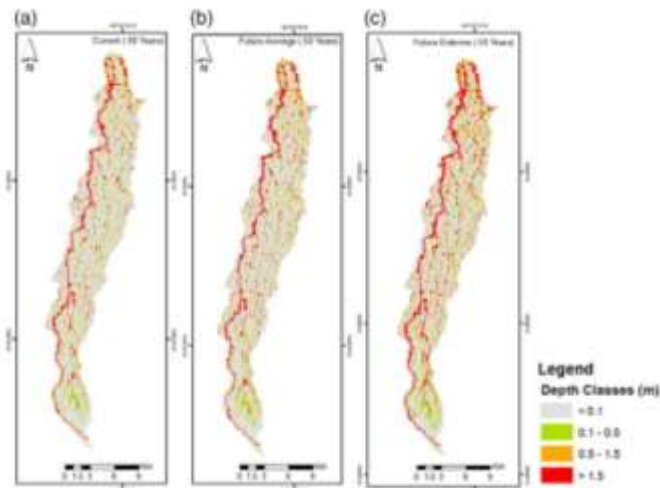
(Sumber: Dammalage *et al.*, 2019)

Hasil penelitian diperoleh klasifikasi SVM menunjukkan akurasi tertinggi untuk penggunaan lahan, yaitu sebesar 99% baik pada tahun 1989 maupun 2016. Perbandingan perubahan penggunaan lahan tahun 1989 dan 2016 dengan luas banjir serupa di Kolombo membuktikan bahwa Kawasan DAS Kelani berubah menjadi kawasan perkotaan, yang berdampak signifikan terhadap genangan banjir. DAS Kelani mencakup 23% dari total wilayah perkotaan distrik Kolombo. Demikian pula, seluruh area transformasi penggunaan lahan mencakup 37,7% dari area di dalam wilayah DAS di distrik Kolombo.

2.1.6. Kajian Genangan Banjir di Masa Mendatang Berdasarkan Skenario Perubahan Iklim dan Penggunaan Lahan di Daerah Aliran Sungai Ciliwung, Jakarta (*Assessment of Future Flood Inundations Under Climate and Land Use Change Scenarios in the Ciliwung River Basin, Jakarta*)

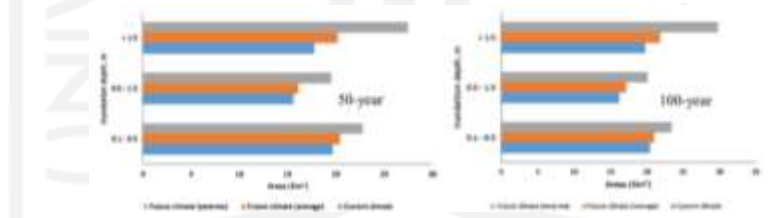
Penelitian oleh Mishra, Emam, Masago, Kumar, Regmi dan Fukushi (2017) yang berjudul Kajian Genangan Banjir di Masa Mendatang Berdasarkan Skenario Perubahan Iklim dan Penggunaan Lahan di Daerah Aliran Sungai Ciliwung merupakan studi yang dilakukan dengan tujuan untuk mengkaji genangan banjir di DAS Ciliwung dalam rangka perbaikan tata air perkotaan di bawah perubahan iklim dan urbanisasi yang tidak terencana. Analisis dilakukan berdasarkan data curah hujan maksimum 1 hari periode ulang 50 dan 100 tahun di bawah kondisi iklim saat ini dan masa depan yang digunakan untuk menilai dampak perubahan iklim. Data penggunaan lahan tahun 2009 dan 2030 masing-masing digunakan untuk mewakili kondisi penggunaan lahan saat ini dan masa depan. Permodelan HEC-HMS digunakan untuk mensimulasikan debit sungai di Katulampa yang

merepresentasikan lokasi outlet untuk permodelan hidrologi dan lokasi inlet untuk pemodelan genangan banjir. FLO-2D, permodelan hidrodinamika dua dimensi digunakan untuk mensimulasikan genangan banjir saat ini dan masa depan. Untuk menganalisis curah hujan menjadi limpasan digunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis SCS (*Soil Conservation Service*).



Gambar 2.5 Perbandingan Genangan Banjir Kondisi Saat Ini dan Yang Akan Datang

(Sumber: Mishr et al., 2017)



Gambar 2.6 Perubahan Luas Banjir untuk Zona Kedalaman Berbeda Periode Kala Ulang 50 dan 100 Tahun

(Sumber: Mishr et al., 2017)

Hasil analisis menunjukkan terdapat peningkatan area dan kedalaman genangan banjir (dari 6% menjadi 31% untuk GCM yang berbeda) di masa depan, sehingga diperlukannya alat pengelolaan/manajemen banjir untuk pembangunan berkelanjutan lingkungan air perkotaan. Arus puncak dan volume banjir diprediksi akan meningkat seiring dengan pesatnya urbanisasi dan perubahan iklim. Berdasarkan prakiraan cuaca yang spesifik dan peta genangan banjir, dapat dibuat permodelan yang hasilnya dapat digunakan untuk mengeluarkan peringatan dini

dan mempediksi evakuasi yang diperlukan untuk meminimalisasi kerusakan akibat banjir.

2.2. Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Hasil perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu yang ditinjau dari beberapa literatur dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

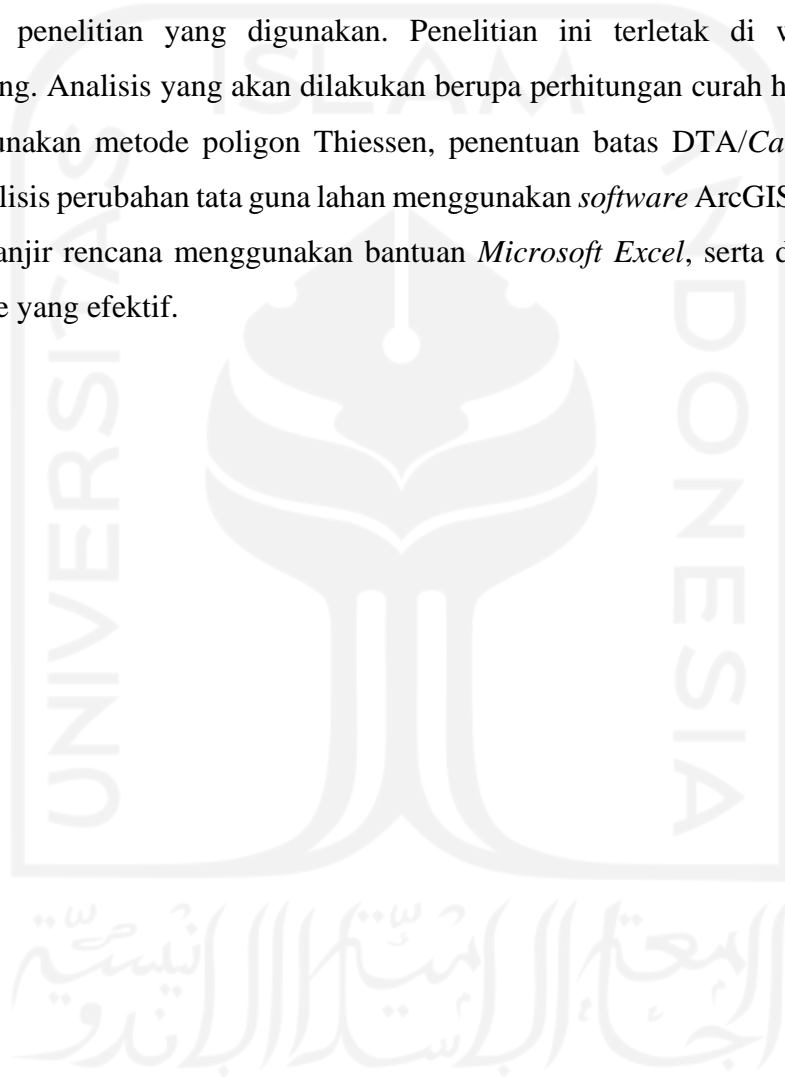


Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Penulis

Parameter	Penulis dan Tahun Penelitian						
	Willy Pratama dan Slamet Budi Yuwono (2019)	Latifah dan Slamet Suprayogi (2018)	Yogi Sutiyono (2021)	Soraya Ayu Lestari, Dinar Dwi Anugerah, dan Sarino (2019)	Dammalage dan Jayasinghe (2019)	B.K. Mishra, A. Rafiei Emam, Y. Masago, P. Kumar, R.K. Regmi dan K. Fukushi (2019)	Annisya Rizqia Wardhani (2021)
Judul Penelitian	Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi di DAS Bulok	Kajian Debit Limpasan Akibat Perubahan Penggunaan Lahan di Sub DAS Gatak, Kota Surakarta Dan Sekitarnya	Analisis Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir di DAS Bengawan Solo Hulu	Analisis Hidrograf Banjir Terhadap Perubahan Penggunaan Lahan pada Debit Puncak Banjir di DAS Sekanak	Perubahan Tata Guna Lahan dan Dampaknya Terhadap Banjir: Studi Kasus Banjir Kolombo pada Mei 2016	Kajian Genangan Banjir di Masa Mendatang Berdasarkan Skenario Perubahan Iklim dan Penggunaan Lahan di Daerah Aliran Sungai Ciliwung, Jakarta	Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Kota Magelang Wilayah Timur Saluran Irigasi Progo Manggis
Lokasi Penelitian	DAS Bulok, Wilayah Kabupaten Pringsewu dan sekitarnya	DAS Gatak, Kota Surakarta dan sekitarnya	DAS Bengawan Solo Hulu	DAS Sekanak	DAS Kelani, Kolombo	DAS Ciliwung, Jakarta	Kota Magelang
Metode dan Tahap Penelitian	Metode analisis deskriptif dan tabulasi dengan beberapa alat dan <i>software</i> penunjang seperti GPS, ArcGIS, dan <i>Microsoft Excel</i>	Metode tumpang susun kedua peta pada tahun berbeda untuk mendapatkan perubahan penggunaan lahan, dan metode <i>slope-area</i> untuk menghitung kapasitas sungai	Perhitungan curah hujan kawasan menggunakan metode Thiessen dan analisis perubahan tata guna lahan menggunakan citra satelit landsat	Analisis spasial dengan data DEM dan bantuan <i>software</i> HEC-HMS	Data curah hujan diolah menggunakan metode poligon Thiessen dan perubahan tata guna lahan dianalisis menggunakan citra landsat dengan indeks NDVI, NDBI, dan NDWI	Analisis curah hujan menjadi limpasan menggunakan metode HSS SCS, HEC-HMS digunakan untuk simulasi debit sungai di Katulampa, serta permodelan FLO-2D untuk mensimulasikan genangan banjir saat ini dan masa depan.	Metode poligon Thiessen digunakan untuk analisis curah hujan kawasan dan bantuan <i>software</i> ArcGIS dengan data citra satelit landsat digunakan untuk analisis tata guna lahan
Hasil Penelitian	DAS Bulok mengalami peningkatan nilai koefisien aliran permukaan dari tahun 2001 sebesar 6% yang termasuk dalam kelas sangat rendah menjadi 35% yang tergolong kelas sedang pada 2019, serta meningkat pada tahun 2011 sebesar 41% yang termasuk dalam kelas tinggi.	Penggunaan lahan sawah irigasi memiliki penurunan luas paling banyak sebesar 185,51 ha sedangkan pemukiman mengalami peningkatan luas lahan sebesar 98,84 ha. Kapasitas DAS Gatak pada tahun 2006 hanya dapat menampung debit banjir pada kala ulang 2 tahun, sedangkan pada tahun 2017 kapasitas sungai sudah tidak dapat menampung debit limpasan di semua kala ulang.	Debit banjir di DAS Bengawan Solo Hulu antara tahun 2015-2019 mengalami sedikit penurunan akibat dari adanya perubahan tata guna lahan. Besarnya penurunan debit sangat kecil yaitu berkisar 2 m ³ /detik sampai 5 m ³ /detik.	Nilai C naik sehingga debit puncak meningkat. Waktu puncak hidrograf banjir tahun 2004 dan hidrograf banjir akibat hujan efektif rencana kala ulang 5 tahun adalah 27,95 menit dengan debit puncak sebesar 7,288 m ³ /detik dan curah hujan efektif sebesar 12,514 m ³ /detik.	Kawasan DAS Kelani berubah menjadi kawasan perkotaan (mencakup 23% dari total wilayah perkotaan distrik Kolombo) sehingga berdampak signifikan terhadap genangan banjir. Demikian pula, seluruh area transformasi penggunaan lahan mencakup 37,7% dari area di dalam wilayah DAS di distrik Kolombo.	Terdapat peningkatan area dan kedalaman genangan banjir (dari 6% menjadi 31% untuk GCM yang berbeda) di masa depan, sehingga diperlukannya alat pengelolaan/manajemen banjir untuk pembangunan berkelanjutan lingkungan air perkotaan.	-

2.3. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Penulis

Penelitian yang akan dilakukan memiliki kesamaan dengan penelitian sebelumnya yaitu analisis debit banjir akibat pengaruh perubahan tata guna lahan pada suatu DAS/DTA (Daerah Tangkapan Air). Namun, perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu terletak pada lokasi penelitian dan tahap-tahap serta metode penelitian yang digunakan. Penelitian ini terletak di wilayah Kota Magelang. Analisis yang akan dilakukan berupa perhitungan curah hujan kawasan menggunakan metode poligon Thiessen, penentuan batas DTA/*Catchment Area* dan analisis perubahan tata guna lahan menggunakan *software* ArcGIS, perhitungan debit banjir rencana menggunakan bantuan *Microsoft Excel*, serta desain saluran drainase yang efektif.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Tinjauan Umum

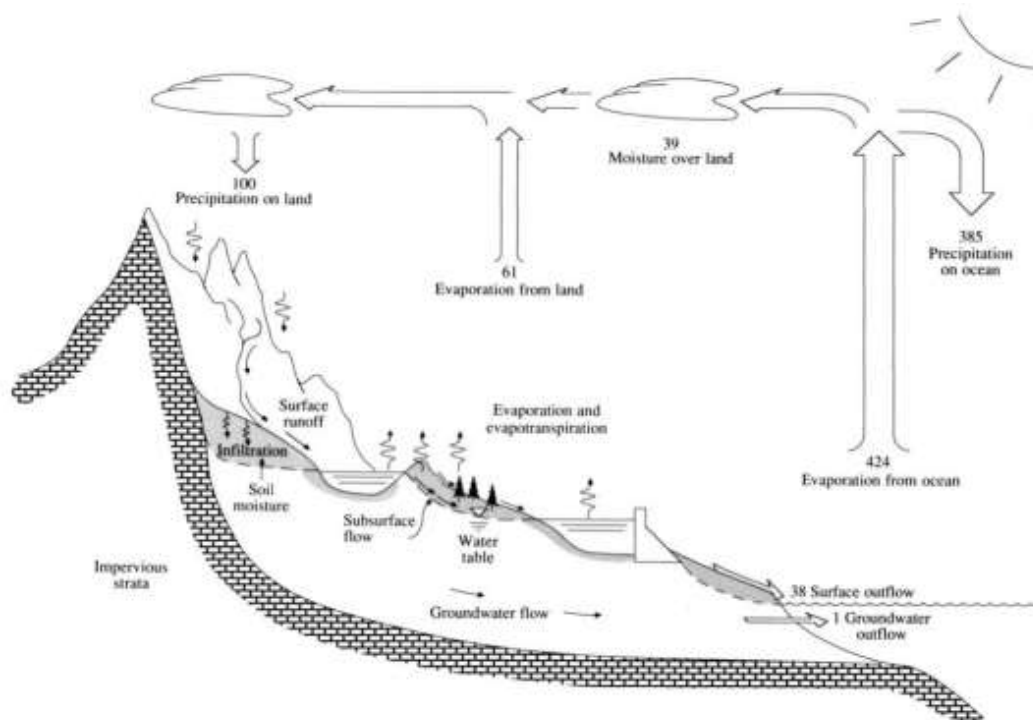
Dalam sebuah penelitian, diperlukan landasan teori agar penelitian tersebut mempunyai dasar yang kokoh. Teori adalah seperangkat konsep, definisi, dan proposisi yang berfungsi untuk melihat fenomena secara sistematis, melalui spesifikasi hubungan antar variabel sehingga berguna untuk menjelaskan dan memprediksikan fenomena. Teori yang digunakan harus mampu memperjelas masalah yang telah dirumuskan dan teori dijadikan sebagai referensi dalam menyusun instrumen penelitian.

3.2. Siklus Hidrologi

Analisis hidrologi banyak dimanfaatkan untuk memperkirakan besaran debit banjir rencana, jumlah air yang dibutuhkan oleh suatu jenis tanaman, jumlah air yang tersedia di suatu sumber air (mata air, sungai, danau dan sebagainya). Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air di bumi, baik mengenai terjadinya, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya serta hubungan dengan lingkungannya terutama dengan makhluk hidup (Triatmodjo, 2019). Siklus hidrologi merupakan perputaran air dari bumi ke atmosfer sampai kembali lagi ke bumi yang berlangsung secara terus menerus. Air yang ada di lautan dan permukaan tanah akan menguap menjadi uap air, kemudian uap air bergerak menuju atmosfer, uap air yang ada di atmosfer mengalami kondensasi membentuk awan hujan. Awan yang mengandung cukup uap air akan menurunkan hujan (presipitasi) pada wilayah lautan maupun daratan (Chow et al., 1988).

Hujan yang jatuh dapat tertahan oleh berbagai jenis tanaman, dan yang tidak tertahan akan jatuh di atas permukaan tanah. Air yang berada di atas permukaan tanah akan meresap (infiltrasi) masuk ke bawah permukaan tanah, selanjutnya masuk lebih dalam (perkolasi) ke dalam tanah menjadi air tanah. Sedangkan air yang tidak meresap ke dalam permukaan tanah akan mengalir di atas permukaan

tanah menjadi aliran permukaan (*surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau dan bergerak menuju sungai-sungai terdekat. Peristiwa tersebut terjadi terus menerus sepanjang waktu. Gambaran proses siklus hidrologi dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.

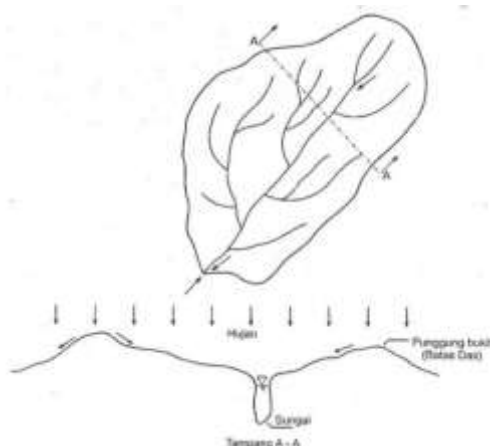


Gambar 3.1 Siklus Hidrologi

(Sumber: Triatmodjo, 2019)

3.3. Daerah Tangkapan Air (DTA) dan Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Tangkapan Air (DTA) adalah daerah yang dibatasi bentuk topografi, di mana seluruh hujan yang jatuh di area tersebut mengalir ke satu sungai. Sedangkan, Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung/pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai utama pada suatu titik/stasiun yang ditinjau (Triatmodjo, 2019). Luas daerah tangkapan dapat dihitung dengan mengukur peta topografi. Luas DTA sangat berpengaruh terhadap debit aliran, oleh karena itu semakin besar DTA maka semakin besar jumlah limpasan permukaan sehingga semakin besar pula aliran permukaan atau debit pada saluran.



Gambar 3.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)
(Sumber: Triatmodjo, 2019)

3.4. Curah Hujan Rencana

Dalam menganalisis hujan-aliran diperlukan masukan hujan rencana berupa kedalaman hujan di suatu titik atau hitograf hujan rencana ke dalam suatu sistem DAS/DTA untuk memperkirakan debit banjir rencana. Debit banjir rencana didapatkan dari hidrograf banjir rencana dengan periode ulang tertentu yang diperoleh dari analisis frekuensi. Analisis frekuensi memerlukan seri data hujan yang diperoleh dari pos penakar hujan. Selain itu, analisis frekuensi dapat diperoleh dari analisis data hujan maupun data debit yang didasarkan pada sifat statistika data yang tersedia untuk memperoleh besaran hujan maupun debit di masa yang akan datang dengan probabilitas tertentu, dengan anggapan bahwa sifat statistik kejadian hujan yang akan datang masih sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu.

Tujuan analisis frekuensi data hidrologi ini berkaitan dengan besaran atau peristiwa-peristiwa ekstrim seperti hujan, banjir, kekeringan, dan sebagainya dengan frekuensi kejadiannya melalui penerapan distribusi kemungkinan. Kemudian, periode ulang (*return period*) sendiri diartikan sebagai waktu hipotetik di mana debit atau hujan dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui. Sebelum melakukan analisis frekuensi, perlu dilakukan perhitungan hujan kawasan.

1. Pemilihan metode

Perhitungan hujan kawasan terdapat tiga metode yaitu metode aritmatika, metode Thiessen dan metode isohiet. Terdapat beberapa parameter digunakan

sebagai pertimbangan dalam menentukan metode yang sesuai. Parameter-parameter pemilihan metode hujan kawasan dapat dilihat pada Tabel 3.1, Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.

Tabel 3.1 Parameter Jaringan-Jaringan Stasiun

Jumlah stasiun hujan cukup	Metode Isohiet, Thiessen atau rerata aljabar
Jumlah stasiun hujan terbatas	Metode rerata aljabar atau Thiessen
Stasiun hujan tunggal	Metode hujan titik

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 3.2 Parameter Luasan DAS/DTA

DAS besar (>5000 km ²)	Metode Isohiet
DAS sedang (500 s/d 5000 km ²)	Metode Thiessen
DAS kecil (<500 km ²)	Metode rerata aljabar

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 3.3 Parameter Topografi DAS/DTA

Pegunungan	Metode rerata aljabar
Dataran	Metode Thiessen
Berbukit dan tidak beraturan	Metode Isohiet

(Sumber: Suripin, 2004)

3.4.1. Analisis Curah Hujan Kawasan

Data curah hujan diperoleh dari stasiun pengukuran hujan berupa kedalaman hujan di suatu titik tertentu. Jika dalam suatu DAS/DTA terdapat lebih dari satu stasiun, hujan yang tercatat di masing-masing stasiun kemungkinan tidak sama. Untuk menganalisis debit banjir, diperlukan data curah hujan maksimum dengan mengambil curah hujan harian yang nilainya terbesar. Selain itu, menentukan hujan rerata pada daerah tersebut juga sering diperlukan dalam analisis hidrologi. Pada penelitian ini, berdasarkan parameter topografi DTA yang berupa dataran dan ketersediaan data yang ada digunakan metode poligon Thiessen.

Metode Thiessen digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan

memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun. Pada suatu luasan di dalam DAS/DTA dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat. Oleh karena itu, metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Langkah-langkah pembuatan poligon Thiessen diuraikan sebagai berikut.

1. Stasiun pencatat hujan digambarkan pada DAS/DTA yang ditinjau, termasuk stasiun hujan di luar DAS/DTA yang berdekatan.
2. Stasiun-stasiun tersebut dihubungkan dengan garis lurus (garis terputus) sehingga membentuk segitiga-segitiga, yang mempunyai sisi tegak lurus.
3. Dibuat garis berat pada sisi-sisi segitiga garis-garis berat tersebut membentuk poligon yang mengelilingi tiap stasiun. Tiap stasiun mewakili luasan yang dibentuk oleh poligon. Untuk stasiun yang berada di dekat batas DAS/DTA, garis batas DAS/DTA membentuk batas tertutup dari poligon.
4. Luas tiap poligon diukur dan kemudian dikalikan dengan kedalaman hujan di stasiun yang berada di dalam poligon, hasil untuk semua stasiun dibagi dengan luas daerah yang ditinjau menghasilkan hujan rerata daerah tersebut, yang dalam bentuk matematik diuraikan dalam rumus berikut ini.

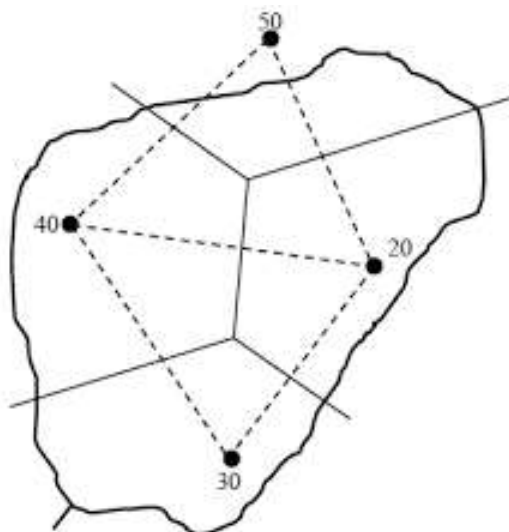
$$\bar{p} = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3.1)$$

dengan:

\bar{p} = Hujan rerata kawasan

p_1, p_2, \dots, p_n = Hujan pada stasiun 1, 2, 3, ..., n

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



Gambar 3.3 Poligon Thiessen

(Sumber: Triatmodjo, 2019)

3.4.2. Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi adalah kejadian yang diharapkan terjadi, rata-rata sekali setiap N tahun atau dengan perkataan lain tahun berulangnya N tahun. Hujan dengan kala ulang 10 tahunan, tidak berarti akan terjadi sekali setiap 10 tahun akan tetapi ada kemungkinan dalam jangka 1000 tahun akan terjadi 100 kali kejadian hujan 10 tahunan. Ada kemungkinan selama kurun waktu 10 tahun terjadi hujan 10 tahunan lebih dari satu kali, atau sebaliknya tidak terjadi sama sekali

Hujan rencana merupakan kemungkinan tinggi hujan yang terjadi dalam periode ulang tertentu sebagai hasil dari suatu rangkaian analisis hidrologi yang biasa disebut analisis frekuensi. Analisis frekuensi merupakan prakiraan (*forecasting*) dalam arti probabilitas untuk terjadinya suatu peristiwa hidrologi dalam bentuk hujan rencana yang berfungsi sebagai dasar perhitungan perencanaan hidrologi untuk antisipasi setiap kemungkinan yang akan terjadi. Analisis frekuensi ini dilakukan dengan menggunakan sebaran kemungkinan teori distribusi probabilitas dan yang biasa digunakan adalah distribusi normal, distribusi log normal, distribusi Gumbel tipe I, dan distribusi log Pearson tipe III. Metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana secara sistematis dan berurutan diuraikan sebagai berikut.

1. Parameter statistik

Setiap data memiliki ukuran-ukuran numerik yang menjadi sebuah ciri dari data tersebut. Sembarang nilai yang menjelaskan ciri susunan data disebut parameter. Parameter yang digunakan dalam analisis dari suatu variabel disebut parameter statistik. Pengukuran parameter statistik yang sering digunakan dalam analisis data hidrologi meliputi pengukuran tendensi sentral (*central tendency*) dan dispersi (*dispersion*).

a. Tendensi sentral (*central tendency*)

1) Nilai rerata (\bar{x})

Nilai rerata dalam suatu distribusi diuraikan dalam bentuk Persamaan (3.2) berikut.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.2)$$

dengan:

\bar{x} = Nilai rerata curah hujan,

x_i = Nilai pengukuran curah hujan ke-i, dan

n = Jumlah data.

b. Dispersi (*Dispersion*)

1) Standar deviasi (σ)

Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rerata, maka nilai standar deviasi (σ) akan besar, begitu pula sebaliknya. Standar deviasi dapat dihitung dengan Persamaan (3.3) berikut.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.3)$$

dengan:

σ = Standar deviasi,

\bar{x} = Nilai rerata curah hujan,

x_i = Nilai pengukuran curah hujan ke-i, dan

n = Jumlah data.

2) Koefisien variasi (C_v)

Perbandingan standar deviasi dengan nilai rerata didapatkan dengan Persamaan (3.4) berikut.

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (3.4)$$

dengan:

C_v = Koefisien variasi,

σ = Standar deviasi, dan

\bar{x} = Nilai rerata curah hujan.

3) Koefisien kemencengan (*Skewness*) (C_s)

Koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) dapat digunakan untuk mengetahui ketidak-simetrisan (*assymetry*) dari suatu bentuk distribusi.

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (3.5)$$

Untuk mendapatkan nilai kemencengan menggunakan Persamaan (3.6).

$$C_s = \frac{a}{\sigma^3} \quad (3.6)$$

dengan:

C_s = Koefisien kemencengan (*skewness*),

a = Parameter kemencengan,

\bar{x} = Nilai rerata curah hujan,

x_i = Nilai pengukuran curah hujan ke- i ,

σ = Standar deviasi, dan

n = Jumlah data.

Kurva distribusi simetris maka $C_s = 0,00$, dan $a = 0$. Jika kurva yang bentuknya condong ke kanan maka C_s lebih besar nol, sedangkan yang bentuknya condong ke kiri maka C_s kurang dari nol.

4) Koefisien kurtosis (C_k)

Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi, dan dapat dirumuskan seperti pada Persamaan (3.7) berikut.

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)\sigma^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \quad (3.7)$$

dengan:

C_k = Koefisien kurtosis,

- \bar{x} = Nilai rerata curah hujan,
 x_i = Nilai pengukuran curah hujan ke-i,
 σ = Standar deviasi, dan
 n = Jumlah data.

2. Pemilihan distribusi

Analisis frekuensi data hidrologi baik data hujan maupun data debit sungai terbukti bahwa sangat jarang dijumpai seri data yang sesuai dengan distribusi normal. Sebaliknya, sebagian besar data hidrologi sesuai dengan jenis distribusi yang lainnya. Masing-masing distribusi memiliki sifat-sifat khas sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing distribusi tersebut. Dengan demikian pengambilan salah satu distribusi secara sembarang untuk analisis tanpa pengujian data hidrologi sangat tidak dianjurkan. Kriteria dalam menentukan jenis distribusi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Parameter Statistik Untuk Menentukan Jenis Distribusi

No	Distribusi	Parameter
1	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2	Log Normal	$C_s \approx C_v^3 + 3C_v$ $C_k \approx C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s \approx 1,14$ $C_k \approx 5,4$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai diatas

(Sumber: Triatmodjo, 2019)

Terdapat beberapa jenis distribusi statistik yang umum digunakan untuk menentukan besarnya curah hujan rencana. Beberapa cara yang digunakan untuk menentukan jenis distribusi pada analisis frekuensi diuraikan sebagai berikut.

a. Distribusi normal

Dalam analisis hidrologi distribusi normal banyak digunakan untuk menganalisis frekuensi curah hujan, analisis statistik dari distribusi curah

hujan tahunan, debit rata-rata tahunan. Persamaan yang digunakan dalam distribusi ini yaitu:

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{z^2}{2}} \quad (3.8)$$

dengan:

$F(z)$ = Probabilitas kumulatif distribusi normal (Lampiran 1 Tabel L-1.2),

π = Rata-rata dari nilai X (variabel acak),

$z = \frac{\bar{x}-\mu}{\sigma}$ = Faktor frekuensi dari distribusi normal, dan

σ = Standar deviasi.

Dalam pemakaian rumus tersebut dapat didekati dengan Persamaan (3.9).

$$X_T = \bar{x} + K_T \times \sigma \quad (3.9)$$

dengan:

$$K_T = \frac{X_T - \bar{x}}{\sigma} \quad (3.10)$$

dengan:

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T,

\bar{x} = Nilai rerata hitung varian,

σ = Standar deviasi nilai varian, dan

K_T = Faktor frekuensi.

Nilai faktor frekuensi K_T atau nilai variabel reduksi Gauss (*variable reduced Gauss*) dapat dilihat pada Lampiran 1 Tabel L-1.1 Faktor Reduksi Gumbel.

b. Distribusi log normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah X menjadi log X (Y).

$$Y = \ln X \quad (3.11)$$

atau

$$Y = \log X \quad (3.12)$$

Cumulative Density Function (CDF) didapatkan dari penurunan integrasi fungsi densitas probabilitas.

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\sigma_Y\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{(Y-\mu_Y)^2}{2\sigma_Y^2}} dy \quad (3.13)$$

dengan:

$F(z)$ = Probabilitas kumulatif distribusi log normal (Lampiran 1 Tabel L-1.2),

μ_Y = Rata-rata dari nilai Y,

σ_Y = Standar deviasi dari nilai Y, dan

z = Faktor frekuensi dari distribusi log normal.

c. Distribusi Gumbel

Distribusi tipe gumbel banyak digunakan untuk analisis data maksimum, seperti halnya analisis frekuensi banjir. Fungsi densitas kumulatif dapat dilihat pada Persamaan (3.14) berikut.

$$x_T = u + \alpha y_T \quad (3.14)$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}\sigma}{\pi} \quad (3.15)$$

$$u = \bar{x} - 0,5772 \alpha \quad (3.16)$$

dan

$$y_T = -\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \quad (3.17)$$

Jika menggunakan nilai faktor reduksi maka digunakan Persamaan (3.18).

$$x_T = \bar{x} + \frac{y_T - y_n}{\sigma_n} \sigma \quad (3.18)$$

dengan:

x_T = Nilai (curah hujan) rencana dengan periode T,

\bar{x} = Nilai rata-rata,

y_T = Faktor reduksi Gumbel (Tabel 3.5)

T = Periode ulang,

u = Modus dari distribusi,

σ = Standar deviasi,

n = Jumlah data,

y_n = Nilai rata-rata (Lampiran 1 Tabel L-1.3 Nilai y_n dan σ_n Fungsi jumlah data), dan

σ_n = Standar deviasi (Lampiran 1 Tabel L-1.3).

Tabel 3.5 Reduced Variate, Y_{tr} sebagai fungsi periode ulang

Periode ulang, T_r (tahun)	Reduced variate, Y_{tr}	Periode ulang, T_r (tahun)	Reduced variate, Y_{tr}
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	5,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

(Sumber: Suripin, 2004)

d. Distribusi log Pearson III

Distribusi log Pearson tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi, terutama dalam analisis data maksimum (banjir) dan minimum (debit minimum) dengan nilai ekstrim. Bentuk kumulatif dari distribusi Log Pearson tipe III dengan nilai variasi X . Nilai logaritma dari data hujan atau banjir didapatkan dengan menggunakan transformasi berikut.

$$y_i = \ln x_i \quad (3.19)$$

atau

$$y_i = \log x_i \quad (3.20)$$

Periode ulang T logaritma hujan atau banjir dihitung dengan Persamaan (3.21).

$$y_T = \bar{y} + K_T \times \sigma_y \quad (3.21)$$

Hujan atau banjir kala ulang T didapatkan dengan menghitung nilai anti-logaritmanya menggunakan persamaan berikut.

$$x_T = \text{arc ln } y_T \quad (3.22)$$

atau

$$x_T = \text{arc log } y_T \quad (3.23)$$

dengan:

y_T = Nilai logaritmik x dengan periode ulang T ,

\bar{y} = Nilai rata-rata,

σ_y = Standar deviasi,

x_T = Variabel curah hujan jangka waktu ulang T tahun, dan

K_T = Faktor frekuensi (Lampiran 1 Tabel L-1.4 Distribusi Log Pearson III untuk Koefisien Kemencengan (C_s))

3.5. Uji Kecocokan Distribusi

Data hidrologi yang digunakan untuk memperkirakan banjir rancangan perlu dipastikan agar jenis distribusi yang dipilih untuk analisis frekuensi sudah sesuai. Data hidrologi digambarkan pada kertas probabilitas untuk mengetahui kecocokan distribusi probabilitas. Setelah data sudah digambarkan, kemudian dibuat garis teoritis yang mendekati titik-titik data. Garis tersebutlah yang akan digunakan untuk interpolasi dan ekstrapolasi. Untuk menjamin bahwa pendekatan empiris tersebut dapat diwakili oleh kurva teoritis, diperlukan uji kecocokan sebaran. Ada dua cara pengujian apakah distribusi yang digunakan sesuai dengan data yang ada, yaitu Metode *Smirnov-Kolmogorov* dan Metode *Chi-Square*.

1. Uji *Smirnov-Kolmogorov*

Uji *Smirnov-Kolmogorov* merupakan uji kesesuaian distribusi terhadap penyimpangan data ke arah horizontal untuk mengetahui suatu data sesuai/tidak, dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih. Uji *Smirnov-Kolmogorov* sering juga disebut sebagai uji kecocokan *non-parametric*, karena pengujiannya tidak memakai fungsi distribusi tertentu, namun dengan memperhatikan kurva dan penggambaran data pada kertas probabilitas. Pengujian dilakukan dengan membandingkan probabilitas tiap data, antara sebaran empiris dan sebaran teoritis, yang dinyatakan dalam Δ . Harga Δ terbesar (Δ_{max}) dibandingkan dengan Δ_{kritis} (dari tabel *Smirnov-Kolmogorov*) dengan tingkat keyakinan (α) tertentu. Distribusi dipilih dan dianggap sesuai jika $\Delta_{max} < \Delta_{kritis}$ (Limantara, 2010).

Langkah-langkah perhitungan Metode *Smirnov-Kolmogorov* adalah sebagai berikut.

- a. Mengurutkan data (x_i) dari besar ke kecil atau sebaliknya.
- b. Menghitung probabilitas masing-masing data dengan rumus Weibull pada Persamaan (3.24) di bawah ini.

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (3.24)$$

$$T = \frac{1}{P} \quad (3.25)$$

dengan:

P = Probabilitas (%),

T = Periode ulang,

m = Nomor urut, dan

n = Jumlah data.

- 1) Metode empiris menggunakan grafik
 - a) Menggambar data hujan/debit (X) dengan probabilitas (P)
 - b) Menarik garis durasi 3 titik untuk metode log Pearson III (garis teoritis berupa garis lengkung kecuali $C_s = 0$, garis teoritis berupa garis lurus dan disebut sebagai log normal)

2) Metode teoritis

a) Menghitung nilai logaritma dari hujan rerata ($\log X_i$)

b) Menentukan nilai G

$$G = \frac{(\log x - \log \bar{x})}{\sigma} \quad (3.26)$$

c) Menentukan nilai P_r

Nilai P_r ditentukan dengan menggunakan nilai K_T pada Lampiran 1 Tabel L-1.4

d) Menentukan nilai P_t

$$P_t = 1 - P_r \quad (3.27)$$

- c. Membandingkan antara Δ_{maks} dan Δ_{cr} , distribusi frekuensi dapat diterima apabila $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$.

$$\Delta_{maks} = [P_e - P_t] \quad (3.28)$$

dengan:

Δ_{maks} = Selisih maksimum antara peluang empiris dan teoritis

Δ_{cr} = Simpangan kritis (Tabel L-1.5)

P_e = Peluang empiris

P_t = Peluang teoritis

2. Uji *Chi-Square*

Uji kecocokan distribusi menggunakan metode *Chi-Square* memiliki langkah-langkah yang sama dengan metode *Smirnov-Kolmogorov*. Namun, nilai X^2 dalam pengujian *Chi-Square* dihitung dengan Persamaan (3.30).

$$E_f = \frac{n}{K} \quad (3.29)$$

$$X^2 = \sum_{f=1}^n \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f} \quad (3.30)$$

dengan:

X^2 = Nilai *Chi-Square*,

E_f = Frekuensi (banyak pengamatan) yang diharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya,

O_f = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama, dan

n = Jumlah data

Nilai X^2_{cr} (*chi-square critic*) harus lebih besar dari Nilai X^2 yang diperoleh dari perhitungan, Nilai suatu derajat nyata tertentu (α), yang sering digunakan adalah 5%. Derajat kebebasan dihitung dengan Persamaan (3.31).

$$DK = K - (p + 1) \quad (3.31)$$

dengan:

DK = Derajat kebebasan,

K = Banyaknya kelas, dan

p = Banyaknya keterikatan (parameter) untuk uji square adalah 2.

Nilai X^2_{cr} ditentukan berdasarkan Lampiran 1 Tabel L-1.6 Nilai *Chi-Square Critic* (X^2_{cr}). Disarankan agar banyaknya kelas dan frekuensi absolut tiap kelas ≥ 5 .

3.6. Analisis Intensitas Hujan Rencana

Intensitas hujan adalah jumlah curah hujan dalam suatu satuan waktu, yang biasanya dinyatakan dalam mm/jam, mm/hari, mm/minggu, mm/bulan, mm/tahun, dan sebagainya; yang berturut-turut sering disebut hujan jam-jaman, harian, mingguan, bulanan, tahunan, dan sebagainya (Triatmodjo, 2019). Sifat umum hujan

adalah makin singkat hujan berlangsung, maka intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya, maka makin tinggi pula intensitasnya.

1. Waktu konsentrasi

Waktu konsentrasi (t_c) merupakan waktu yang diperlukan bagi air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik paling jauh sampai ke tempat keluaran DAS (titik kontrol). Hal ini dianggap bahwa durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi. Waktu konsentrasi dapat ditentukan menggunakan rumus *Australian Rainfall Runoff* (ARR) dalam rumus 3.32 berikut.

$$t_c = 0,76 \times A^{0,38} \quad (3.32)$$

dengan:

t_c = waktu konsentrasi (jam), dan

A = luas daerah aliran (km^2)

2. Intensitas hujan

Jika yang tersedia adalah hujan harian, maka intensitas hujan rencana dapat ditentukan dengan Rumus Mononobe di bawah ini karena durasi hujan yang tersedia dari stasiun pencatat hujan otomatis relatif singkat.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[\frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (3.33)$$

dengan:

I = intensitas curah hujan (mm/jam),

t = lamanya curah hujan (jam), dan

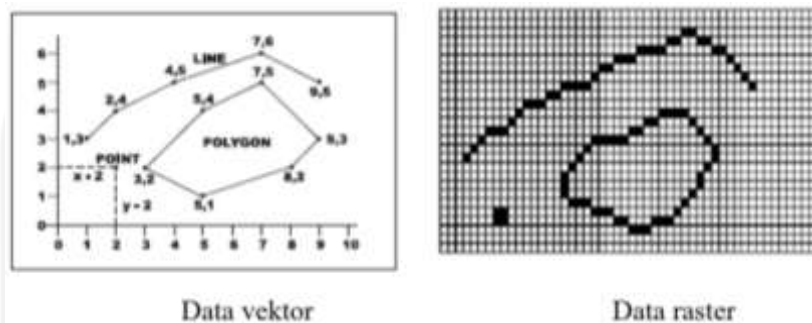
R_{24} = curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm).

3.7. *Geographic Information System* (GIS)

Sistem Informasi Geografis (SIG) atau *Geographic Information System* (GIS) merupakan suatu sistem berbasis komputer yang mempunyai kemampuan untuk memberi bantuan informasi terhadap data spasial. GIS dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, memanipulasi, mengubah, menganalisis, dan mengeluarkan data yang berhubungan dengan data spasial.

GIS memiliki 2 jenis data yang berbeda, yaitu data vektor dan data raster. Data vektor merupakan data yang tidak memiliki bentuk dan ketentuan, dimana

data ini terbagi menjadi 3 bagian yaitu point, line, dan polygon. Data vektor menggunakan koordinat x dan y dalam menampilkan data spasial. Data raster merupakan informasi data yang terdiri dari satuan pixel yang memiliki kolom berbasis tertentu, seperti data hasil citra satelit maupun *Digital Elevation Model* (DEM), data raster merupakan data yang penting dalam GIS.



Gambar 3.4 Contoh Ilustrasi Data Vektor dan Raster

(Sumber: Badan Informasi Geospasial, Diakses 10 Juni 2022)

3.7.1. Citra Satelit Landsat

Citra satelit landsat adalah salah satu citra satelit sumberdaya alam yang mempunyai resolusi spasial 30 m x 30 m (kecuali inframerah *thermal*), dan merekam dalam 7 saluran spektral. Masing-masing saluran citra satelit landsat peka terhadap respons atau tanggapan spektral obyek pada julat panjang gelombang tertentu. Hal ini menyebabkan nilai piksel pada berbagai saluran spektral sebagai cerminan nilai tanggapan spektral pun bervariasi. Adanya variasi tanggapan spektral pada setiap saluran merupakan salah satu kelebihan dari citra satelit landsat karena dengan memadukan berbagai saluran tersebut dapat diperoleh citra baru dengan informasi yang baru pula (Suharyadi, 2000).

Klasifikasi citra adalah proses pengelompokan pixel suatu citra dengan cara mengidentifikasi corak warna kenampakan objek ke dalam beberapa kelas berdasarkan suatu kriteria atau kategori hingga menghasilkan peta tematik dalam bentuk raster. Metode yang digunakan untuk penentuan kelas adalah metode paralel-epipedum, untuk menemukan informasi yang penting dalam pengamatan yang didapat dari setiap kombinasi band yang dipilih. Untuk melakukan klasifikasi citra satelit pada Landsat 8 menggunakan bantuan *software* ArcGIS.

Landsat 8 merupakan penyempurnaan dari Landsat 7 yang memiliki unsur penyempurnaan yang terletak pada nilai bit dari tiap piksel citra, rentang spektrum yang dapat ditangkap sensor, dan jumlah band. Diluncurkan pada tahun 2013, satelit Landsat 8 telah berkontribusi pada catatan multispektral permukaan tanah bumi sejak 1972. Landsat 8 memiliki orbit sun-synchronous pada ketinggian 705 km di atas permukaan bumi dan bisa mencakup area scan sebesar 170 km x 183 km. Karakteristik kanal Landsat 8 dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Karakteristik Kanal 8

No	Kanal	Kisaran Spektral (nm)	Penggunaan Data	GSD (resolusi spasial)	Radiance ($W/m^2sr\mu m$), typical	SNR (typical)
1	Biru	433-453	<i>Aerosol/coastal zone</i>	30 m	40	130
2	Biru	450-515	<i>Pigment/scatter/coastal</i>	30 m	40	130
3	Hijau	526-600	<i>Pigment/coastal</i>		30	100
4	Merah	630-680	<i>Pigment/coastal</i>		22	90
5	Infra merah dekat	845-885	<i>Foliage/coastal</i>		14	90
6	SWIR 2	1560-1660	<i>Foliage</i>		4.0	100
7	SWIR 3	2100-2300	<i>Minerals/litter/ noscatter</i>			
8	PAN	500-680	<i>Image sharpening</i>	15 m	23	80
9	SWIR	1360-1390	<i>Cirruscloud detection</i>	30 m	6.0	130

(Sumber: *United States Geological Survey*, Diakses 18 Januari 2022)



Gambar 3.5 Contoh Ilustrasi Citra Satelit Landsat

(Sumber: *United States Geological Survey*, Diakses 10 Juni 2022)

3.7.2. Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI)

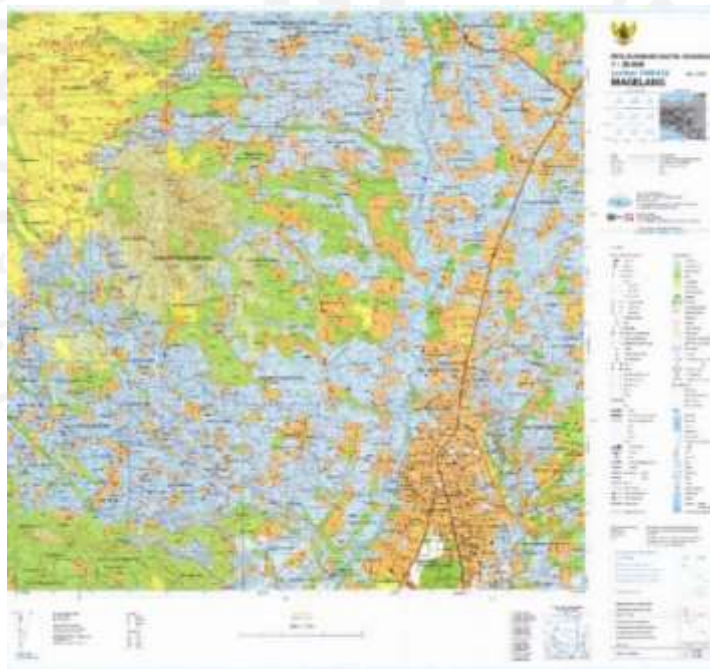
Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) secara umum adalah peta yang menggambarkan kenampakan alamiah (*Natural Features*) dan kenampakan buatan manusia (*Man Made Features*). Kenampakan alamiah yang dimaksud misalnya sungai, bukit, lembah, laut dan danau, sedangkan kenampakan buatan manusia

misalnya jalan, kampung, pemukiman dan bangunan (Hisanah, 2015). Unsur-unsur kenampakan rupabumi yang ditampilkan dalam peta RBI dapat dikelompokkan menjadi 7 tema, yaitu diuraikan dalam Tabel 3.7 di bawah ini.

Tabel 3.7 Tema Unsur-Unsur Kenampakan Rupabumi

Tema	Uraian
1	Mencakup bangunan fasilitas umum (Fasum) yang meliputi gedung, rumah, bangunan perkantoran dan budaya lainnya. Pada skala besar bangunan digambarkan sebagai area atau poligon.
2	Mencakup transportasi dan utilitas yang meliputi jaringan jalan, kereta api, kabel transmisi dan jembatan. Jaringan jalan dibedakan menjadi beberapa kelas jalan yaitu jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal dan jalan setapak.
3	Mencakup hipsografi yang meliputi data ketinggian seperti titik tinggi dan kontur.
4	Mencakup batas administrasi yang meliputi batas negara provinsi, kota/kabupaten, kecamatan dan desa
5	Mencakup penutup lahan yang meliputi hutan, sawah, pemukiman, ladang, semak belukar dan tanah kosong
6	Mencakup hidrografi atau perairan yang meliputi unsur perairan seperti sungai, danau dan garis pantai.
7	Mencakup toponim yang meliputi nama-nama geografi seperti nama pulau, nama selat, nama gunung dan sebagainya. Pengambilan unsur toponim dilakukan secara menyeluruh terhadap semua unsur yang mempunyai nama rupabumi dalam survey kelengkapan lapangan.

(Sumber: Hisanah, 2015)

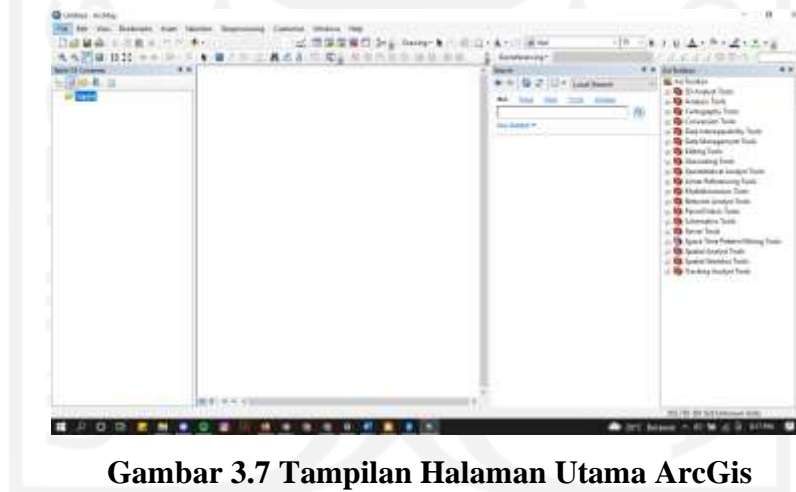


Gambar 3.6 Contoh Ilustrasi Peta RBI

(Sumber: Peta Rupabumi Digital Indonesia)

3.7.3. ArcGIS

ArcGIS adalah perangkat lunak yang dikeluarkan oleh *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), sebuah perusahaan yang telah lama berkecimpung di dalam bidang geospasial. ArcGIS adalah sebuah platform yang terdiri dari beberapa software yaitu *Desktop GIS*, *Server GIS*, *Online GIS*, *ESRI Data*, dan *Mobile GIS*. ArcGIS *Desktop* hanya dapat diinstal pada sistem operasi (OS) *Windows*. ArcGIS *Desktop* merupakan pengembangan dan gabungan dari ArcView yang unggul dalam antarmuka visual dengan Arc/INFO versi 7 yang unggul dalam analisis. ArcGIS *Desktop* masih merupakan kumpulan *software* (*suite*) yang terdiri dari beberapa *software* tersendiri yaitu ArcMap, ArcCatalog, ArcScene, ArcGlobe, dan ArcReader. Dalam penelitian ini, *software* ArcGIS digunakan untuk deliniasi batas-batas DAS/DTA dan analisis tutupan lahan.



Gambar 3.7 Tampilan Halaman Utama ArcGis

3.8. Tata Guna Lahan

Tata guna lahan adalah suatu upaya dalam merencanakan penggunaan lahan dalam suatu kawasan atau daerah yang meliputi pembagian wilayah untuk pembagian fungsi-fungsi tertentu, contohnya fungsi persawahan, pemukiman, industri, dan lain-lain. Rencana tataguna lahan merupakan pekerjaan yang menetapkan keputusan terkait tentang lokasi, saluran air bersih dan air limbah, pusat kesehatan, dan pusat pusat fasilitas umum lainnya. Tata guna lahan merupakan salah satu faktor penentu utama dalam pengelolaan lingkungan, keseimbangan antara kawasan budidaya dan kawasan konservasi merupakan kunci dari pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan. Analisis tutupan lahan dilakukan dengan cara membagi peta lahan menjadi

beberapa jenis atau kategori, yang ditentukan sesuai dengan batas daerah aliran atau daerah tangkapan. Data yang digunakan dapat diambil dari citra satelit kemudian dilakukan analisis tutupan lahan. Pada penelitian ini, digunakan acuan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dalam perencanaan tata guna lahan karena tercantum aspek administrasi dan aspek fungsional kawasan setempat yang telah ditetapkan oleh setiap pemerintah daerah. Sehingga dapat diketahui daerah mana saja yang termasuk kawasan terbuka maupun kawasan pemukiman dan perindustrian, serta dapat melihat perubahan tata guna lahan dari tahun ke tahun. Selain itu, analisis tata guna lahan dilakukan agar dapat melihat terjadinya fluktuasi terhadap debit tiap tahunnya.

3.9. Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) merupakan perbandingan antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan dan variabel penentu hasil dari perhitungan debit banjir. Faktor yang mempengaruhi nilai C yaitu laju infiltrasi tanah atau persentase lahan kedap air, tanaman penutup tanah, kemiringan lahan, dan intensitas hujan. Nilai koefisien pengaliran (C) dapat dilihat pada Tabel 3.8 berikut ini.

Tabel 3.8 Nilai Koefisien Pengaliran (C)

Deskripsi Lahan/Karakter Pemukiman	Koefisien Pengaliran (C)	Deskripsi Lahan/Karakter Pemukiman	Koefisien Pengaliran (C)
Bisnis		Halaman, tanah berpasir	
Perkotaan	0,70 – 0,95	Datar, 2%	0,05 – 0,10
Pinggiran	0,50 – 0,70	Rata-rata, 2 – 7%	0,10 – 0,15
Perumahan		Curam, 7%	0,15 – 0,20
Rumah tunggal	0,30 – 0,50	Halaman, tanah berat	
Multiunit, terpisah	0,40 – 0,60	Datar, 2%	0,13 – 0,17
Multiunit, tergabung	0,60 – 0,75	Rata-rata, 2 – 7%	0,18 – 0,22
Perkampungan	0,25 – 0,40	Curam, 7%	0,25 – 0,35
Apartemen	0,50 – 0,70	Halaman kereta api	0,10 – 0,35
Industri		Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
Ringan	0,50 – 0,80	Taman, perkuburan	0,10 – 0,25
Berat	0,60 – 0,90	Hutan	
Perkerasan		Datar, 0 – 5%	0,10 – 0,40

(Sumber: Suripin, 2004)

Lanjutan Tabel 3.8 Nilai Koefisien Pengaliran (C)

Deskripsi Lahan/Karakter Pemukiman	Koefisien Pengaliran (C)	Deskripsi Lahan/Karakter Pemukiman	Koefisien Pengaliran (C)
Aspal dan beton	0,70 – 0,95	Bergelombang, 5 – 10%	0,25 – 0,50
Batu bata, paving	0,50 – 0,70	Berbukit, 10 – 30%	0,30 – 0,60
Atap	0,75 – 0,95		

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel di atas merupakan nilai koefisien pengaliran (C) untuk penggunaan lahan yang seragam, Apabila DAS/DTA terdiri dari beberapa macam penggunaan lahan dengan koefisien yang berbeda-beda, maka nilai C dihitung dengan Persamaan (3.34) berikut.

$$C = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot A_i}{A_i} \quad (3.34)$$

dengan:

C_i = koefisien pengaliran permukaan jenis penutup tanah i, dan

A_i = luas lahan dengan jenis penutup tanah.

3.10. Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana digunakan sebagai dasar penentuan kapasitas dalam perhitungan dimensi saluran drainase. Besar nilainya dinyatakan dalam debit banjir dengan kala ulang tertentu.

3.10.1. Penentuan Kala Ulang T tahun

Penentuan kala ulang untuk merencanakan saluran drainase ditentukan berdasarkan luas daerah tangkapan air dan jenis kota pada daerah penelitian, seperti yang dilampirkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.9 Penentuan Debit Kala Ulang T Tahun

Tipologi Kota	Daerah Tangkapan Air (Ha)			
	<10	10-100	101-500	>500
Metropolitan	2 tahun	2-5 tahun	5-10 tahun	10-25 tahun
Besar	2 tahun	2-5 tahun	2-5 tahun	5-20 tahun
Sedang	2 tahun	2-5 tahun	2-5 tahun	5-10 tahun
Kecil	2 tahun	2 tahun	2 tahun	2-5 tahun

(Sumber: Permen PU No.12 Tahun 2014)

3.10.2. Metode Rasional

Debit banjir rencana merupakan besaran volume debit banjir maksimum pada suatu sungai yang berkaitan dengan periode kala ulang tertentu (SNI 2415:2016). Salah satu metode yang biasa dipakai untuk menghitung debit banjir rencana adalah metode Rasional. Metode ini sangat mudah digunakan, tetapi penggunaannya cukup terbatas untuk DAS dengan ukuran kurang dari 5000 ha. Rumus yang digunakan untuk metode rasional dapat dilihat pada persamaan 3.35 berikut ini.

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A \quad (3.35)$$

dengan:

- Q = debit puncak banjir (m^3/s),
 C = koefisien pengaliran (dapat dilihat pada Tabel 3.8),
 I = intensitas hujan (mm/jam), dan
 A = luas daerah aliran (Ha).

3.11. Desain Saluran Drainase

Saluran drainase merupakan saluran yang dibuat untuk menyalurkan kelebihan air dari sebuah kawasan guna menghindari terjadinya genangan pada permukaan. Terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam merencanakan saluran drainase, di antaranya sebagai berikut.

1. Koefisien *Manning* (n)

Nilai koefisien *Manning* diperlukan dalam perhitungan desain saluran. Besarnya nilai koefisien *Manning* dapat dilihat pada Tabel 3.10 berikut.

Tabel 3.10 Tipikal Harga Koefisien Kekasaran *Manning* (n)

No.	Tipe Saluran dan Jenis Bahan	Harga n		
		Minimum	Normal	Maksimum
1	Beton			
	• Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0,010	0,011	0,013
	• Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/gangguan	0,011	0,013	0,014
	• Beton dipoles	0,011	0,012	0,014

(Sumber: Suripin, 2004)

Lanjutan Tabel 3.10 Tipikal Harga Koefisien Kekasaran Manning (n)

No.	Tipe Saluran dan Jenis Bahan	Harga n		
		Minimum	Normal	Maksimum
	• Saluran pembuang dengan bak kontrol	0,013	0,015	0,017
2	Tanah, lurus, dan seragam			
	• Bersih baru	0,016	0,018	0,020
	• Bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
	• Berkerikil	0,022	0,025	0,030
	• Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0,022	0,027	0,033
3	Saluran alam			
	• Bersih lurus	0,025	0,030	0,033
	• Bersih, berkelok-kelok	0,033	0,040	0,045
	• Banyak tanaman pengganggu	0,050	0,070	0,080
	• Dataran banjir berumput pendek-tinggi	0,025	0,030	0,035
	• Saluran di belukar	0,035	0,050	0,070

(Sumber: Suripin, 2004)

2. Tinggi jagaan (Fb) (*Free Board*)

Besarnya nilai tinggi jagaan ditentukan berdasarkan debit banjir yang melimpas pada sebuah saluran. Nilai tinggi jagaan dapat dilihat pada Tabel 3.11 berikut.

Tabel 3.11 Tinggi Jagaan (Fb)

Debit (m ³ /detik)	Tinggi Jagaan (m)
< 0,5	0,20
0,5 – 1,5	0,20
1,5 – 5,0	0,25
5,0 – 10,0	0,30
10,0 – 15,0	0,40
>15,0	0,50

(Sumber: Kementerian PUPR, 2016)

3. Estimasi dimensi saluran (*U-Ditch* dan *Box Culvert*)

Analisis hidraulika bertujuan untuk melakukan evaluasi kapasitas pada saluran drainase berdasarkan debit rencana yang telah dilakukan analisis sebelumnya. Kapasitas saluran diartikan sebagai kemampuan yang dimiliki oleh setiap

penampang sepanjang saluran dalam menyalurkan kelebihan air dari sebuah kawasan dan menghindari genangan air pada permukaan (peluapan). Terdapat berbagai jenis klasifikasi drainase oleh bentuk, lokasi, fungsi dan konstruksi. Dimensi saluran drainase ditentukan berdasarkan debit rencana, kemiringan saluran dan kecepatan aliran. Perhitungan kapasitas saluran drainase dapat dihitung berdasarkan Persamaan (3.36) hingga (3.39) berikut.

$$Q = V \times A \quad (3.36)$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad (3.37)$$

Berdasarkan Perhitungan Saluran Drainase Diklat Teknis Perencanaan Irigasi Kementerian PUPR halaman IV-10 bahwa koefisien kekasaran degan bahan konstruksi pasangan beton memiliki V_{\max} antara 2-3 m/s dengan pertimbangan kecepatan aliran yang perlu direduksi menjadi sekitar 1,5 m/s atas dasar keamanan bila ada benda yang terjatuh di saluran drainase tidak terbawa aliran terlalu cepat serta mencegah terjadinya erosi. Kemiringan saluran drainase dapat dihitung menggunakan Persamaan (3.39).

$$R = \frac{A}{P} \quad (3.38)$$

$$i = \frac{\Delta h}{L_s} \quad (3.39)$$

dengan:

Q = debit drainase (m^3/s),

A = luas penampang basah saluran drainase (m^2),

V = kecepatan aliran dalam saluran drainase (m/s),

R = radius hidrolis (m),

Δh = beda elevasi (m),

L_s = panjang lintasan aliran di dalam saluran (m),

i = kemiringan saluran drainase,

P = keliling basah saluran drainase (m), dan

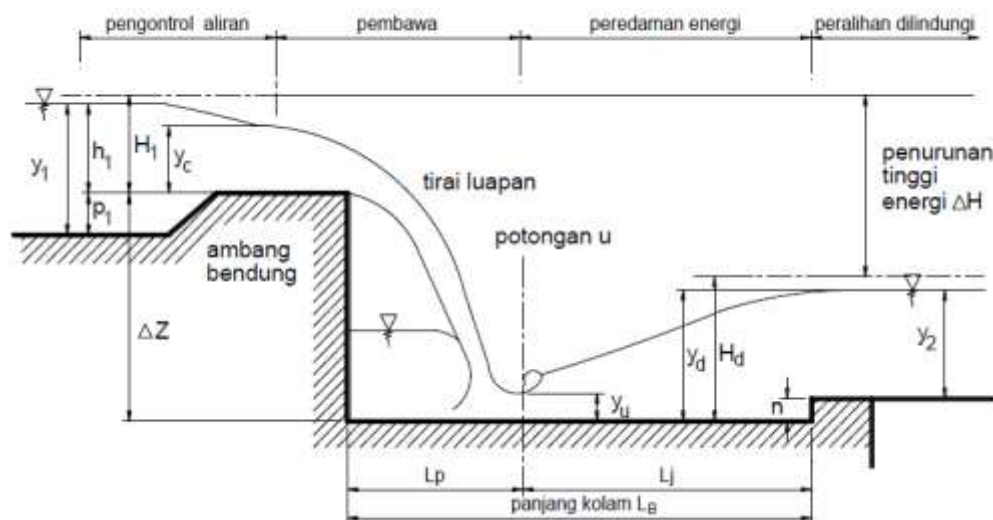
n = koefisien kekasaran *Manning*.

3.12. Bangunan Terjun

Bangunan terjun diperlukan jika kemiringan permukaan tanah lebih curam daripada kemiringan maksimum saluran yang diinginkan guna mengurangi kemiringan tersebut agar kecepatan aliran air tidak terlalu tinggi. Bangunan terjun dibagi menjadi dua jenis yaitu bangunan terjun tegak dan bangunan terjun miring. Bangunan terjun tegak digunakan apabila beda tinggi energi tidak lebih dari 1,5 meter. Sedangkan, untuk bangunan terjun miring, beda tingginya lebih dari 1,5 m.

Bangunan terjun memiliki beberapa fungsi di antaranya adalah sebagai berikut.

1. Bangunan hulu pengontrol, yaitu bagian di mana aliran menjadi superkritis.
2. Bagian di mana air dialirkan ke elevasi yang lebih rendah.
3. Bagian tepat di sebelah hilir potongan U yaitu tempat dimana energi diredam.
4. Bagian peralihan saluran memerlukan perlindungan untuk mencegah erosi.



Gambar 3.8 Bangunan Terjun

(Sumber: KP-04, 2013)

Tinggi terjun tegak menurut Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP-04 (2013) dibatasi sebagai berikut:

1. Tinggi terjun maksimal 1,50 meter untuk $Q < 2,50 \text{ m}^3/\text{s}$,
2. Tinggi terjun maksimal 0,75 meter untuk $Q > 2,50 \text{ m}^3/\text{s}$.

Berikut persamaan yang digunakan dalam perhitungan jumlah bangunan terjun (n).

$$\Delta h = H_1 - H_2 \quad (3.40)$$

$$n = \frac{[\Delta h - I_i \times L]}{t} \quad (3.41)$$

dengan:

n = jumlah bangunan terjun,

Δh = beda tinggi antara dua titik saluran (m),

L = panjang saluran (m),

t = tinggi terjunan (m), dan

I_i = kemiringan saluran yang diizinkan.



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada daerah tangkapan air (DTA) yang berada di wilayah Kota Magelang terutama bagian timur saluran irigasi Progo Manggis untuk kebutuhan analisis tata guna lahan. Lokasi ini dipilih karena topografi kota menyebabkan air limpasan hujan relatif mengalir ke dua arah, yaitu bagian barat dan timur kota sehingga menyebabkan outlet saluran drainase mengarah ke saluran irigasi dan turut membawa beban limpasan. Padatnya pertumbuhan penduduk dan pembangunan menyebabkan debit banjir meningkat sehingga membatasi pergerakan lalu lintas masyarakat.

4.2. Pengumpulan Data

Untuk melakukan suatu penelitian dibutuhkan beberapa data yang digunakan dalam analisis, data tersebut harus sesuai dengan kondisi lapangan. Pada penelitian ini data yang digunakan berupa data sekunder. Data sekunder ini berasal dari hasil survei lapangan yang dilakukan oleh Unit Hidrologi, Bidang Operasi dan Pemeliharaan, Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak Kota Magelang. Data yang digunakan untuk analisis adalah sebagai berikut.

1. Data hidrologi berupa curah hujan harian maksimum 12 tahun dari tahun 2007 sampai tahun 2018 yang berasal dari 3 stasiun hujan, yaitu stasiun hujan Plered, Mungkid, dan Tempuran.
2. Delineasi DTA/*catchment area* dilakukan menggunakan *software* ArcGIS dengan acuan Peta Rupabumi Indonesia (RBI) yang diunduh dari <https://tanahair.indonesia.go.id>.
3. Peta tata guna lahan di wilayah Indonesia yang diunduh dari *website* *United States Geological Survey* (USGS) berdasarkan pengamatan satelit landsat 8. Peta tata guna lahan yang digunakan pada tahun 2013, 2015 dan 2017.

4.3. Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini secara keseluruhan dilakukan menggunakan *Microsoft Excel* untuk analisis hidrologi, *software ArcGIS* untuk deliniasi batas-batas DTA (Daerah Tangkapan Air)/*catchment area* dan analisis tutupan lahan. Berikut adalah langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini.

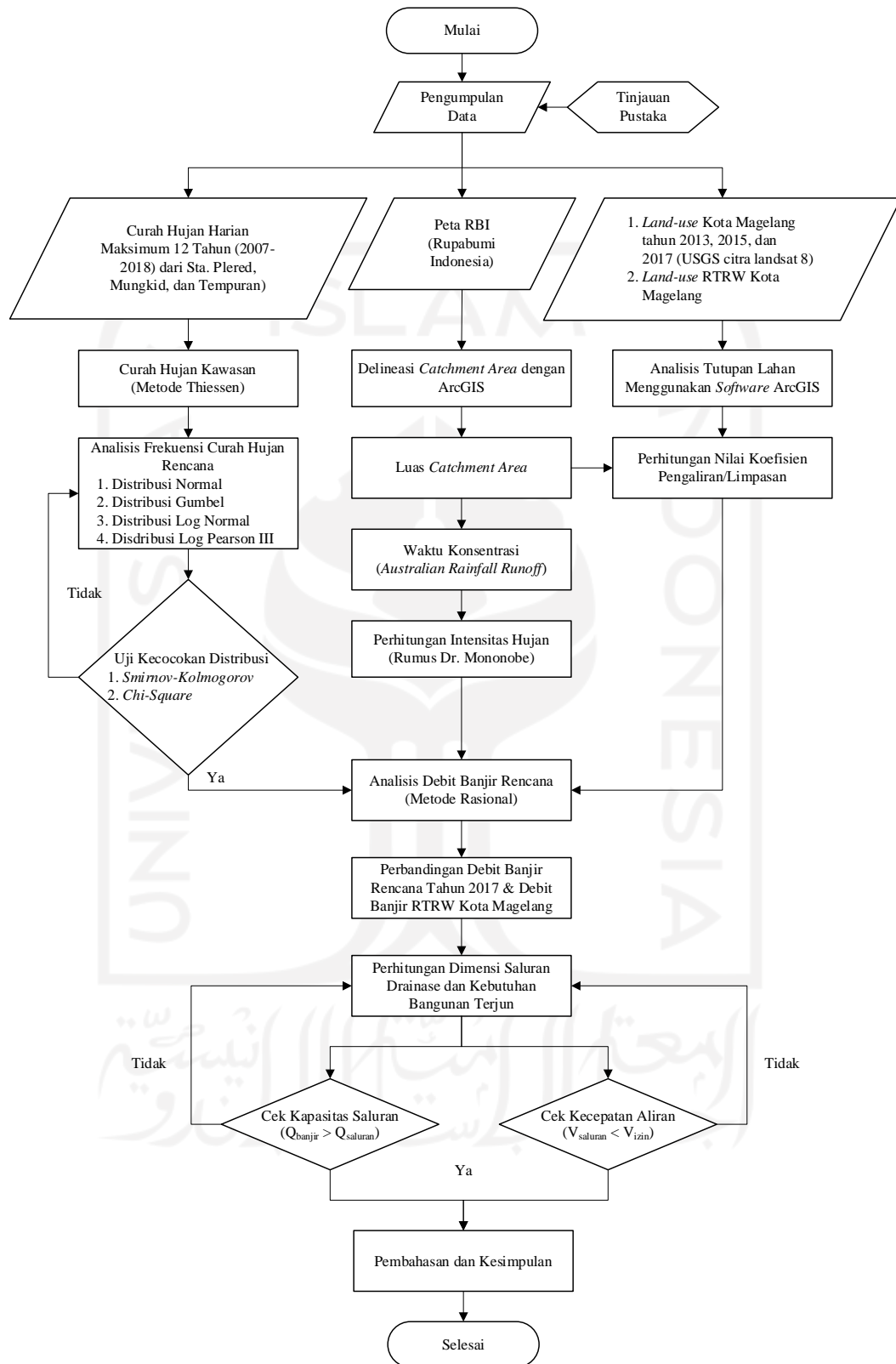
1. Penentuan luasan/deliniasi *Catchment area* menggunakan peta RBI yang dianalisis dengan *software ArcGIS*.
2. Perhitungan hujan kawasan dalam penelitian ini menggunakan metode Thiessen. Metode ini dipilih karena mempertimbangkan beberapa parameter yang terdapat pada Tabel 3.1, Tabel 3.2, dan Tabel 3.3.
3. Teori distribusi probabilitas digunakan untuk perhitungan analisis frekuensi. Maka perlu dihitung nilai tendensi sentral dan dispersinya dengan menggunakan Persamaan (3.2) hingga (3.7). Analisis distribusi curah hujan dilakukan untuk periode ulang T tahun. Penentuan distribusi ditentukan berdasarkan parameter statistik yang paling sesuai di antara distribusi normal, log normal, Gumbel, dan log Pearson III. Pemilihan jenis distribusi serbaran dengan membandingkan persyaratan pada Tabel 3.4.
4. Uji kecocokan sebaran dilakukan untuk mengetahui apakah distribusi probabilitas yang dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang digunakan maka dilakukan pengujian kecocokan sebaran. Pengujian distribusi yang digunakan pada penelitian ini adalah *Smirnov-Kolmogorov* dan *Chi-Square*.
5. Analisis tutupan lahan menggunakan data citra satelit landsat yang telah diperoleh sebelumnya kemudian dianalisis untuk mengetahui perubahan tata guna lahan yang terjadi selama periode tahun 2013, 2015, dan 2017. Setelah itu, dilakukan perhitungan dengan menggunakan Tabel 3.6 Nilai Koefisien Aliran (C) dan Persamaan (3.34).
6. Setelah perhitungan curah hujan rencana dengan kala ulang 2, 5, dan 10 tahun, kemudian dilakukan perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe, dilanjutkan dengan analisis debit banjir rencana menggunakan metode rasional.

7. Analisis perbandingan debit banjir tahun 2017 dan RTRW.
8. Perencanaan dimensi saluran drainase berdasarkan perhitungan debit banjir maksimal dan perhitungan kapasitas saluran.
9. Analisis jumlah kebutuhan bangunan terjun.

4.4. Bagan Alir Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.





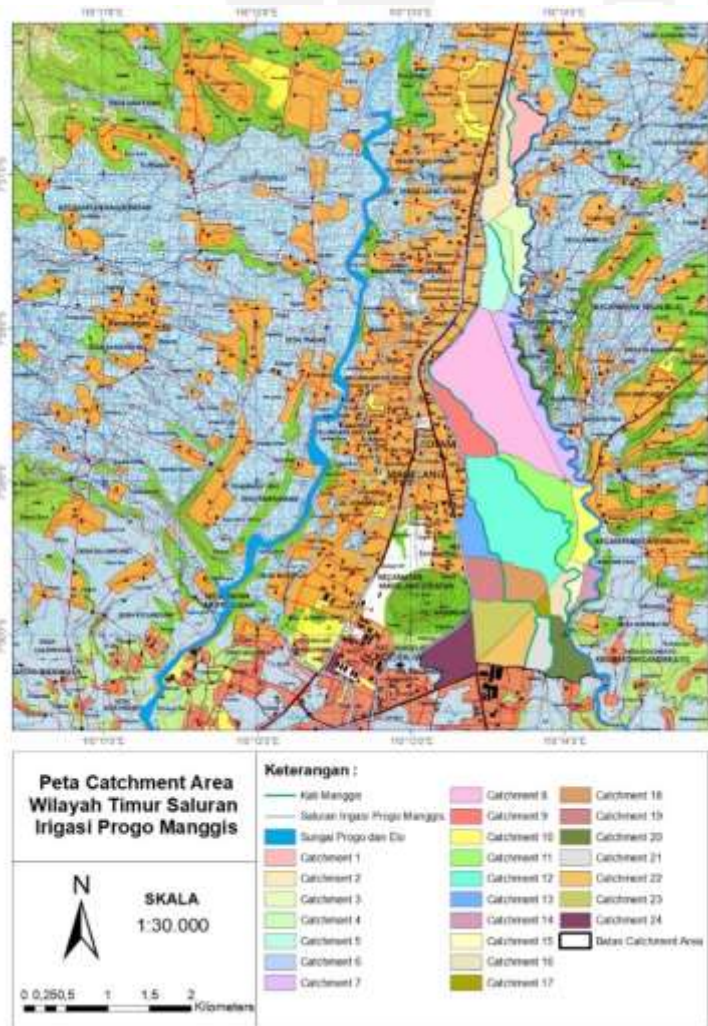
Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Delineasi *Catchment Area*

Berdasarkan data sekunder yang didapatkan serta melihat sungai-sungai kecil pada peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), selanjutnya dilakukan penentuan *catchment area* dengan bantuan *software* ArcGIS yang langkah-langkah delineasinya dapat dilihat pada Lampiran 2. Hasil delineasi *catchment area* terlampir pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Delineasi *Catchment Area*
(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan hasil delineasi didapatkan jumlah *catchment area* rencana sebanyak 24, dengan luasan masing-masing yang tertera pada Tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1 Luas *Catchment Area*

<i>Catchment Area</i>	Luas (km ²)	Luas (ha)	<i>Catchment Area</i>	Luas (km ²)	Luas (ha)
1	0,240	24,007	13	0,189	18,907
2	0,286	28,563	14	0,098	9,830
3	0,242	24,190	15	0,074	7,407
4	0,098	9,831	16	0,123	12,350
5	0,239	23,880	17	0,041	4,118
6	0,045	4,535	18	0,193	19,345
7	0,395	39,517	19	0,212	21,174
8	1,287	128,733	20	0,233	23,349
9	0,303	30,257	21	0,155	15,509
10	0,177	17,728	22	0,232	23,160
11	0,365	36,515	23	0,310	30,981
12	1,065	106,549	24	0,328	32,832
Jumlah				6,933	693,265

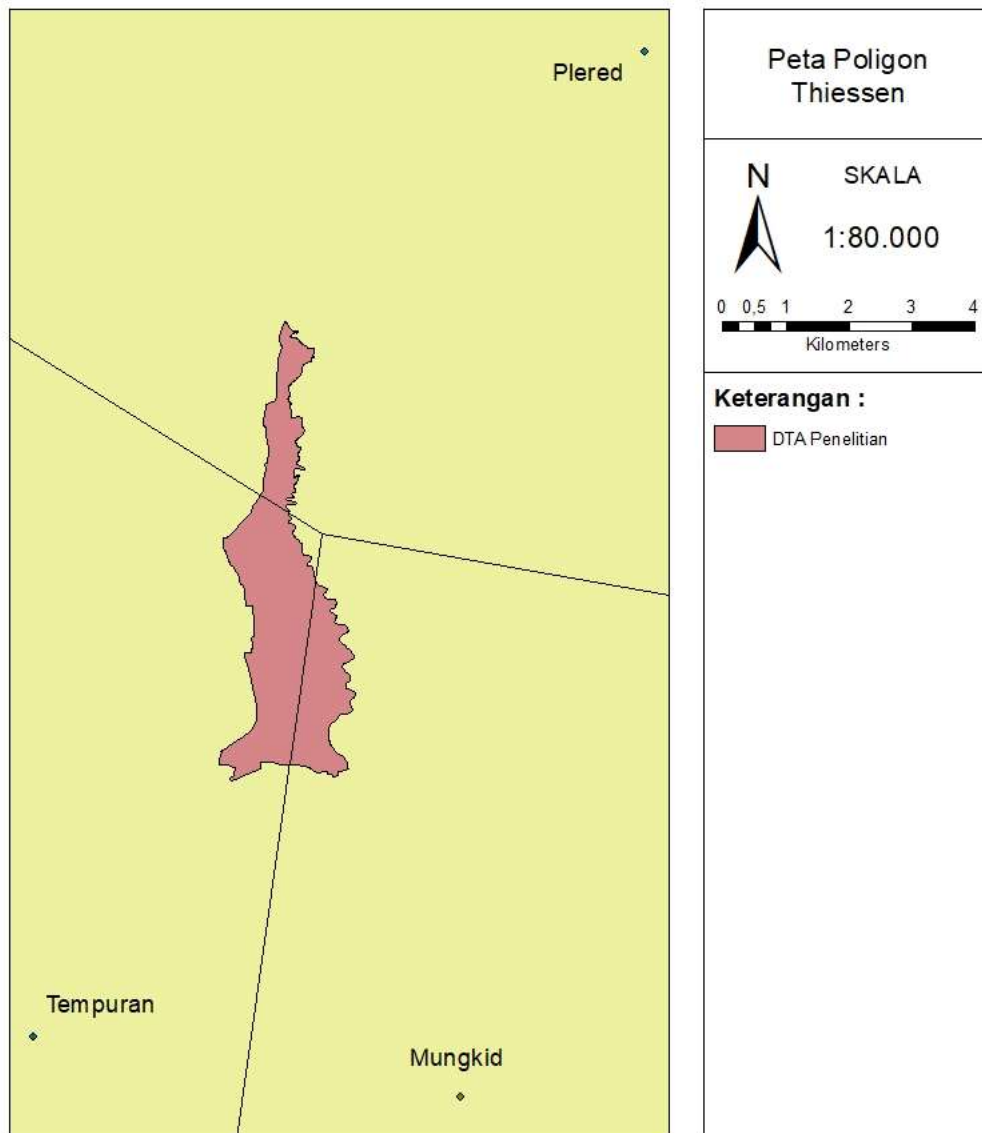
(Sumber: Hasil Perhitungan)

Luas yang didapatkan pada Tabel 5.1 di atas digunakan dalam perhitungan debit banjir rencana. Langkah selanjutnya dilakukan perhitungan curah hujan rencana

5.2. Analisis Curah Hujan Rencana

5.2.1. Analisis Curah Hujan Kawasan

Perhitungan curah hujan kawasan menggunakan metode Thiessen dengan bantuan *software* ArcGIS. Luas DAS sebesar 6,933 km² dengan 3 stasiun hujan yang digunakan yaitu Stasiun Mungkid, Stasiun Plered, dan Stasiun Tempuran. Luas daerah yang diwakili oleh setiap stasiun hujan dilampirkan pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.2 Peta Poligon Thiessen

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan Gambar 5.2 di atas, dilakukan perhitungan luas *catchment area* untuk masing-masing stasiun hujan yang diuraikan dalam perhitungan di bawah ini.

$$\text{Sta. Plered} = 1,2 \text{ km}^2$$

$$\text{Bobot} = \frac{A}{\Sigma A} \times 100\%$$

$$= \frac{1,2}{6,9} \times 100\%$$

$$= 17,53\%$$

Rekapitulasi hasil perhitungan perhitungan pengaruh luasan dapat dilihat pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5.2 Pengaruh Luasan Stasiun Hujan

No	Stasiun Hujan	Luas (km ²)	Bobot (%)
1	Sta. Plered	1,2	17,53
2	Sta. Mungkid	1,8	26,02
3	Sta. Tempuran	3,9	56,46
Jumlah		6,9	100

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Pengaruh luasan stasiun hujan yang didapatkan pada Tabel 5.2, kemudian dilakukan perhitungan curah hujan rerata menggunakan Persamaan (3.1). Berikut adalah contoh perhitungan curah hujan kawasan pada tanggal 26 Desember 2007.

$$\begin{aligned}
 \bar{p} &= \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + A_3 p_3}{A_1 + A_2 + A_3} \\
 &= \frac{1,2 \times 75 + 1,8 \times 26 + 3,9 \times 73}{6,9} \\
 &= 61,121 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan kawasan dilampirkan pada Tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Curah Hujan Kawasan

Tahun	Tanggal	Sta. Plered		Sta. Mungkid		Sta. Tempuran		\bar{p} (mm)	\bar{P}_{pakai} (mm)
		(p_1 (mm))	($A_1 \times p_1$)	(p_2 (mm))	($A_2 \times p_2$)	(p_3 (mm))	($A_3 \times p_3$)		
2007	26-Des	75	90,882	26	46,775	73	284,954	61,121	98,234
	18-Apr	0	0,000	230	413,781	68	265,437	98,234	
	16-Mei	52	63,012	0	0,000	90	351,313	59,923	
2008	14-Des	107	129,659	8	14,392	18	70,263	30,996	105,739
	22-Mar	42	50,894	259	465,953	0	0,000	74,751	
	5-Feb	43	52,106	78	140,326	138	538,681	105,739	
2009	31-Jan	104	126,024	32	57,570	64	249,823	62,684	62,684
	20-Apr	30	36,353	98	176,307	54	210,788	61,242	
	31-Jan	104	126,024	32	57,570	64	249,823	62,684	
2010	15-Okt	72	87,247	42	75,560	0	0,000	23,546	53,401
	22-Okt	21	25,447	126	226,680	30	117,104	53,401	
	7-Jan	3	3,635	4	7,196	69	269,340	40,521	
2011	21-Jun	90	109,059	0	0,000	20	78,070	27,064	60,721
	30-Okt	0	0,000	121	217,685	0	0,000	31,483	
	1-Des	40	48,471	22	39,579	85	331,796	60,721	
2012	2-Jan	107	129,659	100	179,905	41	160,043	67,918	67,918
	2-Jan	107	129,659	100	179,905	41	160,043	67,918	
	3-Jan	4	4,847	0	0,000	101	394,252	57,721	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Lanjutan Tabel 5.3 Rekapitulasi Curah Hujan Kawasan

Tahun	Tanggal	Sta. Plered		Sta. Mungkid		Sta. Tempuran		\bar{p} (mm)	\bar{P}_{pakai} (mm)
		(p_1 (mm))	($A_1 \times p_1$)	(p_2 (mm))	($A_2 \times p_2$)	(p_3 (mm))	($A_3 \times p_3$)		
2013	26-Mei	81	98,153	0	0,000	0	0,000	14,196	82,605
	20-Apr	19	23,024	94	169,111	15	58,552	36,256	
	28-Okt	51	61,800	77	138,527	95	370,831	82,605	
2014	9-Jan	92	111,482	3	5,397	0	0,000	16,904	44,035
	5-Des	48	58,165	76	136,728	0	0,000	28,187	
	26-Okt	0	0,000	0	0,000	78	304,472	44,035	
2015	15-Mar	96	116,329	41	73,761	13	50,745	34,832	47,258
	10-Feb	0	0,000	84	151,120	29	113,201	38,228	
	18-Jan	12	14,541	26	46,775	68	265,437	47,258	
2016	28-Jun	98	118,753	0	0,000	12	46,842	23,950	55,825
	13-Mar	72	87,247	127	228,479	18	70,263	55,825	
	11-Des	0	0,000	0	0,000	75	292,761	42,341	
2017	22-Des	105	127,235	14	25,187	39	152,236	44,062	61,373
	1-Mar	3	3,635	87	156,517	44	171,753	48,003	
	7-Apr	11	13,329	18	32,383	97	378,638	61,373	
2018	26-Des	85	103,000	37	66,565	0	0,000	24,524	49,837
	25-Jan	15	18,176	82	147,522	3	11,710	25,658	
	11-Feb	17	20,600	0	0,000	83	323,989	49,837	

(Sumber: Hasil Perhitungan)

5.2.2. Analisis Frekuensi

Jenis distribusi hujan yang sesuai ditentukan untuk mendapatkan besarnya nilai hujan rencana. Untuk mendapatkan jenis distribusi hujan dilakukan perhitungan parameter statistik dengan menggunakan data hujan rerata tahunan maksimum tahun 2007 sampai 2018. Perhitungan analisis frekuensi diuraikan sebagai berikut.

1. Parameter statistik

Penentuan jenis distribusi yang digunakan dalam analisis hidrologi didapatkan dengan melakukan pendekatan pada parameter statistik. Pengukuran parameter statistik yang sering digunakan dalam analisis hidrologi adalah pengukuran tendensi sentral dan dispersi. Parameter statistik dihitung menggunakan data hujan dari tahun 2007 sampai 2018.

Tabel 5.4 Analisis Frekuensi Curah Hujan Harian Maksimum

No.	Tahun	X_i	$(X_i - \bar{x})$	$(X_i - \bar{x})^2$	$(X_i - \bar{x})^3$	$(X_i - \bar{x})^4$
1	2007	98,234	32,431	1051,789	34110,860	1106259,179
2	2008	105,739	39,937	1594,937	63696,446	2543823,279
3	2009	62,684	-3,119	9,725	-30,328	94,579
4	2010	53,401	-12,401	153,794	-1907,256	23652,595
5	2011	60,721	-5,081	25,818	-131,187	666,582
6	2012	67,918	2,116	4,476	9,469	20,034
7	2013	82,605	16,803	282,333	4743,963	79711,643
8	2014	44,035	-21,767	473,823	-10313,924	224508,033
9	2015	47,258	-18,545	343,914	-6377,867	118277,097
10	2016	55,825	-9,978	99,557	-993,355	9911,499
11	2017	61,373	-4,430	19,622	-86,921	385,034
12	2018	49,837	-15,965	254,893	-4069,464	64970,513
Jumlah		789,631	0,000	4314,680	78650,436	4172280,066

(Sumber: Hasil Perhitungan)

a. Tendensi sentral

1) Nilai rerata (\bar{x})

Nilai hujan rerata didapatkan dengan menggunakan Persamaan (3.2) sebagai berikut.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$= \frac{1}{12} \times 789,631$$

$$= 65,803$$

b. Dispersi

1) Standar deviasi (σ)

Nilai standar deviasi didapatkan dengan menggunakan Persamaan (3.3) sebagai berikut.

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

$$= \sqrt{\frac{1}{12-1} \times 4314,680}$$

$$= 19,805$$

2) Koefisien variasi (C_v)

Nilai koefisien variasi didapatkan dengan menggunakan Persamaan (3.4) sebagai berikut.

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

$$= \frac{19,805}{65,803}$$

$$= 0,301$$

3) Koefisien kemencengan (C_s)

Nilai koefisien kemencengan didapatkan dengan menggunakan Persamaan (3.5) dan (3.6) sebagai berikut.

$$C_s = \frac{\left(\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \right)}{\sigma^3}$$

$$= \frac{\left(\frac{12}{(12-1)(12-2)} \times 78650,436 \right)}{(19,805)^3}$$

$$= 1,104$$

4) Koefisien kurtosis (C_k)

Nilai koefisien kurtosis didapatkan dengan menggunakan Persamaan (3.7) sebagai berikut.

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)\sigma^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4$$

$$= \frac{12^2}{(12-1)(12-2)(12-3)(19,805)^4} \times 4172280,066$$

$$= 3,944$$

Tabel 5.5 Analisis Frekuensi Logaritma Curah Hujan Harian Maksimum

No	Tahun	X_i	y_i	$(y_i - \bar{y})$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(y_i - \bar{y})^3$	$(y_i - \bar{y})^4$
1	2007	98,234	1,992	0,19025	0,03619	0,00689	0,00131
2	2008	105,739	2,024	0,22222	0,04938	0,01097	0,00244
3	2009	62,684	1,797	-0,00486	0,00002	0,00000	0,00000
4	2010	53,401	1,728	-0,07446	0,00554	-0,00041	0,00003
5	2011	60,721	1,783	-0,01867	0,00035	-0,00001	0,00000
6	2012	67,918	1,832	0,02997	0,00090	0,00003	0,00000
7	2013	82,605	1,917	0,11499	0,01322	0,00152	0,00017
8	2014	44,035	1,644	-0,15822	0,02503	-0,00396	0,00063
9	2015	47,258	1,674	-0,12754	0,01627	-0,00207	0,00026
10	2016	55,825	1,747	-0,05519	0,00305	-0,00017	0,00001
11	2017	61,373	1,788	-0,01404	0,00020	0,00000	0,00000
12	2018	49,837	1,698	-0,10446	0,01091	-0,00114	0,00012
Jumlah		789,631	21,624	0,00000	0,16107	0,01164	0,00497

(Sumber: Hasil Perhitungan)

c. Tendensi sentral logaritma

1) Nilai rerata (\bar{y})

$$\bar{y} = 1,804$$

d. Dispersi logaritma

1) Standar deviasi (σ)

$$\sigma = 0,121$$

2) Koefisien variasi (C_v)

$$C_v = 0,067$$

3) Koefisien kemencengan (C_s)

$$C_s = 0,717$$

4) Koefisien kurtosis (C_k)

$$C_k = 3,375$$

2. Metode perhitungan curah hujan rencana

Jenis distribusi yang akan digunakan ditentukan dengan membandingkan hasil perhitungan parameter statistik menggunakan persyaratan pada Tabel 3.4. Perbandingan nilai parameter statistik untuk pemilihan jenis distribusi dapat dilihat pada pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Perbandingan Nilai Parameter Statistik

No	Distribusi	Parameter	Hasil	Ket
1	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	1,104 3,944	
2	Log Normal	$C_s \approx C_v^3 + 3C_v = 0,167$ $C_k \approx C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3 = 3,049$	0,717 3,375	
3	Gumbel	$C_s \approx 1,14$ $C_k \approx 5,4$	1,104 3,944	
4	Log Pearson III	Selain dari nilai diatas	-	Dipilih

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 5.6 hasil perhitungan analisis frekuensi dapat disimpulkan bahwa jenis distribusi yang dipilih adalah distribusi Log Pearson III. Selanjutnya dilakukan perhitungan hujan rencana menggunakan persamaan (3.19) hingga (3.23). Perhitungan hujan rencana distribusi Log Pearson III periode ulang 2 tahun diuraikan sebagai berikut.

- a. Koefisien kemencengan (C_s)

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{\left(\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^3\right)}{\sigma^3} \\
 &= \frac{\left(\frac{12}{(12-1)(12-2)} \times 0,01164\right)}{(0,121)^3} \\
 &= 0,717
 \end{aligned}$$

- b. Faktor frekuensi (K_T)

Nilai K_T diperoleh dengan cara interpolasi terhadap nilai C_s sebesar 0,717 pada Tabel L-1.4. Didapatkan nilai K_T sebesar -0,119.

- c. Nilai logaritmik x dengan periode ulang T (y_T)

$$\begin{aligned}
 y_T &= \bar{y} + K_T \times \sigma_y \\
 &= 1,802 + (-0,119) \times 0,121 \\
 &= 1,788
 \end{aligned}$$

- d. Variabel curah hujan jangka waktu ulang T tahun (x_T)

$$\begin{aligned}
 x_T &= \text{arc log } y_T \\
 &= \text{arc log } 1,788 \\
 &= 61
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan hujan rencana menggunakan distribusi Log Pearson III dapat dilihat pada Tabel 5.7 di bawah ini.

Tabel 5.7 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson III

Periode Ulang (tahun)	C_s	K_T	y_T	$x_T = \text{arc log } y_T$
2	0,717	-0,119	1,788	61
5	0,717	0,788	1,897	79
10	0,717	1,334	1,963	92
20	0,717	1,866	2,028	107
25	0,717	1,971	2,041	110
50	0,717	2,415	2,094	124
100	0,717	2,835	2,145	140

(Sumber: Hasil Perhitungan)

5.3. Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan distribusi dilakukan menggunakan dua metode yaitu uji *Smirnov-Kolmogorov* dan uji *Chi-Square*. Adapun tahap perhitungan pengujian ini diuraikan seperti berikut.

1. Uji *Smirnov-Kolmogorov*

- a. Data hujan diurutkan dari kecil ke besar atau sebaliknya

Tabel 5.8 Rekapitulasi Curah Hujan Kawasan

No	Tahun	X_i	X_i dari Terkecil	Log X_i dari terkecil
1	2007	98,234	44,035	1,644
2	2008	105,739	47,258	1,674
3	2009	62,684	49,837	1,698
4	2010	53,401	53,401	1,728
5	2011	60,721	55,825	1,747
6	2012	67,918	60,721	1,783
7	2013	82,605	61,373	1,788
8	2014	44,035	62,684	1,797
9	2015	47,258	67,918	1,832
10	2016	55,825	82,605	1,917
11	2017	61,373	98,234	1,992
12	2018	49,837	105,739	2,024

(Sumber: Hasil Perhitungan).

- b. Menghitung peluang empiris

Data yang sudah diurutkan dihitung peluang empirisnya menggunakan Persamaan (3.24) dan Persamaan (3.25).

$$\begin{aligned} P &= \frac{m}{n+1} \times 100\% \\ &= \frac{1}{12+1} \times 100\% \\ &= 7,692\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{P} \\ &= \frac{1}{7,692} \\ &= 0,130 \end{aligned}$$

- c. Menghitung nilai logaritma dari hujan rerata

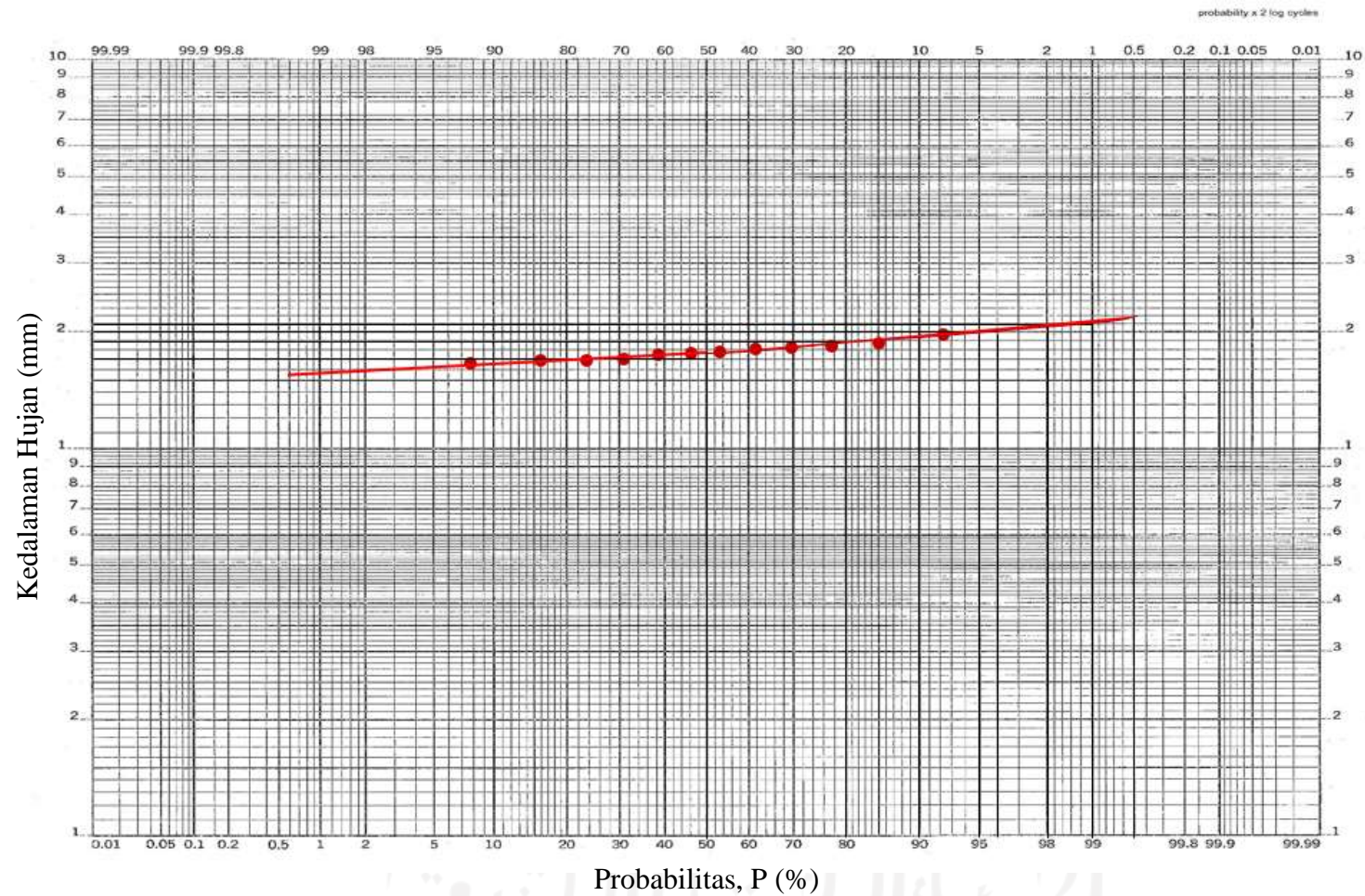
$$\begin{aligned} \text{Log } X_1 &= \log 44,035 \\ &= 1,644 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan peluang empiris dapat dilihat pada Tabel 5.9 di bawah ini.

Tabel 5.9 Data Hujan dan Probabilitas Distribusi Log Pearson III

No	X_i	X_i dari terkecil	Log X_i dari terkecil	$y = \ln p$	$P = m/(n+1)$ (%)	$T = (1/p)$
1	98,234	44,035	1,644	3,785	7,692	0,130
2	105,739	47,258	1,674	3,856	15,385	0,065
3	62,684	49,837	1,698	3,909	23,077	0,043
4	53,401	53,401	1,728	3,978	30,769	0,033
5	60,721	55,825	1,747	4,022	38,462	0,026
6	67,918	60,721	1,783	4,106	46,154	0,022
7	82,605	61,373	1,788	4,117	53,846	0,019
8	44,035	62,684	1,797	4,138	61,538	0,016
9	47,258	67,918	1,832	4,218	69,231	0,014
10	55,825	82,605	1,917	4,414	76,923	0,013
11	61,373	98,234	1,992	4,587	84,615	0,012
12	49,837	105,739	2,024	4,661	92,308	0,011

(Sumber: Hasil Perhitungan)



Gambar 5.3 Hasil Penggambaran Data Hujan dan Peluang Empiris Pada Kertas Probabilitas Log Pearson III
(Sumber: Hasil Perhitungan)

d. Menentukan nilai G

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{12-1} \times 0,1611} \\ &= 0,121 \\ G &= \frac{(y_i - \bar{y})}{\sigma} \\ &= \frac{(1,644 - 1,802)}{0,121} \\ &= -1,307\end{aligned}$$

e. Menentukan nilai P_r

Nilai P_r ditentukan dengan menggunakan nilai K_T pada Lampiran 1 Tabel L-1.4 didapatkan nilai P_r sebesar 0,928%.

f. Menghitung nilai P_t

$$\begin{aligned}P_t &= 1 - P_r \\ &= 1 - 0,928 \\ &= 0,072\%\end{aligned}$$

g. Menghitung selisih antara nilai P_e dan P_t

$$\begin{aligned}\Delta_{\text{maks}} &= [P_t - P_e] \\ &= [0,072 - 0,077] \\ &= 0,005\end{aligned}$$

h. Rekapitulasi hasil perhitungan uji kecocokan distribusi dengan metode *Smirnov-Kolmogorov* dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Uji *Smirnov-Kolmogorov*

No	X_i	Log X_i	G	$P_e(X)$	P_r	$P_t(X)$	Δ
							$P_t(X) - P_e(X)$
1	44,035	1,644	-1,307	0,077	0,928	0,072	0,005
2	47,258	1,674	-1,054	0,154	0,863	0,137	0,016
3	49,837	1,698	-0,863	0,231	0,802	0,198	0,033
4	53,401	1,728	-0,615	0,308	0,702	0,298	0,010
5	55,825	1,747	-0,456	0,385	0,637	0,363	0,022
6	60,721	1,783	-0,154	0,462	0,512	0,488	0,027

(Sumber: Hasil Perhitungan)

**Lanjutan Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Uji
Smirnov-Kolmogorov**

No	X _i	Log X _i	G	P _e (X)	P _r	P _t (X)	Δ
							P _e (X) - P _t (X)
7	61,373	1,788	-0,116	0,538	0,499	0,501	0,038
8	62,684	1,797	-0,040	0,615	0,474	0,526	0,089
9	67,918	1,832	0,248	0,692	0,379	0,621	0,071
10	82,605	1,917	0,950	0,769	0,170	0,830	0,060
11	98,234	1,992	1,572	0,846	0,078	0,922	0,076
12	105,739	2,024	1,836	0,923	0,053	0,947	0,024
Δ _{maks}							0,089

(Sumber: Hasil Perhitungan)

- i. Mencari nilai Δ_{cr} kemudian dibandingkan dengan Δ_{maks}

Berdasarkan Lampiran 1 Tabel L-1.5 Nilai Δ_{cr} Uji *Smirnov-Kolmogorov* dengan $\alpha = 5\%$ didapatkan sebesar 0,375 dan Δ_{maks} total sebesar 0,089 sehingga $\Delta_{cr} > \Delta_{maks}$ total. Maka, dapat disimpulkan bahwa pemilihan distribusi Log Pearson III dapat diterima karena memenuhi syarat.

2. Uji *Chi-Square*

- a. Data hujan diurutkan dari yang terkecil sampai terbesar atau sebaliknya, seperti yang terlampir pada Tabel 5.8 di atas

- b. Menghitung jumlah kelas

$$\begin{aligned} \text{Jumlah data (n)} &= 12 \\ \text{Kelas distribusi (K)} &= 1 + 1,332 \log n \\ &= 4,585 \approx 5 \end{aligned}$$

- c. Menghitung derajat kebebasan (DK) dan X^2_{cr}

$$\begin{aligned} \text{Parameter (p)} &= 2 \\ \text{Derajat kebebasan (DK)} &= K - (p + 1) \\ &= 5 - (2 + 1) \\ &= 2 \end{aligned}$$

$$\alpha = 5\%$$

Berdasarkan Lampiran 1 Tabel L-1.6, didapatkan nilai X^2_{cr} dengan jumlah data (n) = 12, $\alpha = 5\%$, dan DK = 2 sebesar 5,991.

d. Menghitung kelas distribusi

$$\begin{aligned} \text{Kelas distribusi} &= \frac{1}{K} \times 100\% \\ &= \frac{1}{5} \times 100\% \\ &= 20\% \end{aligned}$$

$$\text{Interval distribusi} = 20\%, 40\%, 60\%, 80\%$$

1) Persentase 20%

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{Px} \\ &= \frac{1}{20\%} \\ &= 5 \text{ tahun} \end{aligned}$$

2) Persentase 40%

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{Px} \\ &= \frac{1}{40\%} \\ &= 3 \text{ tahun} \end{aligned}$$

3) Persentase 60%

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{Px} \\ &= \frac{1}{60\%} \\ &= 2 \text{ tahun} \end{aligned}$$

4) Persentase 80%

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{Px} \\ &= \frac{1}{80\%} \\ &= 1,3 \text{ tahun} \end{aligned}$$

e. Menghitung interval kelas

Distribusi probabilitas Log Pearson III digunakan untuk menentukan interval kelas. Hasil perhitungan statistik logaritma sebelumnya didapatkan nilai C_s sebesar 0,892 yang digunakan untuk menentukan nilai K_T dari nilai T untuk periode ulang pada Lampiran 1 Tabel L-1.4..

- 1) $T = 5$, maka $K_T = 0,788$
- 2) $T = 3$, maka $K_T = 0,184$

$$3) T = 2, \quad \text{maka } K_T = -0,119$$

$$4) T = 1,3, \quad \text{maka } K_T = -0,672$$

$$\text{Standar deviasi } (\sigma) = 0,121$$

$$\begin{aligned} \text{Log } X_T &= \bar{x} + (K_T \times \sigma_x) \\ &= 1,802 + (0,788 \times 0,121) \\ &= 1,897 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Arc log } X_T &= 10^{\text{log } X_T} \\ &= 10^{1,897} \\ &= 78,960 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan interval kelas adalah sebagai berikut.

$$X_5 = 78,960 \text{ mm}$$

$$X_3 = 66,717 \text{ mm}$$

$$X_2 = 61,327 \text{ mm}$$

$$X_{1,3} = 52,561 \text{ mm}$$

f. Perhitungan nilai X^2

Rekapitulasi perhitungan nilai X^2 dapat dilihat di Tabel 5.11 di bawah ini.

Tabel 5.11 Hasil Perhitungan Nilai X^2 Distribusi Log Pearson III

No	Interval			OF	EF	$(OF - EF)^2$	$(OF - EF)^2 / EF$
1		<	52,561	3	2,40	0,36	0,150
2	52,561	< X <	61,327	3	2,40	0,36	0,150
3	61,327	< X <	66,717	2	2,40	0,16	0,067
4	66,717	< X <	78,960	1	2,40	1,96	0,817
5		>	78,960	3	2,40	0,36	0,150
Jumlah				12	12	X^2	1,333

(Sumber: Hasil Perhitungan)

g. Perbandingan nilai X^2 dan X^2_{cr} untuk distribusi log Pearson III

Hasil perhitungan Nilai X^2 pada Tabel 5.11 di atas selanjutnya dibandingkan dengan besarnya nilai X^2_{cr} . Perbandingan nilai X^2 dengan X^2_{cr} dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Perbandingan Nilai X^2 dan X^2_{cr}

X^2_{hitung}		X^2_{kritis}
1,333	<	5,991

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Dapat dilihat pada Tabel 5.12 di atas diperoleh nilai $X^2 = 1,333$ dan nilai batas kritis $X^2_{cr} = 5,991$. Nilai $X^2 < X^2_{cr}$, maka pemilihan distribusi log Pearson III memenuhi syarat.

5.4. Analisis Intensitas Hujan Rencana

Nilai intensitas curah hujan dihitung menggunakan metode Dr. Mononobe. Uraian perhitungan intensitas hujan adalah sebagai berikut.

1. Waktu konsentrasi

Waktu konsentrasi dihitung menggunakan rumus *Australian Rainfall Runoff* (ARR) milik McDermott pada Persamaan (3.32). Adapun perhitungan waktu konsentrasi untuk *catchment area* 1 diuraikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} t_c &= 0,76 \times A^{0,38} \\ &= 0,76 \times 0,240^{0,38} \\ &= 0,422 \text{ jam} \end{aligned}$$

2. Intensitas hujan

Perhitungan intensitas hujan untuk *catchment area* 1 diuraikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} I &= \frac{R_{24}}{24} \cdot \left[\frac{24}{t_c} \right]^{\frac{2}{3}} \\ &= \frac{91,913}{24} \times \left[\frac{24}{0,442} \right]^{\frac{2}{3}} \\ &= 54,922 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan waktu konsentrasi dan intensitas hujan masing-masing *catchment area* dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut

Tabel 5.13 Rekapitulasi Perhitungan Intensitas Hujan

<i>Catchment Area</i>	Luas (km ²)	t_c (jam)	I_{10} (mm/jam)
1	0,240	0,442	54,922
2	0,286	0,472	52,557
3	0,242	0,443	54,816
4	0,098	0,315	68,861
5	0,239	0,441	54,996
6	0,045	0,235	83,771
7	0,395	0,534	48,407
8	1,287	0,837	35,890
9	0,303	0,483	51,795
10	0,177	0,394	59,306
11	0,365	0,518	49,386
12	1,065	0,779	37,652
13	0,189	0,404	58,347
14	0,098	0,315	68,863
15	0,074	0,283	73,981
16	0,123	0,343	64,995
17	0,041	0,226	85,845
18	0,193	0,407	58,010
19	0,212	0,421	56,697
20	0,233	0,437	55,310
21	0,155	0,374	61,351
22	0,232	0,436	55,424
23	0,310	0,487	51,486
24	0,328	0,498	50,735
Σ	6,933		

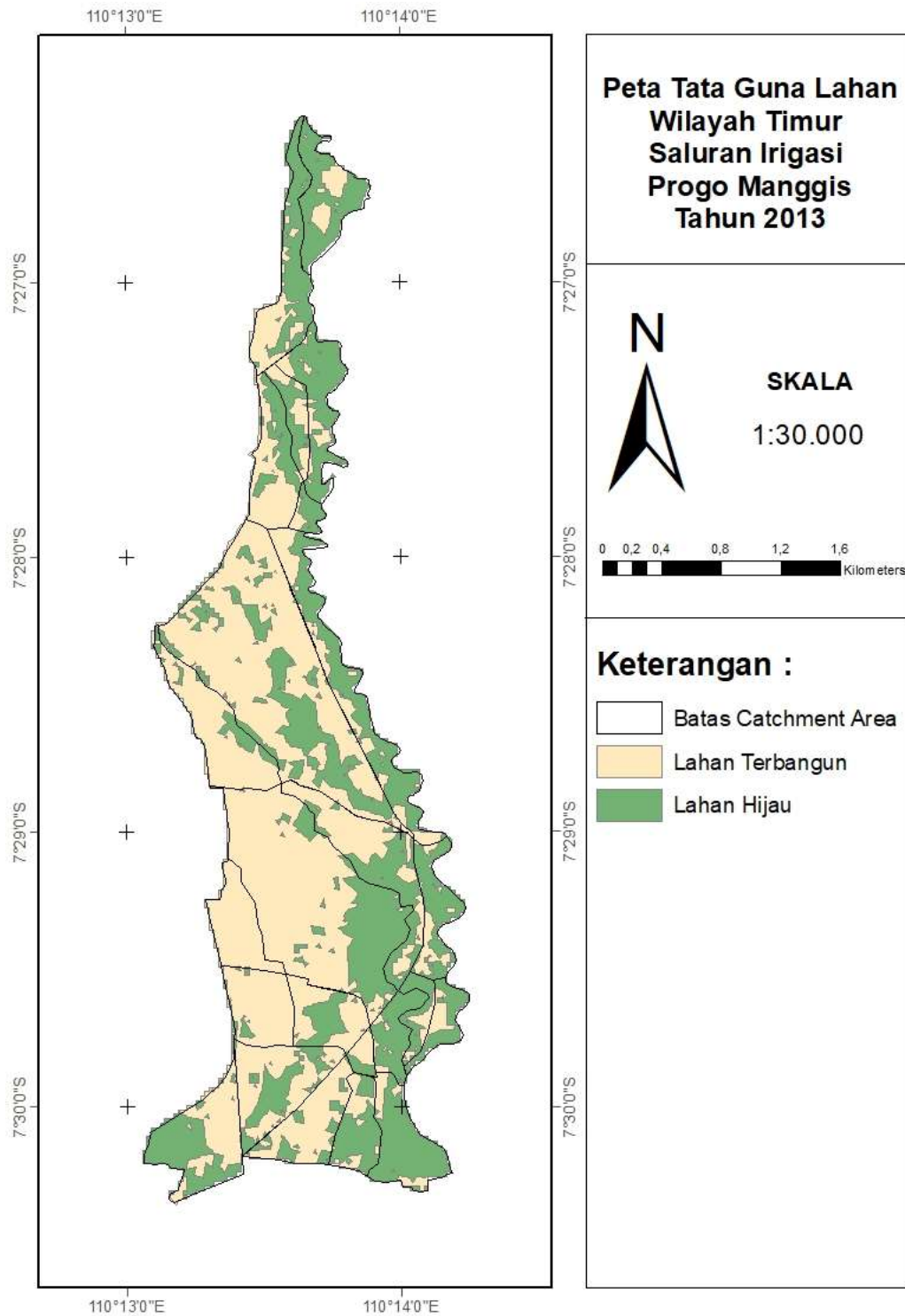
(Sumber: Hasil Perhitungan)

5.5. Analisis Tata Guna Lahan

1. Tata guna lahan tahun 2013, 2015, dan 2017

Klasifikasi tutupan lahan dibagi menjadi dua, yaitu lahan hijau (sawah ladang, taman, makam, hutan, tanah kosong, dan sejenisnya), dan lahan terbangun (pemukiman, rumah tinggal, bangunan industri, lapangan, gedung dan sebagainya). Adapun langkah-langkah klasifikasi pada masing-masing *catchment area* yang dilakukan dengan bantuan *software* ArcGIS dapat dilihat pada Lampiran 3. Hasil klasifikasi didapatkan luas setiap tutupan lahan pada

masing-masing *catchment area*, dapat dilihat pada Gambar 5.4 hingga 5.6, dan Tabel 5.14 hingga 5.16 di bawah ini



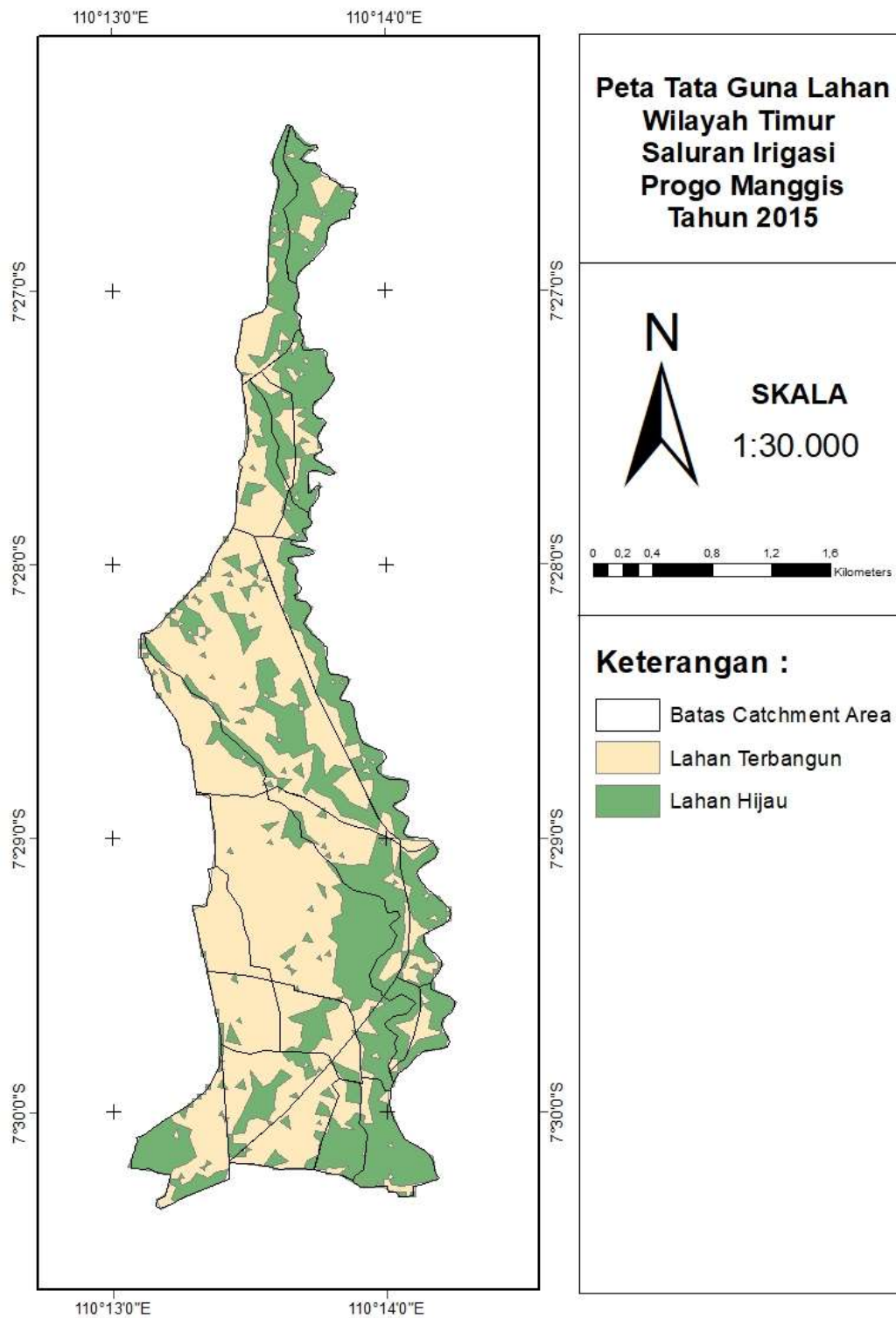
Gambar 5.4 Peta Tata Guna Lahan Tahun 2013

(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.14 Luas Tata Guna Lahan Pada Setiap *Catchment Area* Tahun 2013

Catchment Area	Tutupan Lahan	A (ha)	Catchment Area	Tutupan Lahan	A (ha)
1	Lahan Hijau	17,586	1	Lahan Terbangun	5,019
2	Lahan Hijau	17,690	2	Lahan Terbangun	10,530
3	Lahan Hijau	18,818	3	Lahan Terbangun	6,457
4	Lahan Hijau	6,994	4	Lahan Terbangun	5,000
5	Lahan Hijau	8,923	5	Lahan Terbangun	15,539
6	Lahan Hijau	3,245	6	Lahan Terbangun	2,245
7	Lahan Hijau	24,827	7	Lahan Terbangun	15,042
8	Lahan Hijau	34,237	8	Lahan Terbangun	96,455
9	Lahan Hijau	4,911	9	Lahan Terbangun	25,735
10	Lahan Hijau	12,994	10	Lahan Terbangun	6,180
11	Lahan Hijau	16,899	11	Lahan Terbangun	20,236
12	Lahan Hijau	28,198	12	Lahan Terbangun	79,503
13	Lahan Hijau	0,039	13	Lahan Terbangun	18,678
14	Lahan Hijau	6,177	14	Lahan Terbangun	2,799
15	Lahan Hijau	5,190	15	Lahan Terbangun	2,118
16	Lahan Hijau	10,870	16	Lahan Terbangun	2,140
17	Lahan Hijau	1,458	17	Lahan Terbangun	3,160
18	Lahan Hijau	6,711	18	Lahan Terbangun	15,334
19	Lahan Hijau	1,211	19	Lahan Terbangun	19,882
20	Lahan Hijau	19,065	20	Lahan Terbangun	3,454
21	Lahan Hijau	11,008	21	Lahan Terbangun	4,101
22	Lahan Hijau	4,848	22	Lahan Terbangun	22,098
23	Lahan Hijau	10,586	23	Lahan Terbangun	22,486
24	Lahan Hijau	16,220	24	Lahan Terbangun	17,563
Σ		288,703	Σ		404,190

(Sumber: Hasil Analisis)

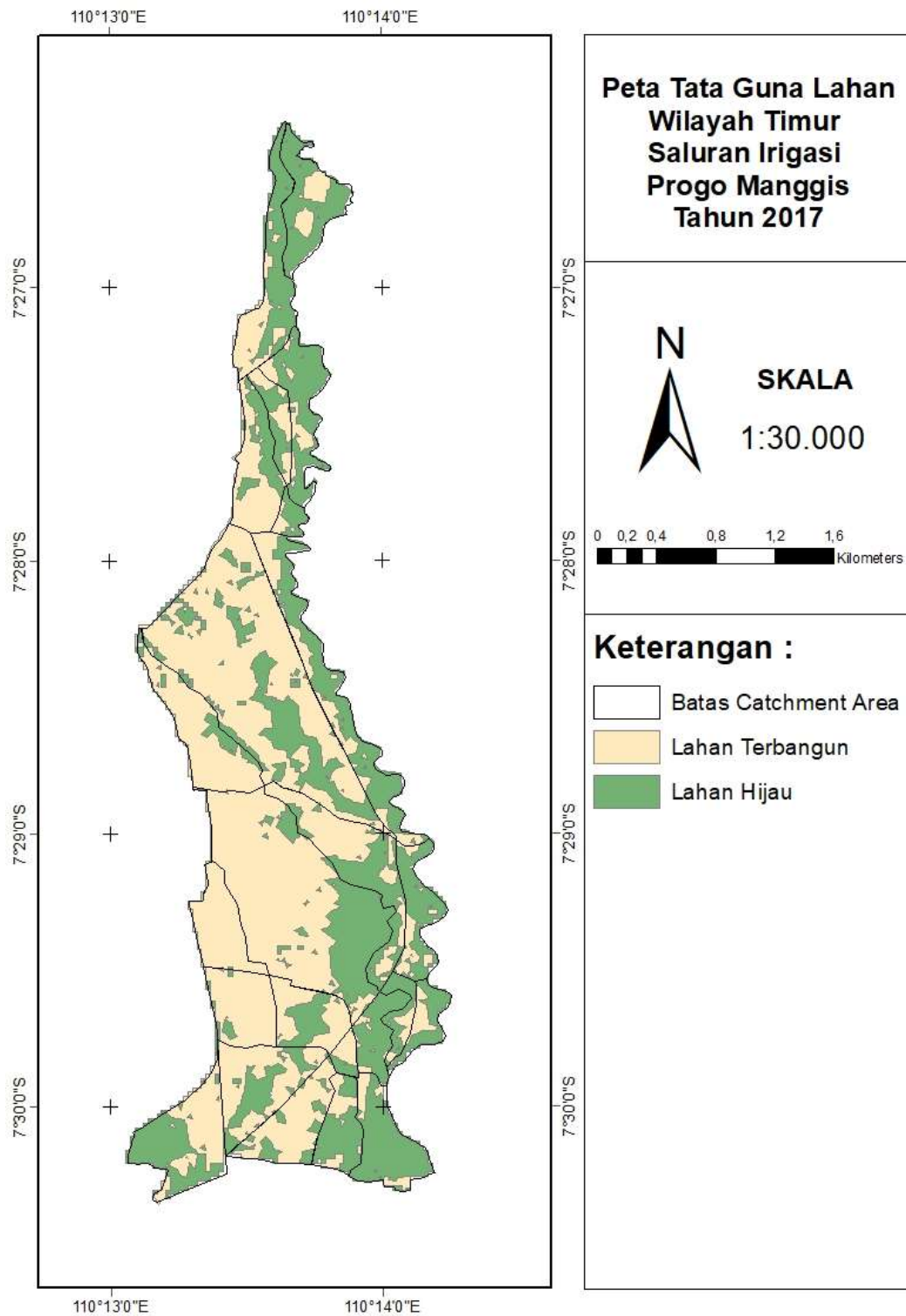


Gambar 5.5 Peta Tata Guna Lahan Tahun 2015
(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.15 Luas Tata Guna Lahan Pada Setiap *Catchment Area* Tahun 2015

<i>Catchment Area</i>	Tutupan Lahan	A (ha)	<i>Catchment Area</i>	Tutupan Lahan	A (ha)
1	Lahan Hijau	18,770	1	Lahan Terbangun	5,051
2	Lahan Hijau	17,935	2	Lahan Terbangun	10,590
3	Lahan Hijau	18,731	3	Lahan Terbangun	6,895
4	Lahan Hijau	6,924	4	Lahan Terbangun	5,010
5	Lahan Hijau	8,887	5	Lahan Terbangun	15,661
6	Lahan Hijau	3,155	6	Lahan Terbangun	2,252
7	Lahan Hijau	24,503	7	Lahan Terbangun	15,053
8	Lahan Hijau	33,982	8	Lahan Terbangun	96,528
9	Lahan Hijau	4,430	9	Lahan Terbangun	25,590
10	Lahan Hijau	12,759	10	Lahan Terbangun	6,200
11	Lahan Hijau	16,827	11	Lahan Terbangun	20,288
12	Lahan Hijau	28,220	12	Lahan Terbangun	79,635
13	Lahan Hijau	0,063	13	Lahan Terbangun	18,684
14	Lahan Hijau	6,359	14	Lahan Terbangun	2,810
15	Lahan Hijau	5,303	15	Lahan Terbangun	2,174
16	Lahan Hijau	10,877	16	Lahan Terbangun	2,187
17	Lahan Hijau	1,623	17	Lahan Terbangun	3,185
18	Lahan Hijau	6,981	18	Lahan Terbangun	15,454
19	Lahan Hijau	1,326	19	Lahan Terbangun	19,749
20	Lahan Hijau	19,571	20	Lahan Terbangun	3,369
21	Lahan Hijau	11,282	21	Lahan Terbangun	4,256
22	Lahan Hijau	4,399	22	Lahan Terbangun	22,115
23	Lahan Hijau	9,611	23	Lahan Terbangun	22,569
24	Lahan Hijau	15,339	24	Lahan Terbangun	17,637
Σ		287,856	Σ		405,304

(Sumber: Hasil Analisis)



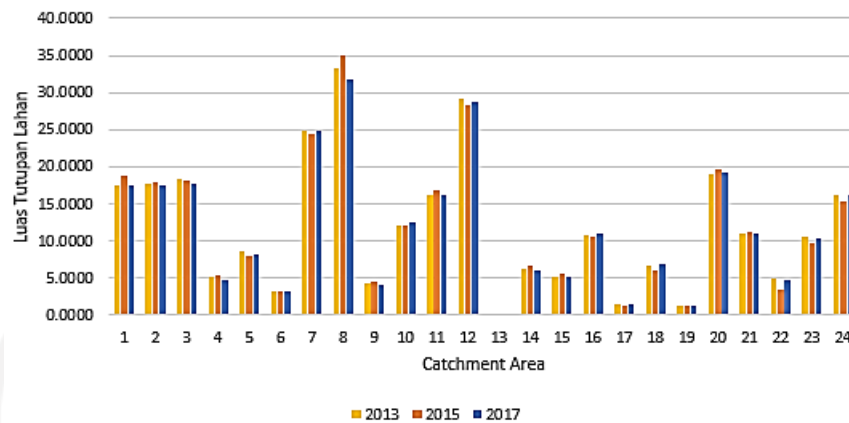
Gambar 5.6 Peta Tata Guna Lahan Tahun 2017
(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 5.16 Luas Tata Guna Lahan Pada Setiap *Catchment Area* Tahun 2017

<i>Catchment Area</i>	Tutupan Lahan	A (ha)	<i>Catchment Area</i>	Tutupan Lahan	A (ha)
1	Lahan Hijau	18,534	1	Lahan Terbangun	5,071
2	Lahan Hijau	17,887	2	Lahan Terbangun	10,633
3	Lahan Hijau	18,814	3	Lahan Terbangun	7,963
4	Lahan Hijau	6,821	4	Lahan Terbangun	5,011
5	Lahan Hijau	8,201	5	Lahan Terbangun	15,661
6	Lahan Hijau	3,216	6	Lahan Terbangun	2,275
7	Lahan Hijau	24,804	7	Lahan Terbangun	15,065
8	Lahan Hijau	32,272	8	Lahan Terbangun	96,920
9	Lahan Hijau	4,113	9	Lahan Terbangun	25,933
10	Lahan Hijau	12,485	10	Lahan Terbangun	6,289
11	Lahan Hijau	16,141	11	Lahan Terbangun	20,374
12	Lahan Hijau	28,755	12	Lahan Terbangun	79,746
13	Lahan Hijau	0,038	13	Lahan Terbangun	18,778
14	Lahan Hijau	6,076	14	Lahan Terbangun	2,900
15	Lahan Hijau	5,186	15	Lahan Terbangun	2,221
16	Lahan Hijau	10,902	16	Lahan Terbangun	2,208
17	Lahan Hijau	1,523	17	Lahan Terbangun	3,275
18	Lahan Hijau	6,833	18	Lahan Terbangun	15,512
19	Lahan Hijau	1,290	19	Lahan Terbangun	19,803
20	Lahan Hijau	19,129	20	Lahan Terbangun	3,390
21	Lahan Hijau	11,004	21	Lahan Terbangun	4,304
22	Lahan Hijau	4,722	22	Lahan Terbangun	22,225
23	Lahan Hijau	10,328	23	Lahan Terbangun	22,644
24	Lahan Hijau	16,274	24	Lahan Terbangun	17,708
Σ		285,346	Σ		408,202

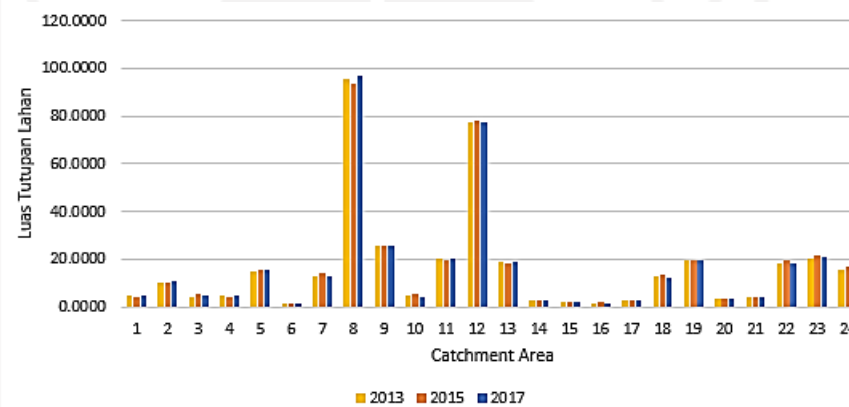
(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan Tabel 5.14 hingga 5.16 hasil analisis luas tutupan lahan pada masing-masing *catchment area*, untuk mengetahui perubahan yang terjadi maka perlu adanya perbandingan besarnya luasan masing-masing *catchment area* disetiap tahunnya. Hasil perbandingan luasan tutupan lahan dapat dilihat pada Gambar 5.7 hingga 5.10 berikut.



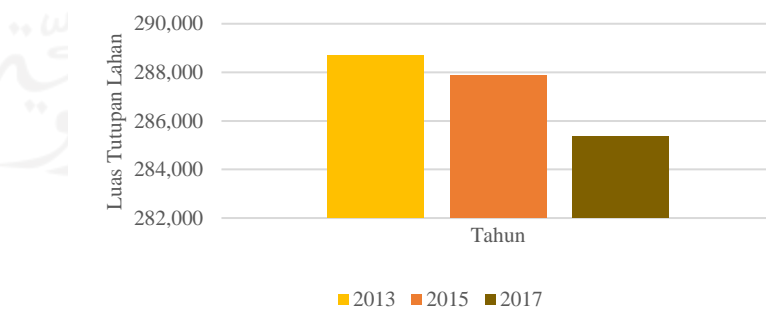
Gambar 5.7 Perbandingan Luas Lahan Hijau Setiap *Catchment Area* Pada Tahun 2013, 2015, dan 2017

(Sumber: Hasil Analisis)



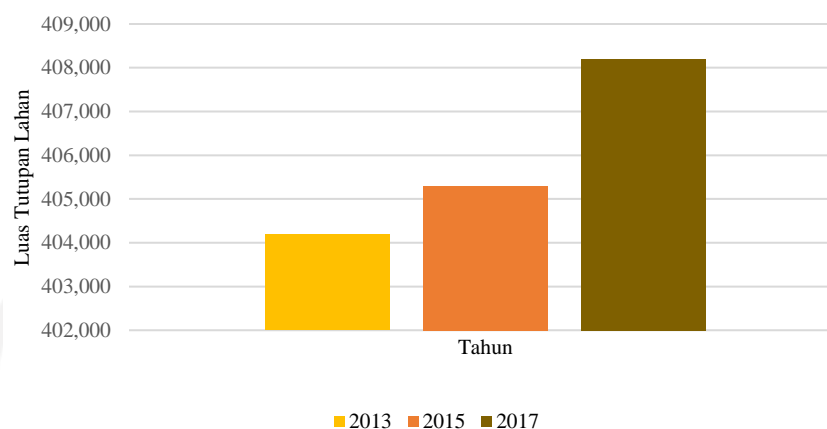
Gambar 5.8 Perbandingan Luas Lahan Terbangun Setiap *Catchment Area* Pada Tahun 2013, 2015, dan 2017

(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 5.9 Perbandingan Total Luas Lahan Hijau Pada Tahun 2013, 2015, dan 2017

(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 5.10 Perbandingan Total Luas Lahan Terbangun Pada Tahun 2013, 2015, dan 2017

(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan Gambar 5.7 dan 5.8 di atas, perbandingan luas lahan hijau dan lahan terbangun masing-masing *catchment area* pada setiap tahunnya dapat disimpulkan bahwa perubahan tata guna lahan yang terjadi tidaklah terlalu besar. Namun, luas lahan hijau cenderung berkurang dan luas lahan terbangun sebaliknya. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 5.9 dan 5.10 bahwa total luas lahan hijau pada tahun 2013, 2015, dan 2017 berurutan-turut adalah 288,703 ha, 287,856 ha, dan 285,346 ha dengan persentase penurunan berturut-turut sebesar 0,848% dan 2,509%. Sedangkan, total luas lahan terbangun tahun 2013, 2015, dan 2017 berturut-turut adalah 404,190 ha, 405,304 ha, dan 408,202 ha persentase kenaikan berturut-turut sebesar 1,114% dan 2,898%. Hasil klasifikasi tutupan lahan pada setiap *catchment area* selanjutnya ditentukan nilai koefisien pengalirannya berdasarkan Tabel 3.8. Nilai koefisien pengaliran untuk lahan hijau digunakan 0,15, sedangkan untuk lahan terbangun digunakan 0,50. Perhitungan persentase dan nilai koefisien pengaliran pada setiap CA menggunakan Persamaan (3.34), dengan contoh perhitungan *catchment area* 1 pada tahun 2013 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 C_{gab} &= \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot A_i}{A_i} \\
 &= \frac{(17,586 \times 0,15) + (5,019 \times 0,50)}{24,007} \\
 &= 0,214
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan koefisien pengaliran pada masing-masing *catchment area* tahun 2013, 2015, dan 2017 dapat dilihat pada Tabel 5.17 di bawah ini.

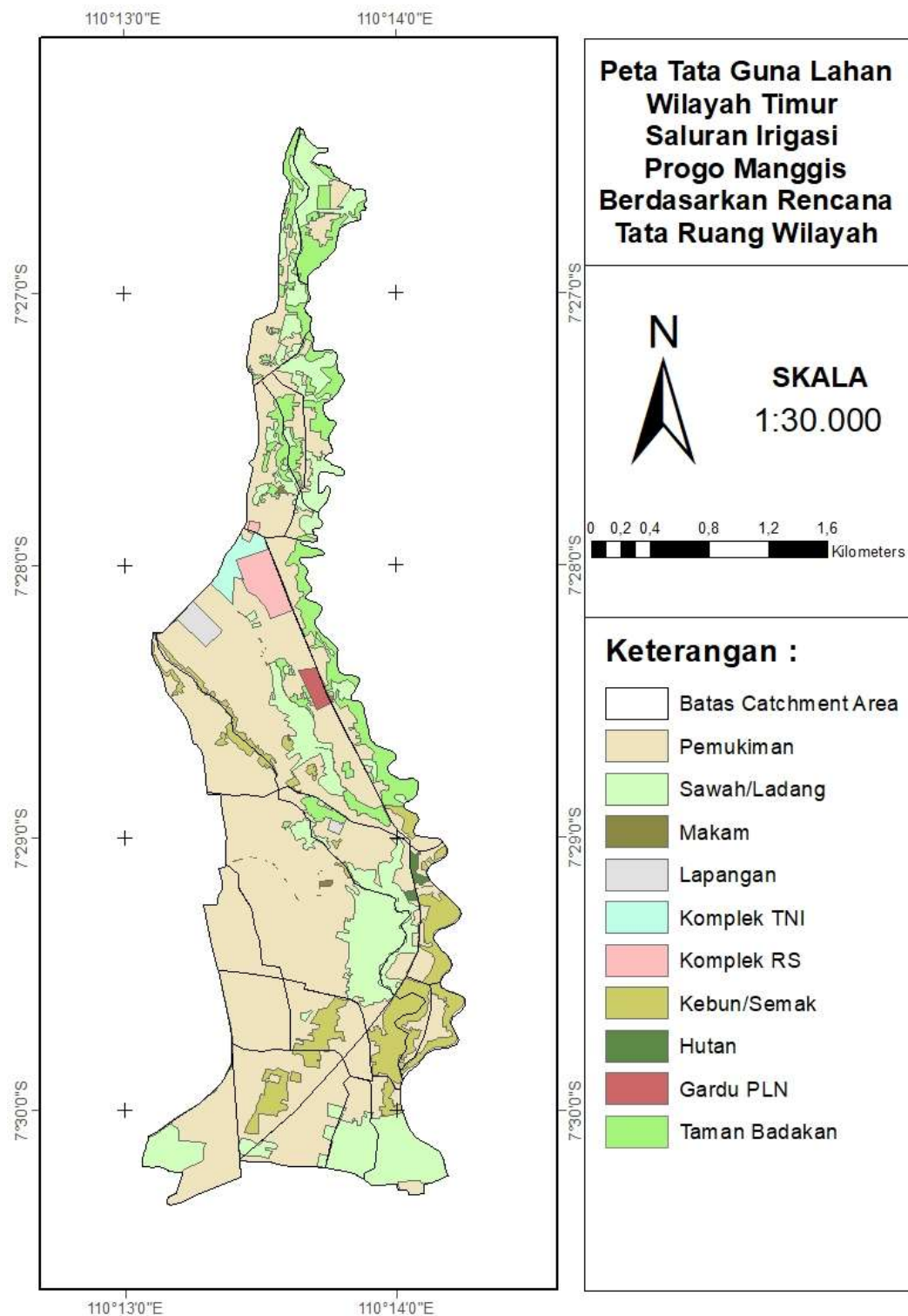
Tabel 5.17 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Koefisien Pengaliran Pada Setiap *Catchment Area* Kota Magelang

<i>Catchment Area</i>	C ₂₀₁₃	C ₂₀₁₅	C ₂₀₁₇	<i>Catchment Area</i>	C ₂₀₁₃	C ₂₀₁₅	C ₂₀₁₇
1	0,214	0,222	0,221	13	0,297	0,297	0,298
2	0,277	0,280	0,280	14	0,180	0,183	0,181
3	0,250	0,259	0,281	15	0,191	0,195	0,195
4	0,361	0,360	0,359	16	0,184	0,185	0,186
5	0,381	0,384	0,379	17	0,283	0,291	0,294
6	0,355	0,353	0,357	18	0,290	0,294	0,294
7	0,285	0,283	0,285	19	0,290	0,289	0,290
8	0,415	0,415	0,414	20	0,167	0,169	0,166
9	0,450	0,445	0,449	21	0,088	0,090	0,090
10	0,284	0,283	0,283	22	0,318	0,315	0,318
11	0,347	0,347	0,345	23	0,269	0,265	0,269
12	0,264	0,264	0,265	24	0,235	0,2312	0,236

(Sumber: Hasil Perhitungan)

2. Tata guna lahan rencana tata ruang wilayah (RTRW)

Analisis tata guna lahan pada RTRW Kota Magelang perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya tutupan lahan terhadap debit banjir wilayah tersebut. Peta tata guna lahan berdasarkan RTRW Kota Magelang dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5.11 Peta Tata Guna Lahan Berdasarkan RTRW Kota Magelang
(Sumber: Hasil Analisis)

Berdasarkan Gambar 5.11 didapatkan 10 jenis klasifikasi tutupan lahan pada RTRW Kota Magelang dengan koefisien pengaliran yang dilampirkan pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.18 Koefisien Pengaliran RTRW Kota Magelang

No.	Tutupan Lahan	C	No.	Tutupan Lahan	C
1	Taman Badakan	0,20	6	Komplek TNI	0,50
2	Gardu PLN	0,80	7	Lapangan	0,15
3	Hutan	0,30	8	Makam	0,20
4	Kebun/Semak	0,20	9	Pemukiman	0,50
5	Komplek RS	0,50	10	Sawah/Ladang	0,30

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan tabel di atas, kemudian dilakukan perhitungan persentase dan nilai koefisien pengaliran pada setiap *catchment area* menggunakan Persamaan (3.34). Hasil rekapitulasi perhitungan koefisien pengaliran RTRW Kota Magelang pada setiap *catchment area* dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.19 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Koefisien Pengaliran Gabungan RTRW Kota Magelang

<i>Catchment Area</i>	C	<i>Catchment Area</i>	C
1	0,299	13	0,500
2	0,355	14	0,302
3	0,325	15	0,296
4	0,372	16	0,249
5	0,418	17	0,300
6	0,380	18	0,409
7	0,327	19	0,500
8	0,452	20	0,327
9	0,465	21	0,364
10	0,316	22	0,472
11	0,403	23	0,421
12	0,451	24	0,445

(Sumber: Hasil Perhitungan)

5.6. Analisis Debit Banjir Rencana

Debit banjir kala ulang ditentukan berdasarkan Permen PU No.12 Tahun 2014 seperti yang tertera pada Tabel 3.9. Tipologi Kota Magelang adalah kota sedang dengan luas DAS sebesar 6,933 km². Oleh karena itu, debit banjir rencana kala ulang yang digunakan adalah 10 tahun dengan asumsi diambil kala ulang terbesar di antara kala ulang yang sesuai dengan kriteria tipologi kota dan DAS penelitian. Selanjutnya, perhitungan debit rencana dilakukan menggunakan metode Rasional pada Persamaan (3.35), yang diuraikan sebagai berikut.

1. Debit banjir rencana tahun 2013, 2015, dan 2017

Perhitungan debit banjir rencana kala ulang 10 tahun pada *catchment area* 1 tahun 2013 diuraikan sebagai berikut.

$$C = 0,214$$

$$I = 54,922 \text{ mm/jam}$$

$$A = 24,007 \text{ km}^2$$

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,00278 \times 0,214 \times 54,922 \times 24,007$$

$$= 0,786 \text{ m}^3/\text{s}$$

Rekapitulasi perhitungan debit banjir rencana (Q_{10}) pada tahun 2013, 2015, dan 2017 dapat dilihat pada Tabel 5.20 dan Gambar 5.10 di bawah ini.

Tabel 5.20 Rekapitulasi Debit Rencana (Q_{10}) Wilayah Kota Magelang

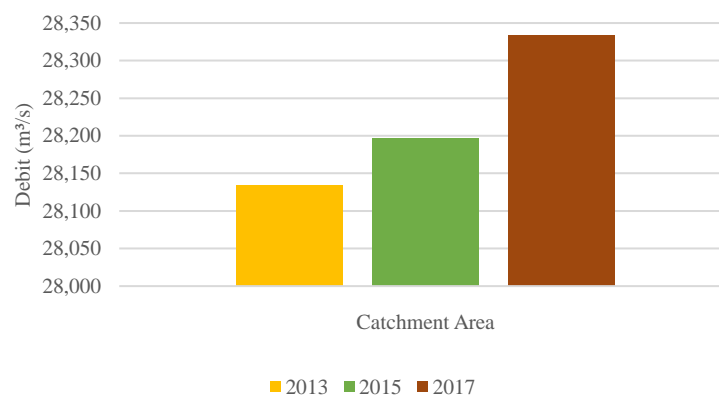
<i>Catchment Area</i>	2013 (m ³ /detik)	2015 (m ³ /detik)	2017 (m ³ /detik)
1	0,786	0,815	0,812
2	1,157	1,167	1,169
3	0,922	0,953	1,037
4	0,679	0,678	0,675
5	1,393	1,401	1,385
6	0,375	0,373	0,377
7	1,513	1,507	1,514
8	5,324	5,324	5,318
9	1,959	1,938	1,956
10	0,831	0,827	0,827

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Lanjutan Tabel 5.20 Rekapitulasi Debit Rencana (Q_{10}) Wilayah Kota Magelang

<i>Catchment Area</i>	2013 ($m^3/detik$)	2015 ($m^3/detik$)	2017 ($m^3/detik$)
11	1,737	1,739	1,731
12	2,939	2,944	2,956
13	0,910	0,911	0,915
14	0,338	0,344	0,341
15	0,291	0,298	0,297
16	0,411	0,413	0,415
17	0,278	0,286	0,289
18	0,904	0,917	0,916
19	0,969	0,965	0,967
20	0,599	0,607	0,598
21	0,406	0,419	0,415
22	1,134	1,124	1,136
23	1,193	1,175	1,194
24	1,086	1,071	1,094
Σ	28,134	28,196	28,333

(Sumber: Hasil Perhitungan)



Gambar 5.12 Grafik Perbandingan Debit Rencana Kota Magelang Kala Ulang 10 Tahun

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Grafik di atas menunjukkan terjadinya peningkatan debit banjir rencana Kota Magelang pada tahun 2013, 2015, dan 2017. Walaupun peningkatan debit banjir yang terjadi tidak terlalu signifikan. Debit banjir pada tahun 2013, 2015, dan 2017 berturut-turut adalah sebesar $28,134 m^3/s$, $28,196 m^3/s$, dan $28,333 m^3/s$. Sehingga, peningkatan yang terjadi berturut-turut sebesar 0,062% dan 0,137%.

2. Debit banjir rencana RTRW

Perhitungan debit banjir rencana berdasarkan RTRW Kota Magelang kala ulang 10 tahun adalah sebagai berikut.

$$C = 0,299$$

$$I = 54,922 \text{ mm/jam}$$

$$A = 24,007 \text{ km}^2$$

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A$$

$$= 0,00278 \times 0,299 \times 54,922 \times 24,007$$

$$= 1,096 \text{ m}^3/\text{s}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan debit banjir rencana RTRW Kota Magelang dilampirkan pada Tabel 5.21 di bawah ini.

Tabel 5.21 Debit Banjir Rencana (Q_{10}) RTRW Kota Magelang

<i>Catchment Area</i>	C	I (mm/jam)	A (ha)	Q (m ³ /s)
1	0,299	54,922	24,007	1,096
2	0,355	52,557	28,563	1,483
3	0,325	54,816	24,190	1,197
4	0,372	68,861	9,831	0,701
5	0,418	54,996	23,880	1,527
6	0,380	83,771	4,535	0,401
7	0,327	48,407	39,517	1,741
8	0,452	35,890	128,733	5,812
9	0,465	51,795	30,257	2,027
10	0,316	59,306	17,728	0,924
11	0,403	49,386	36,515	2,018
12	0,451	37,652	106,549	5,027
13	0,500	58,347	18,907	1,533
14	0,302	68,863	9,830	0,568
15	0,296	73,981	7,407	0,452
16	0,249	64,995	12,350	0,555
17	0,300	85,845	4,118	0,295
18	0,409	58,010	19,345	1,277
19	0,500	56,697	21,174	1,667
20	0,327	55,310	23,349	1,174
21	0,364	50,735	32,832	1,685
22	0,472	55,424	23,160	1,683
23	0,421	51,486	30,981	1,869
24	0,445	50,735	32,832	2,062

(Sumber: Hasil Perhitungan)

5.7. Perbandingan Debit Banjir Tahun 2017 dan RTRW

Perbandingan antara debit banjir rencana tahun 2017 dengan RTRW Kota Magelang kala ulang 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 5.22 di bawah ini.

Tabel 5.22 Perbandingan Debit Banjir Tahun 2017 dan RTRW Kota Magelang

Catchment Area	Q ₁₀ (m ³ /s)		$\Delta Q = \frac{Q_{2017}}{Q_{RTRW}} (\%)$
	2017	RTRW	
1	0,812	1,096	74%
2	1,169	1,483	79%
3	1,037	1,197	87%
4	0,675	0,701	96%
5	1,385	1,527	91%
6	0,377	0,401	94%
7	1,514	1,741	87%
8	5,318	5,812	92%
9	1,956	2,027	96%
10	0,827	0,924	90%
11	1,731	2,018	86%
12	2,956	5,027	59%
13	0,915	1,533	60%
14	0,341	0,568	60%
15	0,297	0,452	66%
16	0,415	0,555	75%
17	0,289	0,295	98%
18	0,916	1,277	72%
19	0,967	1,667	58%
20	0,598	1,174	51%
21	0,415	1,685	25%
22	1,136	1,683	68%
23	1,194	1,869	64%
24	1,094	2,062	53%

(Sumber: Hasil Perhitungan)

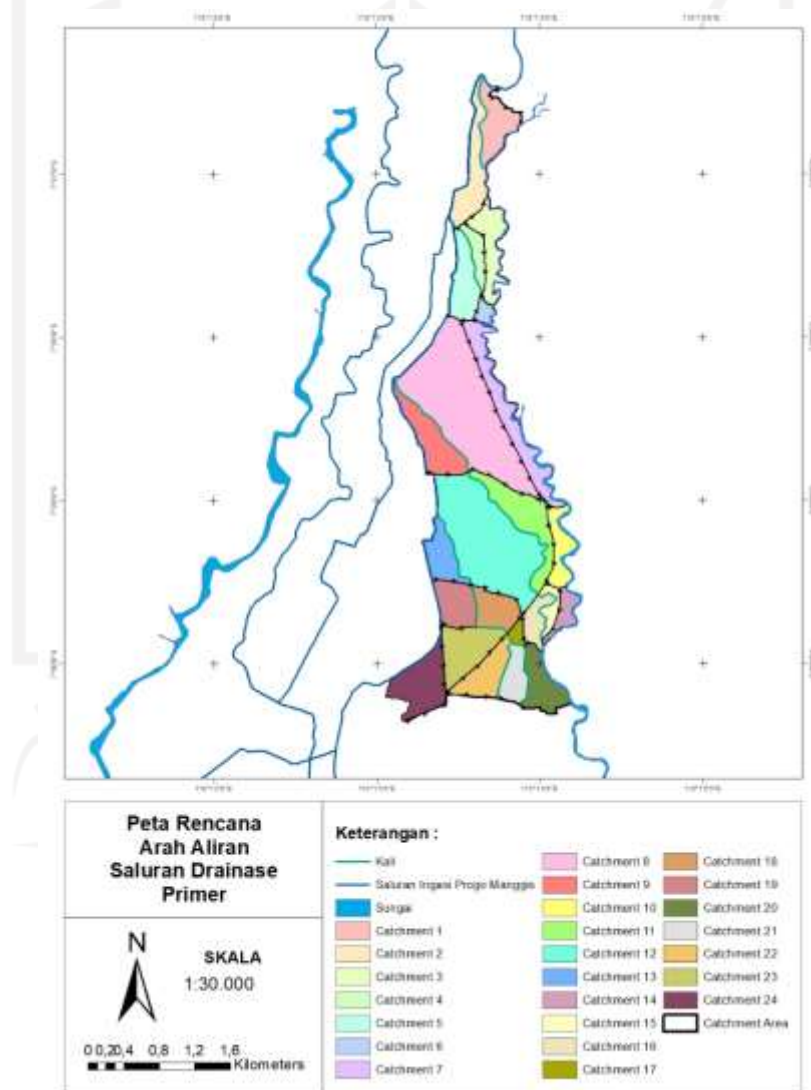
Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa nilai debit pada masing-masing *catchment* belum mencapai debit RTRW. Sehingga perlu adanya desain saluran drainase yang mampu menampung limpasan air tersebut.

5.8. Desain Saluran

Desain saluran direncanakan menggunakan bahan beton pracetak (*precast*) berbentuk persegi dengan tipe *U-Ditch* dan *box culvert* sesuai dengan dimensi yang beredar di pasaran. Adapun perhitungan desain saluran drainase adalah sebagai berikut.

1. Penentuan arah aliran drainase

Berikut merupakan peta lokasi arah aliran rencana saluran drainase. Prosedur penentuan arah aliran dengan bantuan *software* ArcGIS dapat dilihat pada Lampiran 2.



Gambar 5.13 Peta Rencana Saluran Drainase Primer
(Sumber: Hasil Analisis)

Hasil penentuan arah aliran drainase masing-masing *catchment area* didapatkan saluran rencana berjumlah 26, elevasi hulu, elevasi hilir, dan panjang saluran yang dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5.23 Rekapitulasi Pengukuran Elevasi dan Panjang Saluran

<i>Catchment Area</i>	Saluran	Elv. Hulu (m)	Elv. Hilir (m)	Panjang Saluran (m)
CA 1	Sal 1	384	381	779,150
CA 2	Sal 2	378	367	553,589
CA 3	Sal 3	364	354	216,140
CA 4	Sal 4	379	364	914,493
CA 5	Sal 5	372	364	627,981
CA 6	Sal 6	369	353	135,125
CA 7	Sal 7	340	328	247,957
CA 8	Sal 8	347	341	1000,513
	Sal 9	376	340	2314,745
CA 9	Sal 10	373	347	492,850
CA 10	Sal 11	332	318	247,229
CA 11	Sal 12	341	325	1070,281
CA 12	Sal 13	350	339	1069,258
CA 13	Sal 14	364	351	442,821
CA 14	Sal 15	320	318	67,707
CA 15	Sal 16	338	320	642,258
CA 16	Sal 17	336	316	242,477
CA 17	Sal 18	340	333	365,507
CA 18	Sal 19	339	338	245,854
CA 19	Sal 20	375	348	409,595
CA 20	Sal 21	327	305	710,256
CA 21	Sal 22	333	328	274,763
CA 22	Sal 23	344	333	581,705
CA 23	Sal 24	343	339	973,947
CA 24	Sal 25	375	343	779,389
	Sal 26	361	344	628,693

(Sumber: Hasil Analisis)

2. Menentukan nilai debit banjir terbesar

Nilai debit banjir terbesar di antara tahun 2013, 2015, 2019, dan RTRW adalah debit banjir berdasarkan RTRW. Maka, debit tersebut yang akan digunakan

dalam perhitungan estimasi dimensi saluran. Adapun nilai debit terbesar dari masing-masing *catchment area* dilampirkan dalam Tabel 5.24 berikut.

Tabel 5.24 Debit Limpasan Kala Ulang 10 Tahun Terbesar

<i>Catchment Area</i>	Q_{10} (m ³ /detik)	Dasar Perhitungan Debit
1	1,096	Tutupan lahan RTRW
2	1,483	Tutupan lahan RTRW
3	1,197	Tutupan lahan RTRW
4	0,701	Tutupan lahan RTRW
5	1,527	Tutupan lahan RTRW
6	0,401	Tutupan lahan RTRW
7	1,741	Tutupan lahan RTRW
8	5,812	Tutupan lahan RTRW
9	2,027	Tutupan lahan RTRW
10	0,924	Tutupan lahan RTRW
11	2,018	Tutupan lahan RTRW
12	5,027	Tutupan lahan RTRW
13	1,533	Tutupan lahan RTRW
14	0,568	Tutupan lahan RTRW
15	0,452	Tutupan lahan RTRW
16	0,555	Tutupan lahan RTRW
17	0,295	Tutupan lahan RTRW
18	1,277	Tutupan lahan RTRW
19	1,667	Tutupan lahan RTRW
20	1,174	Tutupan lahan RTRW
21	1,685	Tutupan lahan RTRW
22	1,683	Tutupan lahan RTRW
23	1,869	Tutupan lahan RTRW
24	2,062	Tutupan lahan RTRW

(Sumber: Hasil Perhitungan)

3. Ketentuan estimasi dimensi

a. Syarat penentuan dimensi saluran

Dimensi saluran didapatkan dengan memperhatikan dua hal yaitu $Q_{sal} > Q_{10}$ dan $V_{sal} < V_{izin}$. V_{izin} yang digunakan sebesar 1,5 m/s sebagaimana yang telah dijelaskan dalam *point* 3 sub bab 3.11 di atas

4. Perhitungan kemiringan saluran eksisting

Perhitungan kemiringan saluran berdasarkan kondisi eksisting saluran 1 pada *catchment area* 1 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 i &= \frac{(\text{Elevasi Hulu} - \text{Elevasi Hilir})}{\text{Panjang saluran}} \\
 &= \frac{(384 - 381)}{779,150} \\
 &= 0,00385
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan kemiringan saluran kondisi eksisting dapat dilihat pada Tabel 5.25 di bawah ini.

Tabel 5.25 Rekapitulasi Elevasi dan Kemiringan Eksisting Saluran

<i>Catchment Area</i>	Saluran	Panjang Saluran (m)	Elv. Hulu (m)	Elv. Hilir (m)	Kemiringan Saluran (Eksisting)
CA 1	Sal 1	779,150	384	381	0,00385
CA 2	Sal 2	553,589	378	367	0,01987
CA 3	Sal 3	216,140	364	354	0,00100
CA 4	Sal 4	914,493	379	364	0,01640
CA 5	Sal 5	627,981	372	364	0,01274
CA 6	Sal 6	135,125	369	352	0,12581
CA 7	Sal 7	247,957	340	328	0,04840
CA 8	Sal 8	1000,513	347	341	0,00600
	Sal 9	2314,745	376	340	0,01555
CA 9	Sal 10	492,850	373	347	0,05275
CA 10	Sal 11	247,229	332	318	0,05663
CA 11	Sal 12	1070,281	341	325	0,01495
CA 12	Sal 13	1069,258	350	339	0,01029
CA 13	Sal 14	442,821	364	351	0,02936
CA 14	Sal 15	67,707	320	318	0,00100
CA 15	Sal 16	642,258	338	320	0,02803
CA 16	Sal 17	242,477	336	316	0,08248
CA 17	Sal 18	365,507	340	333	0,01915
CA 18	Sal 19	245,854	339	338	0,00407
CA 19	Sal 20	409,595	375	348	0,06592
CA 20	Sal 21	710,256	327	305	0,03097
CA 21	Sal 22	274,763	333	328	0,01820

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Lanjutan Tabel 5.25 Rekapitulasi Elevasi dan Kemiringan Eksisting Saluran

<i>Catchment Area</i>	Saluran	Panjang Saluran (m)	Elv. Hulu (m)	Elv. Hilir (m)	Kemiringan Saluran (Eksisting)
CA 22	Sal 23	581,705	344	332	0,02063
CA 23	Sal 24	973,947	343	339	0,00411
CA 24	Sal 25	779,389	375	343	0,04106
	Sal 26	628,693	361	344	0,02704

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Hasil perhitungan kemiringan saluran eksisting yang didapatkan nantinya akan digunakan dalam perhitungan estimasi dimensi saluran.

5. Perhitungan estimasi dimensi

Perhitungan estimasi dimensi saluran dilakukan dengan menggunakan Persamaan (3.36). Berikut merupakan perhitungan estimasi dimensi Q_{10} saluran 1 pada *catchment area* 1.

$$\text{Debit limpasan } (Q_{10}) = 1,096 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Lebar precast } (b) = 1 \text{ m}$$

$$V_{\text{izin}} = 1,5 \text{ m/s}$$

$$\text{Koefisien Manning } (n) = 0,014$$

$$\text{Kemiringan eksisting } (i) = 0,00385$$

$$Q = A \times V$$

$$Q = (b \times h) \times \left(\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$Q = (b \times h) \times \frac{1}{n} \times \left(\frac{b \times h}{b + 2h} \right)^{\frac{2}{3}} \times (i)^{\frac{1}{2}}$$

$$1,096 = (1 \times h) \times \frac{1}{0,014} \times \left(\frac{1 \times h}{1 + 2h} \right)^{\frac{2}{3}} \times (0,00385)^{\frac{1}{2}}$$

$$h = 0,591 \text{ m}$$

Nilai kedalaman aliran rencana (h) disubstitusikan pada rumus kecepatan aliran.

$$\begin{aligned} V_{\text{sal}} &= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{1}{n} \times \left(\frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{n} \times \left(\frac{b \times h}{b+2h} \right)^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \\
&= \frac{1}{0,014} \times \left(\frac{1 \times 0,591}{1+2 \times 0,591} \right)^{\frac{2}{3}} \times 0,00385^{\frac{1}{2}} \\
&= 1,855 \text{ m/s} > 1,5 \text{ m/s}
\end{aligned}$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa $V_{\text{sal}} > V_{\text{izin}}$. Oleh karena itu, kemiringan saluran rencana perlu direncanakan lebih landai agar V_{sal} memenuhi syarat.

$$V_{\text{izin}} = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{\text{izin}} = \frac{1}{n} \times \left(\frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{\text{izin}} = \frac{1}{n} \times \left(\frac{b \times h}{b+2h} \right)^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}$$

$$1,5 = \frac{1}{0,014} \times \left(\frac{1 \times 0,591}{1+2 \times 0,591} \right)^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}$$

$$i_{\text{maks}} = 0,00252$$

Berdasarkan perhitungan kemiringan saluran rencana didapatkan nilai kemiringan maksimal sebesar 0,00252. Selanjutnya dilakukan perhitungan estimasi dimensi dengan menggunakan rentang nilai kemiringan saluran maksimal. Uraian perhitungan estimasi dimensi adalah sebagai berikut.

$$\text{Debit limpasan } (Q_{10}) = 1,096 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Lebar } \textit{precast} \text{ (b)} = 1 \text{ m}$$

$$V_{\text{izin}} = 1,5 \text{ m/s}$$

$$\text{Koefisien } \textit{Manning} \text{ (n)} = 0,014$$

$$\text{Kemiringan saluran } (i) = 0,00128$$

$$Q_{10} = A \times V$$

$$Q_{10} = (b \times h) \times \left(\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$Q_{10} = (b \times h) \times \frac{1}{n} \times \left(\frac{b \times h}{b+2h} \right)^{\frac{2}{3}} \times (i)^{\frac{1}{2}}$$

$$1,096 = (1 \times h) \times \frac{1}{0,014} \times \left(\frac{1 \times h}{1+2h} \right)^{\frac{2}{3}} \times (0,00128)^{\frac{1}{2}}$$

$$h = 0,910 \text{ m}$$

Didapatkan nilai kedalaman aliran rencana (h) sebesar 0,910 m. Berdasarkan Tabel 3.11 dengan nilai Q_{10} pada saluran 1 sebesar $1,096 \text{ m}^3/\text{s}$, didapatkan nilai tinggi jagaan (F_b) sebesar 0,20 m.

$$\begin{aligned} H_{\text{butuh}} &= h + F_b \\ &= 0,910 + 0,20 \\ &= 1,110 \text{ m} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tinggi saluran rencana yang dibutuhkan minimal senilai 1,110 m agar dapat menampung debit limpasan pada *catchment* tersebut. Kemudian tinggi saluran rencana disesuaikan dengan dimensi *precast* yang tersedia. Maka, didapatkan tinggi *precast* senilai 1,2 m. Nilai tersebut disubstitusikan pada rumus kecepatan aliran di bawah ini.

$$\begin{aligned} V_{\text{sal}} &= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{1}{n} \times \left(\frac{A}{P}\right)^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{1}{n} \times \left(\frac{b \times h}{b+2h}\right)^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{1}{0,014} \times \left(\frac{1 \times 1,2}{1+2 \times 1,2}\right)^{\frac{2}{3}} \times 0,00128^{\frac{1}{2}} \\ &= 1,278 \text{ m/s} < 1,5 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan nilai $V_{\text{sal}} < V_{\text{izin}}$ sebesar 1,278 m/s yang artinya nilai tersebut memenuhi syarat. Selanjutnya substitusikan nilai dimensi yang didapatkan pada rumus perhitungan debit.

$$\begin{aligned} Q_{\text{sal}} &= A \times V \\ &= (b \times h) \times \left(\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}\right) \\ &= (b \times h) \times \frac{1}{n} \times \left(\frac{b \times h}{b+2h}\right)^{\frac{2}{3}} \times (i)^{\frac{1}{2}} \\ &= (1 \times 1,2) \times \frac{1}{0,014} \times \left(\frac{1 \times 1,2}{1+2 \times 1,2}\right)^{\frac{2}{3}} \times (0,00128)^{\frac{1}{2}} \\ Q_{\text{sal}} &= 1,534 \text{ m}^3/\text{s} > 1,096 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Dimensi rencana yang disubstitusikan kedalam perhitungan debit didapatkan besarnya Q_{sal} sebesar $1,534 \text{ m}^3/\text{s}$ sedangkan Q_{10} sebesar $1,096 \text{ m}^3/\text{s}$, artinya Q_{sal}

memenuhi syarat dengan $Q_{sal} > Q_{10}$. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa dimensi yang didapatkan $b = 1$ m dan $H = 1,2$ m sudah aman dan sesuai.

6. Rekapitulasi perhitungan estimasi dimensi saluran

Rekapitulasi hasil perhitungan estimasi dimensi saluran untuk masing-masing saluran dapat dilihat pada Tabel 5.26 .



Tabel 5.26 Rekapitulasi Perhitungan Estimasi Dimensi Saluran

Catchment Area	Saluran	Koef. Manning	Kemiringan Saluran (Eksisting)	Kemiringan Saluran (Maksimal)	Kemiringan Saluran (Rencana)	Lebar Saluran (b)	Tinggi Air (h)	Tinggi Jagaan (Fb)	Tinggi Saluran (H _{butuh})	Tipe	Estimasi Dimensi U-Ditch (m)		Q ₁₀	Q _{sal}	Cek	V _{sal eks}	V _{izin}	V _{sal pakai}	Cek
						(m)	(m)	(m)	(m)		b	H	(m ³ /s)	(m ³ /s)		(m/s)	(m/s)	(m/s)	
CA 1	Sal 1	0,014	0,00385	0,00252	0,00128	1,000	0,910	0,20	1,110	U-Ditch	1,000	1,200	1,096	1,534	Aman	1,855	1,5	1,278	Aman
CA 2	Sal 2	0,014	0,01987	0,00338	0,00090	1,200	1,085	0,20	1,285	U-Ditch	1,200	1,300	1,483	1,850	Aman	3,635	1,5	1,186	Aman
CA 3	Sal 3	0,014	0,00100	0,00171	0,00100	1,000	1,083	0,20	0,200	Box Culvert	1,000	1,300	1,197	1,489	Aman	1,145	1,5	1,145	Aman
CA 4	Sal 4	0,014	0,01640	0,00477	0,00200	1,000	0,539	0,20	0,739	U-Ditch	1,000	0,800	0,701	1,165	Aman	2,780	1,5	1,456	Aman
CA 5	Sal 5	0,014	0,01274	0,00242	0,00080	1,400	1,328	0,25	1,578	U-Ditch	1,400	1,600	2,228	2,794	Aman	3,439	1,5	1,248	Aman
CA 6	Sal 6	0,014	0,12581	0,01022	0,00400	0,500	0,569	0,20	0,769	U-Ditch	0,500	0,800	0,401	0,598	Aman	5,263	1,5	1,496	Aman
CA 7	Sal 7	0,014	0,04840	0,00209	0,00040	3,500	1,998	0,30	2,298	U-Ditch	3,500	2,300	9,580	11,500	Aman	7,221	1,5	1,429	Aman
CA 8	Sal 8	0,014	0,00600	0,00132	0,00040	2,900	2,097	0,30	2,397	U-Ditch	2,900	2,500	7,839	9,781	Aman	3,196	1,5	1,349	Aman
	Sal 9	0,014	0,01555	0,00141	0,00050	2,600	2,168	0,30	2,468	U-Ditch	2,600	2,500	7,839	9,354	Aman	4,984	1,5	1,439	Aman
CA 9	Sal 10	0,014	0,05275	0,00398	0,00101	1,400	1,117	0,25	1,367	U-Ditch	1,400	1,400	2,027	2,683	Aman	5,464	1,5	1,369	Aman
CA 10	Sal 11	0,014	0,05663	0,00593	0,00200	1,000	0,667	0,20	0,867	U-Ditch	1,000	0,900	0,924	1,349	Aman	4,637	1,5	1,499	Aman
CA 11	Sal 12	0,014	0,01495	0,00261	0,00125	1,200	1,222	0,25	1,472	U-Ditch	1,200	1,500	2,018	2,584	Aman	3,587	1,5	1,436	Aman
CA 12	Sal 13	0,014	0,01029	0,00137	0,00060	2,400	1,914	0,30	2,214	U-Ditch	2,400	2,300	6,561	8,244	Aman	4,113	1,5	1,493	Aman
CA 13	Sal 14	0,014	0,02936	0,00358	0,00147	1,000	1,135	0,25	1,385	U-Ditch	1,000	1,200	1,533	1,640	Aman	4,298	1,5	1,367	Aman
CA 14	Sal 15	0,014	0,00100	0,00234	0,00100	0,800	0,766	0,20	0,200	Box Culvert	0,800	1,000	0,568	0,784	Aman	0,980	1,5	0,980	Aman
CA 15	Sal 16	0,014	0,02803	0,00646	0,00300	0,600	0,569	0,20	0,769	U-Ditch	0,600	0,800	0,452	0,681	Aman	3,124	1,5	1,418	Aman
CA 16	Sal 17	0,014	0,08248	0,00781	0,00206	0,610	0,773	0,20	0,973	U-Ditch	0,610	1,000	0,555	0,751	Aman	4,873	1,5	1,231	Aman
CA 17	Sal 18	0,014	0,01915	0,00736	0,00375	0,600	0,372	0,20	0,572	U-Ditch	0,600	0,600	0,295	0,539	Aman	2,419	1,5	1,496	Aman
CA 18	Sal 19	0,014	0,00407	0,00238	0,00102	1,000	1,135	0,20	1,335	U-Ditch	1,000	1,400	1,277	1,639	Aman	1,963	1,5	1,171	Aman
CA 19	Sal 20	0,014	0,06592	0,00430	0,00146	1,000	1,218	0,25	1,468	U-Ditch	1,000	1,500	1,667	2,132	Aman	5,870	1,5	1,422	Aman
CA 20	Sal 21	0,014	0,03097	0,00193	0,00060	2,400	1,924	0,30	2,224	U-Ditch	2,400	2,300	6,604	8,244	Aman	6,017	1,5	1,493	Aman
CA 21	Sal 22	0,014	0,01820	0,00187	0,00036	2,500	1,919	0,30	2,219	U-Ditch	2,500	2,300	5,430	6,808	Aman	4,680	1,5	1,184	Aman
CA 22	Sal 23	0,014	0,02063	0,00207	0,00090	1,600	1,650	0,25	1,900	U-Ditch	1,600	2,000	3,745	4,722	Aman	4,535	1,5	1,476	Aman
CA 23	Sal 24	0,014	0,00411	0,00135	0,00077	1,800	1,593	0,25	1,843	U-Ditch	1,800	2,000	3,931	5,192	Aman	2,619	1,5	1,442	Aman
CA 24	Sal 25	0,014	0,04106	0,00363	0,00120	1,400	1,059	0,25	1,309	U-Ditch	1,400	1,400	2,062	2,918	Aman	5,047	1,5	1,489	Aman
	Sal 26	0,014	0,02704	0,00318	0,00080	1,400	1,248	0,25	1,498	U-Ditch	1,400	1,600	2,062	2,793	Aman	4,375	1,5	1,247	Aman

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Hasil perhitungan estimasi dimensi saluran didapatkan bahwa saluran yang direncanakan menggunakan *precast* tipe *U-ditch* memiliki nilai kemiringan yang besar sehingga kemiringan yang ada harus dikurangi untuk memperoleh nilai kecepatan aliran sesuai syarat. Hal ini dikarenakan faktor panjang saluran dan elevasi pada kontur. Sebaliknya, untuk saluran yang direncanakan menggunakan *precast* tipe *box culvert* bisa memakai kemiringan eksisting karena kecepatan aliran memenuhi syarat. Seluruh rencana esimasi dimensi saluran yang didapatkan telah dihitung sedemikian rupa untuk dapat menampung limpasan air hujan yang ada ($Q_{\text{saluran}} > Q_{\text{limpasan}}$).

5.9. Bangunan Terjun

Bangunan terjun dibutuhkan karena kemiringan eksisting lebih curam dari kemiringan maksimum yang dizinkan. Perhitungan jumlah bangunan terjun pada saluran 1 *catchment area* 1 diuraikan sebagai berikut.

$$H_1 = 384 \text{ m}$$

$$H_2 = 381 \text{ m}$$

$$L = 779,150 \text{ m}$$

$$I_i = 0,00250$$

$$T = 1,5 \text{ m}$$

$$\Delta h = H_1 - H_2$$

$$= 384 - 381$$

$$= 3 \text{ m}$$

$$n = \frac{[\Delta h - I_i \times L]}{t}$$

$$= \frac{[3 - 0,00250 \times 779,150]}{1,5}$$

$$= 2 \text{ buah}$$

Berdasarkan perhitungan di atas jumlah bangunan terjun yang dibutuhkan pada saluran 1 *catchment area* 1 berjumlah 2 buah. Rekapitulasi perhitungan kebutuhan jumlah bangunan terjun dapat dilihat pada Tabel 5.27 berikut.

Tabel 5.27 Rekapitulasi Jumlah Bangunan Terjun

Catchment Area	Saluran	Elv. Hulu	Elv. Hilir	Panjang Saluran	Kemiringan Saluran (Eksisting)	Kemiringan Saluran (Rencana)	Tinggi Bangunan Terjunan	Jumlah Bangunan Terjunan
		(m)	(m)	(m)			HBT (m)	nBT (bh)
CA 1	Sal 1	384	381	779,150	0,00385	0,00128	1,00	2
CA 2	Sal 2	378	367	553,589	0,01987	0,00090	1,50	7
CA 3	Sal 3	364	354	216,140	0,00100	0,00100	-	-
CA 4	Sal 4	379	364	914,493	0,01640	0,00200	1,50	8
CA 5	Sal 5	372	364	627,981	0,01274	0,00080	1,50	5
CA 6	Sal 6	369	352	135,125	0,12581	0,00400	0,80	20
CA 7	Sal 7	340	328	247,957	0,04840	0,00040	0,70	17
CA 8	Sal 8	347	341	1000,513	0,00600	0,00040	0,70	7
	Sal 9	376	340	2314,745	0,01555	0,00050	0,75	44
CA 9	Sal 10	373	347	492,850	0,05275	0,00101	1,50	17
CA 10	Sal 11	332	318	247,229	0,05663	0,00200	1,50	9
CA 11	Sal 12	341	325	1070,281	0,01495	0,00125	1,50	1
CA 12	Sal 13	350	339	1069,258	0,01029	0,00060	0,75	13
CA 13	Sal 14	364	351	442,821	0,02936	0,00147	0,95	13
CA 14	Sal 15	320	318	67,707	0,00100	0,00100	-	-
CA 15	Sal 16	338	320	642,258	0,02803	0,00300	1,00	14
CA 16	Sal 17	336	316	242,477	0,08248	0,00206	1,50	13
CA 17	Sal 18	340	333	365,507	0,01915	0,00375	1,50	3
CA 18	Sal 19	339	338	245,854	0,00407	0,00102	0,75	1
CA 19	Sal 20	375	348	409,595	0,06592	0,00146	1,20	22
CA 20	Sal 21	327	305	710,256	0,03097	0,00060	0,75	28
CA 21	Sal 22	333	328	274,763	0,01820	0,00036	0,70	7
CA 22	Sal 23	344	332	581,705	0,02063	0,00090	0,65	16
CA 23	Sal 24	343	339	973,947	0,00411	0,00077	0,65	5
CA 24	Sal 25	375	343	779,389	0,04106	0,00120	0,70	42
	Sal 26	361	344	628,693	0,02704	0,00080	1,50	11

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan tabel tersebut didapatkan jumlah bangunan terjun setiap salurannya beragam dikarenakan kemiringan, panjang setiap saluran dan tinggi bangunan terjun yang direncanakan disesuaikan dengan debit yang melimpas disetiap salurannya. Tinggi terjunan yang sudah disyaratkan juga harus disesuaikan dengan kemiringan yang dizinkan (I_i) agar jumlah bangunan yang dibutuhkan bisa seminimal mungkin.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan yang diuraikan sebagai berikut.

1. Analisis tata guna lahan pada Kota Magelang wilayah timur saluran irigasi Progo Manggis menunjukkan terjadinya perubahan antara tahun 2013 sampai 2017. Hal ini dibuktikan dengan semakin luasnya daerah lahan terbangun dan semakin sempitnya daerah lahan hijau, dengan persentase penurunan lahan hijau pada tahun 2013, 2015, dan 2017 berturut-turut sebesar 0,848% dan 2,509% dan persentase kenaikan lahan terbangun berturut-turut sebesar 1,114% dan 2,898%.
2. Terjadi peningkatan nilai koefisien limpasan aliran pada daerah penelitian akibat perubahan tata guna lahan dari tahun 2013 sampai 2017. Hal itu mempengaruhi debit banjir yang terjadi pada tahun 2013, 2015, dan 2017 walaupun peningkatan yang terjadi tidak terlalu signifikan. Peningkatan debit banjir pada tahun 2013, 2015, dan 2017 berturut-turut adalah sebesar 0,062% dan 0,137%.
3. Perbandingan debit antara tahun 2017 dengan RTRW didapatkan persentase terbesar mencapai 98%, nilai tersebut menunjukkan bahwa debit pada tahun 2017 belum melampaui RTRW. Hal itu dipengaruhi oleh perhitungan koefisien pengaliran gabungan yang didapatkan dari pembagian tutupan lahan antara tahun 2017 dan RTRW, dengan tutupan lahan tahun 2017 berjumlah 2 klasifikasi sedangkan RTRW berjumlah 7 klasifikasi.
4. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan rencana saluran drainase primer dengan kebutuhan dimensi yang bervariasi menggunakan jenis *precast U-ditch* dan *box culvert*.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah diperoleh, terdapat beberapa saran di antaranya sebagai berikut.

1. Perlu adanya penelitian mendalam terkait perubahan tata guna lahan dengan klasifikasi yang lebih spesifik atau menggunakan metode maupun *software* lain sebagai perbandingan.
2. Perlu adanya tindakan pengaturan sistem drainase ulang pada Kota Magelang guna keseimbangan pembangunan dalam perwujudan sistem rencana tata ruang wilayah juga sebagai bentuk pencegahan terhadap banjir.



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia. 2018. *Modul 4 : Perencanaan Sistem Polder dan Kolam Retensi*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Chow, V. T. *et al.* 1988. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill. New-York.
- Dammalage, T. L. 2016. *Land-Use Change and Its Impact On Urban Flooding: A Case Study On Colombo District Flood On May 2016*. 5.
- Direktorat Jendral Cipta Karya. 2012. *Buku jilid IA, Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Direktorat Jendral Cipta Karya. 2013. *Tata Cara Perencanaan, Pelaksanaan, Operasi dan Pemeliharaan Sistem Pompa*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Direktorat Jendral Cipta Kerja. 2010. *Tata Cara Pembuatan Kolam Retensi dan Polder (NSPM)*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Haan, C. T. 2002. *Statistical Methods in Hydrology*. Still-Water: Iowa State press.
- Hidro, D. K. 2016. *Modul 24 Hidraulika II*. Program Studi Teknik Sipil. Yogyakarta.
- Hisanah, N.N. 2015. *Kajian Teknis Penerapan Generalisasi Peta Rupabumi Indonesia (RBI) Dari Skala 1:50000 Menjadi Skala 1:250000*. *Skripsi*. Universitas Diponegoro Semarang.
- Kamiana, I. M. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia. 2016. *Perhitungan Saluran dan Drainase Diklat Teknis Perencanaan Irigasi Tingkat Dasar*. Bandung.

- Latifah, S. S. 2018. Kajian Debit Limpasan Akibat Perubahan Penggunaan Lahan Di Sub DAS Gatak, Kota Surakarta dan Sekitarnya. 10.
- Lestari, S. A. *et al.* 2019. *Analysis Of Flood Hydrograph To The Land Use Change On Flood Peak Discharge In The Sekanak Watersheed.* 10
- Limantara, L. M. 2021. Studi Perubahan Karakteristik hidrologi (Debit Puncak dan Waktu Puncak) Akibat Perubahan Tata Guna Lahan Di DAS Lesti dan DAS Gadang Kabupaten Malang. 14.
- McCuen, R. H. 1998. *Hydrologic Analysis And Design.* New Jersey: *Pearson Education.*
- Mishara, B. 2017. *Assessment Of Future Inundations Under Climate and Land Use Change Scenarios In The Ciliwung River Basin,* Jakarta. 11.
- Peraturan Menteri dan Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 12. 2014. *Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan.* Jakarta: Lembaga Negara Tahun 2014 Nomor 1451.
- Pratama, W. *et al.* 2016. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Hidrologi Di DAS Bulok. 10.
- Rahmananta, H. F. 2017. *Perencanaan Boezem dan Pompa Di Kawasan Hilir Kandangan Surabaya Barat.* Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Soemarto. 1987. *Hidrologi Teknik.* Usaha Nasional. Surabaya.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data Jilid 1.* Nova. Bandung.
- Suharyadi. 2000. *Transformasi Spektral Data Digital Landsat Untuk Pemetaan Kepadatan Bangunan di Daerah Perkotaan Yogyakarta.* Lembaga Penelitian UGM. Yogyakarta.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan.* ANDI Yogyakarta. Yogyakarta.

Sutiyono, Y. 2021. *Analisis Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Di DAS Bengawan Solo Hulu*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Triatmodjo, B. 2019. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta

United States Geological Survey. Januari, 2022. Diambil kembali dari *Earth Resources Observation and Science Center*: <https://www.usgs.gov>.

United States Geological Survey. Juni, 2022. Diambil kembali dari *Earth Resources Observation and Science Center*: <https://www.usgs.gov>.





LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Referensi yang Digunakan Untuk Analisis

Tabel L-1.1 Tabel Faktor Reduksi Gumbel

No	Periode ulang, T (tahun)	K_T
1	1,001	-3,05
2	1,005	-2,58
3	1,010	-2,33
4	1,050	-1,64
5	1,110	-1,28
6	1,250	-0,84
7	1,330	-0,67
8	1,430	-0,52
9	1,670	-0,25
10	2,000	0
11	2,500	0,25
12	3,330	0,52
13	4,000	0,67
14	5,000	0,84
15	10,000	1,028
16	20,000	1,064
17	50,000	2,05
18	100,000	2,33
19	200,000	2,58
20	500,000	2,88
21	1000,000	3,09

(Sumber: Triatmodjo, 2019)

Tabel L-1.2 Probabilitas Kumulatif dari Distribusi Normal dan Log Normal

z	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5558	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9870	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

(Sumber: Triatmodjo, 2019)

Tabel L-1.3 Nilai y_n dan σ_n Fungsi Jumlah Data

n	y_n	σ_n	n	y_n	σ_n	n	y_n	σ_n
8	0,4843	0,9043	39	0,543	1,1388	70	0,5548	1,1854
9	0,4902	0,9288	40	0,5436	1,1413	71	0,555	1,1863
10	0,4952	0,9497	41	0,5442	1,1436	72	0,5552	1,1873
11	0,4996	0,9676	42	0,5448	1,1458	73	0,5555	1,1881
12	0,5053	0,9833	43	0,5453	1,148	74	0,5557	1,189
13	0,507	0,9972	44	0,5258	1,149	75	0,5559	1,1898
14	0,51	1,0098	45	0,5463	1,1518	76	0,5561	1,1906
15	0,5128	1,0206	46	0,5468	1,1538	77	0,5563	1,1915
16	0,5157	1,0316	47	0,5473	1,1557	78	0,5565	1,1923
17	0,5181	1,0411	48	0,5474	1,1574	79	0,5569	1,193
18	0,5202	1,0493	49	0,5481	1,159	80	0,557	1,1938
19	0,522	1,0566	50	0,5485	1,1607	81	0,5572	1,1945
20	0,5235	1,0629	51	0,5489	1,1623	82	0,5574	1,1953
21	0,5252	1,0696	52	0,5493	1,1638	83	0,5576	1,1959
22	0,5268	1,0754	53	0,5497	1,1653	84	0,5578	1,1967
23	0,5283	1,0811	54	0,5501	1,1667	85	0,558	1,1973
24	0,5296	1,0864	55	0,5504	1,1681	86	0,5581	1,198
25	0,5309	1,0914	56	0,5508	1,1696	87	0,5583	1,1987
26	0,532	1,0961	57	0,5511	1,1708	88	0,5585	1,1994
27	0,5332	1,1004	58	0,5515	1,1721	89	0,5586	1,2001
28	0,5343	1,1047	59	0,5518	1,1734	90	0,5587	1,2007
29	0,5353	1,1086	60	0,5521	1,1747	91	0,5589	1,2013
30	0,5362	1,1124	61	0,5524	1,1759	92	0,5591	1,202
31	0,5371	1,1159	62	0,5527	1,177	93	0,5592	1,2026
32	0,538	1,1193	63	0,553	1,1782	94	0,5593	1,2032
33	0,5388	1,1226	64	0,5533	1,1793	95	0,5593	1,2038
34	0,5396	1,1255	65	0,5535	1,1803	96	0,5595	1,2044
35	0,5403	1,1285	66	0,5538	1,1814	97	0,5596	1,2049
36	0,541	1,1313	67	0,554	1,1824	98	0,5598	1,2055
37	0,5418	1,1339	68	0,5543	1,1834	99	0,5599	1,206
38	0,5424	1,1363	69	0,5545	1,1844	100	0,56	1,2065

(Sumber: Triatmodjo, 2019)

Tabel L-1.4 Distribusi Log Pearson III untuk Koefisien Kemencengan (C_s)

Koefisien	Waktu Balik (Tahun)														
	1.01	1.05	1.11	1.25	1.667	2	2.5	5	10	20	25	50	100	200	1000
C_s	Peluang (%)														
	99	95	90	80	60	50	40	20	10	5	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.4760	-0.396	-0.1240	0.420	1.180	2.0950	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.5	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.4770	-0.360	-0.0673	0.518	1.250	2.0933	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.2	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.4707	-0.330	-0.0287	0.574	1.284	2.0807	2.240	2.970	3.705	4.444	6.200
2.0	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.4637	-0.307	-0.0017	0.609	1.302	2.0662	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.8	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.4543	-0.282	0.0263	0.643	1.318	2.0472	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.4417	-0.254	0.0557	0.675	1.329	2.0240	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.4	-1.318	-1.168	-1.041	-0.832	-0.4273	-0.225	0.0850	0.705	1.337	1.9962	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.4113	-0.195	0.1140	0.732	1.340	1.9625	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.0	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.3933	-0.164	0.1433	0.758	1.340	1.9258	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0.9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.3833	-0.148	0.1577	0.769	1.339	1.9048	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-1.733	-1.388	-1.116	-0.856	-0.3733	-0.132	0.1720	0.780	1.336	1.8877	1.993	2.453	2.891	3.312	4.250
0.7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.3630	-0.116	0.1860	0.790	1.333	1.8613	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.3517	-0.099	0.2007	0.800	1.328	1.8372	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.3407	-0.083	0.2140	0.808	1.323	1.8122	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.3290	-0.066	0.2280	0.816	1.317	1.7862	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.3177	-0.050	0.2413	0.824	1.309	1.7590	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.2	-2.178	-1.586	-1.258	-0.850	-0.3053	-0.033	0.2547	0.830	1.301	1.7318	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.2933	-0.017	0.2673	0.836	1.292	1.7028	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	-0.2807	0.000	0.2807	0.842	1.282	1.6728	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090

(Sumber: Soemarto, 1987)

Lanjutan Tabel L-1.4 Distribusi Log Pearson III untuk Koefisien Kemencengan (C_s)

Koefisien	Waktu Balik (Tahun)														
	1.01	1.05	1.11	1.25	1.667	2	2.5	5	10	20	25	50	100	200	1000
C_s	Peluang (%)														
	99	95	90	80	60	50	40	20	10	5	4	2	1	0.5	0.1
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	-0.2807	0.000	0.2807	0.842	1.282	1.6728	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.1	-2.400	-1.673	-1.292	-0.836	-0.2673	0.017	0.2900	0.836	1.270	1.6417	1.716	2.000	2.252	2.482	2.950
-0.2	-2.472	-1.700	-1.301	-0.830	-0.2547	0.033	0.3053	0.850	1.258	1.6097	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.3	-2.544	-1.726	-1.309	-0.824	-0.2413	0.050	0.3177	0.853	1.245	1.5767	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-0.4	-2.615	-1.750	-1.317	-0.816	-0.2280	0.066	0.3290	0.855	1.231	1.5435	1.606	1.834	2.029	2.201	2.540
-0.5	-2.686	-1.774	-1.323	-0.808	-0.2140	0.083	0.3407	0.856	1.216	1.5085	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0.6	-2.755	-1.797	-1.328	-0.800	-0.2007	0.099	0.3517	0.857	1.200	1.4733	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.7	-2.824	-1.819	-1.333	-0.790	-0.1860	0.116	0.3630	0.857	1.183	1.4372	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0.8	-2.891	-1.839	-1.336	-0.780	-0.1720	0.132	0.3733	0.856	1.166	1.4010	1.448	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	-2.957	-1.858	-1.339	-0.769	-0.1577	0.148	0.3833	0.854	1.147	1.3637	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1.0	-3.022	-1.877	-1.340	-0.758	-0.1433	0.164	0.3933	0.852	1.128	1.3263	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1.2	-3.149	-1.910	-1.340	-0.732	-0.1140	0.195	0.4113	0.844	1.086	1.2493	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.4	-3.271	-1.938	-1.337	-0.705	-0.0850	0.225	0.4273	0.832	1.041	1.1718	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.6	-3.388	-1.962	-1.329	-0.675	-0.0557	0.254	0.4417	0.817	0.994	1.0957	1.116	1.166	1.197	1.216	1.280
-1.8	-3.499	-1.981	-1.318	-0.643	-0.0263	0.282	0.4543	0.799	0.945	1.0200	1.035	1.069	1.087	1.097	1.130
-2.0	-3.605	-1.996	-1.302	-0.600	0.0047	0.307	0.4637	0.777	0.895	0.9483	0.959	0.980	0.990	0.995	1.000
-2.2	-3.705	-2.006	-1.284	-0.574	0.0287	0.330	0.4707	0.752	0.844	0.8807	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-2.5	-3.845	-2.012	-1.250	-0.518	0.0673	0.360	0.4770	0.711	0.771	0.7893	0.793	0.798	0.799	0.800	0.802
-3.0	-4.051	-2.003	-1.180	-0.420	0.1240	0.396	0.4760	0.636	0.660	0.6650	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

(Sumber: Soemarto, 1987)

Tabel L-1.5 Nilai Δ_{kritis} Uji Smirnov-Kolmogorov

N	α			
	0,20	0,10	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,51	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,18	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
$n > 50$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$

(Sumber: Triatmodjo, 2019)

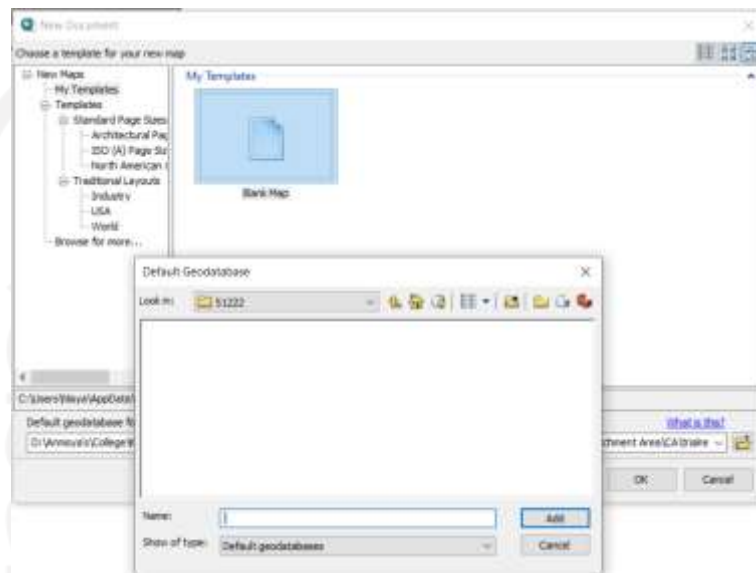
Tabel L-1.6 Nilai Chi-Square Critic (χ^2_{cr})

DK	Distribusi X^2											
	0,99	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
1	0,000	0,004	0,018	0,064	0,148	0,455	1,074	1,642	2,706	3,841	6,635	10,827
2	0,020	0,103	0,211	0,446	0,713	1,386	2,408	3,219	4,605	5,991	9,210	13,815
3	0,115	0,352	0,584	1,005	1,424	2,366	3,665	4,642	6,251	7,815	11,345	16,268
4	0,297	0,711	1,064	1,649	2,195	3,357	4,878	5,989	7,779	9,488	13,277	18,465
5	0,554	1,145	1,610	2,343	3,000	4,351	6,064	7,289	9,236	11,070	15,086	20,517
6	0,872	1,635	2,204	3,070	3,828	5,348	7,231	8,558	10,645	12,592	16,812	22,457
7	1,239	2,167	2,833	3,822	4,671	6,346	8,383	9,803	12,017	14,067	18,457	24,322
8	1,646	2,733	3,890	4,594	5,527	7,344	9,524	11,030	13,362	15,507	20,090	26,425
9	2,088	3,325	4,168	5,380	6,393	8,343	10,656	12,424	14,684	16,919	21,666	27,877
10	2,558	3,940	6,179	6,179	7,267	9,342	11,781	13,242	15,987	18,307	23,209	29,588
11	3,053	4,575	5,578	6,989	8,148	10,341	12,899	14,631	17,275	19,675	24,725	31,264
12	3,571	5,226	6,304	7,807	9,034	11,340	14,011	15,812	18,549	21,026	26,217	32,909
13	4,107	5,892	7,042	8,634	9,926	12,340	15,119	16,985	19,812	22,362	27,688	34,528
14	4,660	6,571	7,790	9,467	10,821	13,339	16,222	18,151	21,064	23,685	29,141	36,123
15	5,229	7,261	8,547	10,307	11,721	14,339	17,322	19,311	22,307	24,996	30,578	37,697
16	5,812	7,962	9,312	11,152	12,624	15,338	18,418	20,465	23,542	26,296	32,000	39,252
17	6,408	8,672	10,085	12,002	13,531	16,338	19,511	21,615	24,769	27,587	33,409	40,790
18	7,015	9,390	10,865	12,857	14,440	17,338	20,601	22,760	25,989	28,869	34,805	42,312
19	7,633	10,117	11,651	13,716	15,352	18,338	21,689	23,900	27,204	30,144	36,191	43,820
20	8,260	10,851	12,443	14,578	16,266	19,377	22,775	25,038	28,412	31,410	37,566	45,315
21	8,897	11,501	13,240	15,445	17,182	20,377	23,858	26,171	29,615	32,671	38,932	46,797
22	9,542	12,338	14,041	16,314	18,101	21,337	24,939	27,301	30,813	33,924	40,289	48,268
23	10,196	13,091	14,484	17,187	19,021	22,337	26,018	28,429	32,007	35,172	41,638	49,728
24	10,856	13,848	15,659	18,062	19,943	23,337	27,096	29,553	33,196	36,415	42,980	51,179
25	11,524	14,611	16,473	18,940	20,867	24,337	28,172	30,675	34,382	37,652	44,314	52,620
26	12,198	15,379	17,292	19,820	21,792	25,336	29,246	31,795	35,563	38,886	45,642	54,052
27	12,879	16,151	18,114	20,703	22,719	26,336	30,319	32,912	36,741	40,113	46,963	55,476
28	13,565	16,928	18,939	21,588	23,647	27,336	31,391	34,027	37,916	41,337	48,278	56,893
29	14,256	17,708	19,768	22,475	24,577	28,336	32,461	35,139	39,087	42,557	49,588	58,302
30	14,953	18,493	20,599	23,364	25,508	29,336	33,530	36,250	40,256	43,773	50,892	59,703

(Sumber: Triatmodjo, 2019)

Lampiran 2 Langkah-Langkah Delineasi *Catchment Area*

1. Siapkan data yang dibutuhkan, yaitu data Peta RBI yang telah diunduh dan dilakukan *georeference* sebelumnya sesuai koordinat DTA penelitian.
2. Buka *software* ArcGIS dan tentukan *output* penyimpanan *database*-nya.



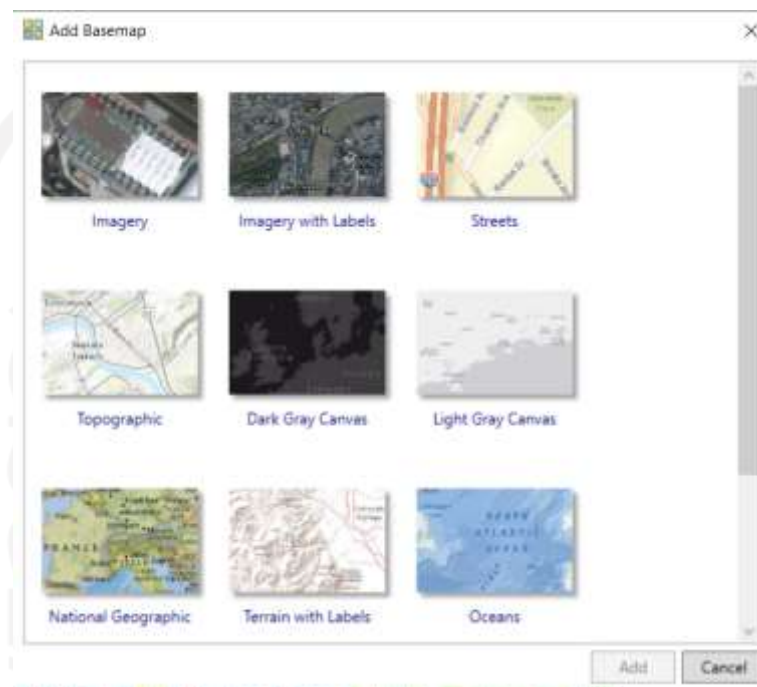
Gambar L-2.1 Tampilan Windows New Document pada ArcGIS
(Sumber: Hasil Analisis)

3. Atur koordinat sesuai dengan koordinat Kota Magelang (49S) pada *data frame properties* setelah klik kanan pada *layers* dan klik *properties*.



Gambar L-2.2 Tampilan Data Frame Properties
(Sumber: Hasil Analisis)

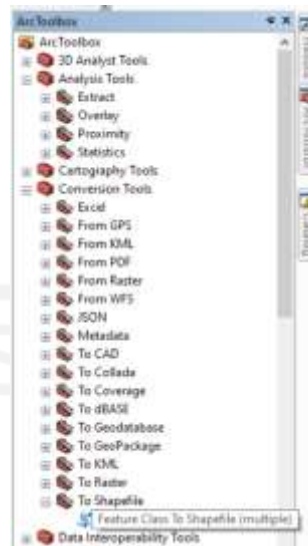
4. Tentukan batas-batas *catchment* berdasarkan sungai-sungai kecil, jalan primer, dan elevasi kontur yang dapat dilihat pada peta RBI yang telah disiapkan sebelumnya atau dengan menambahkan opsi “*add basemap*” pada menu *toolbar* di *software* ArcGIS.



Gambar L-2.3 Tampilan Interface Add Basemap

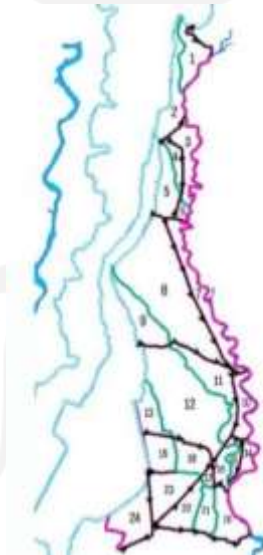
(Sumber: Hasil Analisis)

5. Gambar menggunakan *rectangle* yang tersedia pada *toolbar* untuk membuat *catchment* 1 dan lainnya. Setelah masing-masing *catchment* telah digambar, pilih *convert graphics to features* pada *tool drawing*.
6. Klik gambar poligon yang telah dibuat, kemudian pada menu *Arc Toolbox* pilih *feature class to shapefile* untuk mengespor gambar tersebut dengan *format file .shp*.



Gambar L-2.4 Tampilan Arc Toolbox
(Sumber: Hasil Analisis)

7. Tambahkan detail sesuai gambar yang dibutuhkan seperti gambar di bawah ini. Gambar juga rencana aliran yang akan digunakan sebagai acuan dalam perhitungan estimasi dimensi setelah melakukan analisis tutupan lahan nantinya.



Gambar L-2.5 Hasil Delineasi *Catchment Area*
(Sumber: Hasil Analisis)

8. Klik kanan pada *layer catchment area* kemudian klik *open attribute table* untuk melihat luas setiap *catchment area* yang telah dibuat.

FID	Shape *	Area km2	Area ha	No
12	Polygon	0,240067	24,006705	1
19	Polygon	0,177283	17,728272	10
18	Polygon	0,365148	36,514842	11
16	Polygon	1,065494	106,549394	12
3	Polygon	0,189071	18,907141	13
9	Polygon	0,098299	9,829866	14
22	Polygon	0,074072	7,407215	15
15	Polygon	0,123497	12,349704	16
8	Polygon	0,041179	4,117908	17
14	Polygon	0,193447	19,344713	18
2	Polygon	0,211744	21,174425	19
13	Polygon	0,285627	28,56274	2
0	Polygon	0,233487	23,348742	20
21	Polygon	0,155087	15,508739	21
17	Polygon	0,231596	23,159562	22
5	Polygon	0,309805	30,980543	23
4	Polygon	0,328315	32,831542	24
10	Polygon	0,241897	24,189736	3
7	Polygon	0,098312	9,831186	4
1	Polygon	0,238795	23,879489	5
6	Polygon	0,045352	4,535201	6
23	Polygon	0,395169	39,516882	7
11	Polygon	1,28733	128,732972	8
20	Polygon	0,302574	30,25745	9

Gambar L-2.6 Luas Masing-Masing Catchment Area
(Sumber: Hasil Analisis)

Lampiran 3 Langkah-Langkah Klasifikasi Tutupan Lahan

1. Siapkan data raster Kota Magelang tahun 2013, 2015, dan 2017 yang telah diunduh dari website <https://earthexplorer.usgs.gov/> .
2. Buka software ArcGIS, tentukan output penyimpanan database, kemudian atur titik koordinat sesuai dengan titik koordinat Kota Magelang sebagaimana yang telah dilakukan pada deliniasi *catchment area*.
3. Masukkan data raster dengan cara klik “add data” pada toolbar ArcGIS.
4. Gabungkan data raster menggunakan tool Composite Bands pada pilihan menu *Arc Toolbox*.



Gambar L-3.1 Hasil Composite Bands Kota Magelang Tahun 2013

(Sumber: Hasil Analisis)

5. Hasil *composite bands* dilakukan proyeksi menggunakan tool *Project Raster* pada menu *Arc Toolbox*.

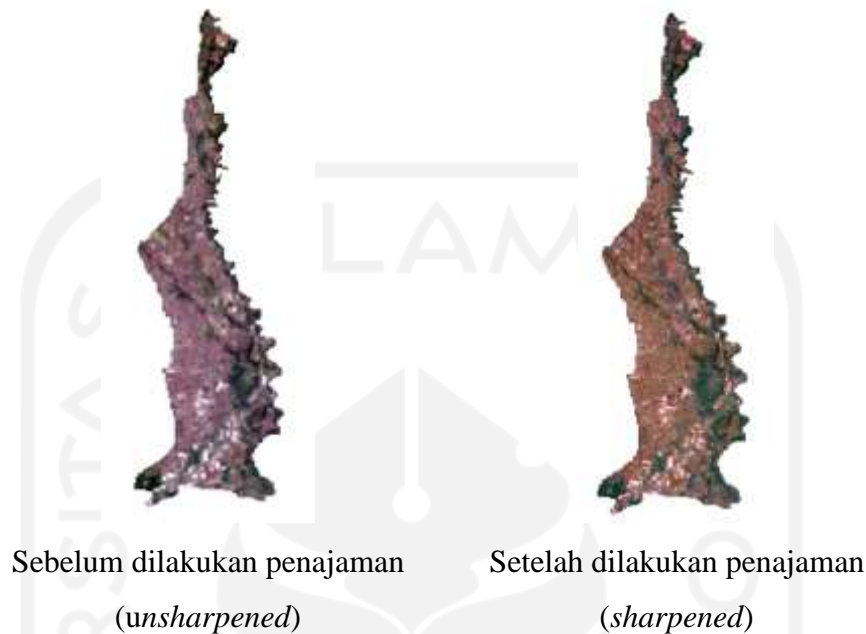


Gambar L-3.2 Hasil Projected Raster Kota Magelang Tahun 2013

(Sumber: Hasil Analisis)

6. Masukkan data DTA/*catchment area* format *.shp* dan *clip* data raster hasil proyeksi. Jika hasil *clip* kurang terlihat jelas, maka data raster dapat dipertajam

dengan menggunakan *tool Create Pan-sharpened Raster Dataset* pada menu *Arc Toolbox*.



Gambar L-3.3 Perbandingan Hasil Clip Data Raster Sesuai DTA Penelitian Tanpa Penajaman dan Dengan Penajaman

(Sumber: Hasil Analisis)

7. Hasil penajaman data raster dilakukan klasifikasi tutupan lahan menggunakan *tool Iso Cluster Unsupervised Classification* pada menu *Classification* yang tersedia di *toolbar*. Untuk mengetahui luas masing-masing klasifikasi tutupan lahan, klik *Dissolve* pada menu *Geoprocessing*. Kemudian edit keterangan hasil klasifikasi sehingga didapatkan tampilan seperti Gambar 5.10 hingga 5.12.

Lampiran 4 Rekapitulasi Debit Banjir Rencana Kala Ulang 10 Tahun

Tabel L-4.1 Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir Rencana Tahun 2013

<i>Catchment Area</i>	C	I (mm/jam)	A (Ha)	Q (m ³ /s)
1	0,214	54,922	24,007	0,786
2	0,277	52,557	28,563	1,157
3	0,250	54,816	24,190	0,922
4	0,361	68,861	9,831	0,679
5	0,381	54,996	23,880	1,393
6	0,355	83,771	4,535	0,375
7	0,285	48,407	39,517	1,513
8	0,415	35,890	128,733	5,324
9	0,450	51,795	30,257	1,959
10	0,284	59,306	17,728	0,831
11	0,347	49,386	36,515	1,737
12	0,264	37,652	106,549	2,939
13	0,297	58,347	18,907	0,910
14	0,180	68,863	9,830	0,338
15	0,191	73,981	7,407	0,291
16	0,184	64,995	12,350	0,411
17	0,283	85,845	4,118	0,278
18	0,290	58,010	19,345	0,904
19	0,290	56,697	21,174	0,969
20	0,167	55,310	23,349	0,599
21	0,088	50,735	32,832	0,406
22	0,318	55,424	23,160	1,134
23	0,269	51,486	30,981	1,193
24	0,235	50,735	32,832	1,086

Tabel L-4.2 Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir Rencana Tahun 2015

<i>Catchment Area</i>	C	I (mm/jam)	A (Ha)	Q (m ³ /s)
1	0,222	54,922	24,007	0,815
2	0,280	52,557	28,563	1,167
3	0,259	54,816	24,190	0,953
4	0,360	68,861	9,831	0,678
5	0,384	54,996	23,880	1,401
6	0,353	83,771	4,535	0,373
7	0,283	48,407	39,517	1,507
8	0,415	35,890	128,733	5,324
9	0,445	51,795	30,257	1,938
10	0,283	59,306	17,728	0,827
11	0,347	49,386	36,515	1,739
12	0,264	37,652	106,549	2,944
13	0,297	58,347	18,907	0,911
14	0,183	68,863	9,830	0,344
15	0,195	73,981	7,407	0,298
16	0,185	64,995	12,350	0,413
17	0,291	85,845	4,118	0,286
18	0,294	58,010	19,345	0,917
19	0,289	56,697	21,174	0,965
20	0,169	55,310	23,349	0,607
21	0,090	50,735	32,832	0,419
22	0,315	55,424	23,160	1,124
23	0,265	51,486	30,981	1,175
24	0,231	50,735	32,832	1,071



Tabel L-4.3 Rekapitulasi Perhitungan Debit Banjir Rencana Tahun 2017


<i>Catchment Area</i>	C	I (mm/jam)	A (Ha)	Q (m ³ /s)
1	0,221	54,922	24,007	0,812
2	0,280	52,557	28,563	1,169
3	0,281	54,816	24,190	1,037
4	0,359	68,861	9,831	0,675
5	0,379	54,996	23,880	1,385
6	0,357	83,771	4,535	0,377
7	0,285	48,407	39,517	1,514
8	0,414	35,890	128,733	5,318
9	0,449	51,795	30,257	1,956
10	0,283	59,306	17,728	0,827
11	0,345	49,386	36,515	1,731
12	0,265	37,652	106,549	2,956
13	0,298	58,347	18,907	0,915
14	0,181	68,863	9,830	0,341
15	0,195	73,981	7,407	0,297
16	0,186	64,995	12,350	0,415
17	0,294	85,845	4,118	0,289
18	0,294	58,010	19,345	0,916
19	0,290	56,697	21,174	0,967
20	0,166	55,310	23,349	0,598
21	0,090	50,735	32,832	0,415
22	0,318	55,424	23,160	1,136
23	0,269	51,486	30,981	1,194
24	0,236	50,735	32,832	1,094

Lampiran 5 Brosur Dantosan PreCon Perkasa Tipe *U-Ditch* (Saluran Terbuka)



U-DITCH SMALL



DETAIL U-DITCH

DETAIL DIMENSI

TYPE		Lebar Wo (mm)	Tinggi H (mm)	t ₀ (mm)	t ₁ (mm)	t ₂ (mm)	L (mm)	Berat (kg/pcs)
U-Ditch 300	300x300	294	300	49	56	45	1200	173
	300x400	300	400	45	56	45	1200	204
	300x500	306	500	53	67	55	1200	273
	300x600	312	600	50	67	55	1200	313
U-Ditch 400	400x400	400	400	45	55	55	1200	233
	400x500	395	500	58	70	65	1200	322
	400x600	400	600	55	70	65	1200	365
U-Ditch 500	500x500	500	500	50	63	63	1200	319
	500x600	495	600	58	73	65	1200	403
	500x700	500	700	55	73	65	1200	445
	500x800	500	800	115	135	135	1200	991
	500x1000	510	1000	110	135	135	1200	1134
U-Ditch 600	600x600	600	600	55	70	70	1200	416
	600x700	595	700	58	75	75	1200	477
	600x800	600	800	55	75	75	1200	522
	600x1000	610	1000	110	135	135	1200	1177
	600x1200	620	1200	105	135	135	1200	1316
U-Ditch 800	800x800	800	800	55	75	75	1200	597
	800x900	795	900	67	90	90	1200	734
	800x1000	800	1000	65	90	90	1200	789
	800x1200	810	1200	92	130	110	1200	1259
	800x1500	826	1500	100	130	110	1200	1444
Toleransi		±6	±6	±6	±6	±6	±15	±5%

SPESIFIKASI MATERIAL

Mutu Beton:

- K-400 (Wet Cast) & K-450 (Dry Cast)

Besi Tulangan:

- Hard Drawn Deformed Wire
- Besi U-50, fy = 5000kg/cm²

For further Technical assistance please contact our engineers

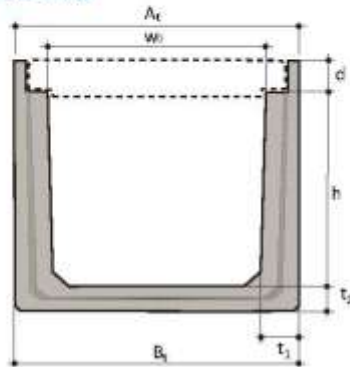
4
PT Dantosan Precon Perkasa | U-Ditch | Detail Product

Gambar L-5.1 Dimensi *U-Ditch Small*



U-DITCH DECKER

DETAIL U-DITCH



DETAIL DIMENSI

TYPE II	W _i [mm]	h [mm]	d [mm]	t ₁ [mm]	t ₂ [mm]	A _t [mm]	B _t [mm]	(L)	Prakiraan (Berat / pcs (kg)	
U-DITCH DECKER	400	400	400	120	100	620	620	1200	567	
		500	120	100	620	620	636			
		600	120	100	620	620	692			
	500	500	500	130	130	110	735	735	1200	737
			600		130	110	735	735		813
			700		130	110	735	735		886
	600	600	400	140	133	120	836	836	1200	737
			500		133	120	836	836		817
			600		133	120	836	836		891
			700		133	120	836	836		967
	800	800	600	150	150	150	1060	1060	1200	1041
			700		150	150	1060	1060		1158
800			150		150	1060	1060	1245		
900			150		150	1060	1060	1330		
1000	1000	600	150	160	160	1290	1290	1200	1414	
		700		160	160	1290	1290		1429	
		800		160	160	1290	1290		1526	
		900		160	160	1290	1290		1614	
		1000		160	160	1290	1290		1708	
		1000		160	160	1290	1290		1801	
Toleransi			±6	±6	±6	±6	±6	±15	±5%	

U-Ditch Decker atau U-Ditch crossing digunakan untuk keperluan crossing jalan raya dengan design beban gandar 15 sampai dengan 22.5 ton.

Kapasitas beban (uj) sesuai dengan AS 1597 part 1&2.

SPESIFIKASI TEKNIS

Sistem Produksi:

- Wet Cast (Self Consolidating Concrete)
- Dry Cast (Automatic Egg Laying Machine)

Sistem Sambungan:

- Male - Female dan dengan Mortar Semen

Desain Beban:

- Beban tanah lateral
- Tekanan Hidrostatik Air
- Panjang efektif 1.2m dan 2.4m

SPESIFIKASI MATERIAL

Mutu Beton:

- K-400 (Wet Cast) & K-450 (Dry Cast)

Besi Tulangan:

- Hard Drawn Deformed Wire
- Besi U-50, f_y = 5000kg/cm²

CATATAN

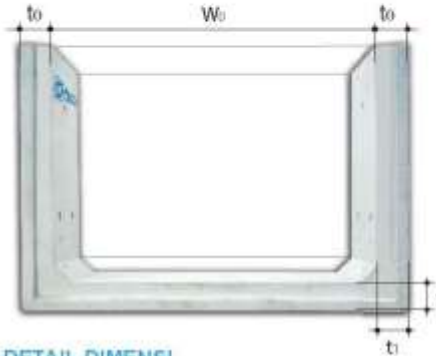
Tersedia U-Ditch Decker dengan desain penebalan dinding dibagian dudukan cover.

For Further Technical assistance please contact our engineers

Gambar L-5.2 Dimensi U-Ditch Decker



DETAIL U-DITCH



U-DITCH LARGE

SPESIFIKASI TEKNIS

- Sistem Produksi:
- Wet Cast (Self Consolidating Concrete)
 - Dry Cast (Mammot / Jumbo Machine)
- Sistem Sambungan:
- Male - Female dan dengan Mortar Semen
- Desain Beban:
- Beban tanah lateral
 - Tekanan Hidrostatik Air
 - Beban lateral kendaraan dengan jarak 0.5H atau 0.5m (diambil yang terbesar)
 - Panjang efektif 1.2m dan 2.4m

SPESIFIKASI MATERIAL

- Mutu Beton:
- K-400 (Wet Cast)
 - K-450 (Dry Cast)
- Besi Tulangan:
- Hard Drawn Deformed Wire
 - Besi U-50, fy = 5000kg/cm2

DETAIL DIMENSI

TIPE	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	t ₀ (mm)	t ₁ (mm)	t ₂ (mm)	L (mm)	Berat (kg)	
U-Ditch 1000	1000x1000	1000	1000	85	104	104	1200	1098
	1000x1200		1200	80	104	104	1200	1194
	1000x1300		1300	100	126	126	1200	1515
	1000x1600		1600	95	126	126	1200	1835
	1000x1800		1800	93	126	126	1200	1894
U-Ditch 1200	1200x1000	1200	1000	69	108	108	1200	1207
	1200x1200		1200	84	108	108	1200	1311
	1200x1300		1300	82	108	108	1200	1353
	1200x1600		1600	102	133	133	1200	1821
	1200x1800		1800	100	133	133	1200	1879
U-Ditch 1400	1400x1200	1400	1200	128	152	152	1200	2041
	1400x1400		1400	123	152	152	1200	2125
	1400x1800		1800	119	152	152	1200	2275
	1400x1800		1800	114	152	152	1200	4315
	1400x2000		2000	118	160	160	1200	3014
Toleransi	±0.6	±0.6	±0.6	±0.6	±0.6	±0.6	±0.6%	

DETAIL DIMENSI

TIPE	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	t ₀ (mm)	t ₁ (mm)	t ₂ (mm)	L (mm)	Berat (kg)	
U-Ditch 1600	1600x1200	1600	1200	132	156	156	1200	2202
	1600x1400		1400	127	156	156	1200	2294
	1600x1600		1600	123	156	156	1200	2456
	1600x1800		1800	122	160	160	1200	2664
	1600x2000		2000	118	160	160	1200	3125
U-Ditch 1800	1800x1400	1800	1400	131	160	160	1200	2523
	1800x1600		1600	127	160	160	1200	2633
	1800x1800		1800	122	160	160	1200	2795
	1800x2000		2000	118	160	160	1200	2928
	1800x2000		2000	118	160	160	1200	2928
U-Ditch 2000	2000x1500	2000	1500	129	160	160	1200	2605
	2000x1600		1600	127	160	160	1200	2742
	2000x1800		1800	122	160	160	1200	2843
	2000x2000		2000	118	160	160	1200	3041
	2000x2000		2000	118	160	160	1200	3041
U-Ditch 2100	2100x1500	2100	1500	152	196	196	1200	3377
	2100x1600		1600	149	196	196	1200	3476
	2100x1800		1800	142	196	196	1200	3660
	2100x2000		2000	136	196	196	1200	3842
	2100x2100		2100	133	196	196	1200	3919
U-Ditch 2200	2200x1500	2200	1500	126	196	196	1200	4069
	2200x1500		1500	152	196	196	1200	3442
	2200x1600		1600	149	196	196	1200	3540
	2200x1800		1800	142	196	196	1200	3724
	2200x2000		2000	136	196	196	1200	3896
U-Ditch 2300	2300x1500	2300	1500	133	196	196	1200	3984
	2300x1500		1500	152	196	196	1200	3506
	2300x1600		1600	149	196	196	1200	3605
	2300x1800		1800	142	196	196	1200	3788
	2300x2000		2000	136	196	196	1200	3970
U-Ditch 2300	2300x2100	2300	2100	133	196	196	1200	4047
	2300x2300		2300	126	196	196	1200	4197
	2300x2300		2300	126	196	196	1200	4197
	2300x2300		2300	126	196	196	1200	4197
	2300x2300		2300	126	196	196	1200	4197
Toleransi	±0.12	±0.12	±0.6	±0.6	±0.6	±0.15	±0.8%	



For Further Technical assistance please contact our engineers

Gambar L-5.3 Dimensi U-Ditch Large



U-DITCH LARGE

SPESIFIKASI TEKNIS

Sistem Produksi:

- **Wet Cast** (*Self Consolidating Concrete*)
- **Dry Cast** (*Mammut / Jumbo Machine*)

Sistem Sambungan:

- Male - Female dan dengan Mortar Semen

Desain Beban:

- Beban tanah lateral
- Tekanan Hidrostatik Air
- Beban lateral kendaraan dengan jarak 0.5H atau 0.5m (diambil yang terbesar)
- Panjang efektif 1.2m dan 2.4m

SPESIFIKASI MATERIAL

Mutu Beton:

- K-400 (*Wet Cast*)
- K-450 (*Dry Cast*)

Besi Tulangan:

- Hard Drawn Deformed Wire
- Besi U-50, fy = 5000kg/cm²



CATATAN

Tersedia U-Ditch dengan ukuran 3100 - 3400mm, 3600 - 3900mm serta ukuran 4250 - 6000mm (Non Standard).

For further Technical assistance please contact our engineers

TIPE	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	t ₁ (mm)	t ₂ (mm)	t ₃ (mm)	L (mm)	Berat (kg)	
U-Ditch 2400	2400	2400x1500	1500	152	196	196	1200	3570
		2400x1600	1600	149	196	196	1200	3652
		2400x1800	1800	142	196	196	1200	3842
		2400x2000	2000	136	196	196	1200	4006
		2400x2100	2100	133	196	196	1200	4093
		2400x2300	2300	126	196	196	1200	4257
U-Ditch 2500	2500	2500x1500	1500	152	196	196	1200	3634
		2500x1600	1600	149	196	196	1200	3733
		2500x1800	1800	142	196	196	1200	3917
		2500x2000	2000	136	196	196	1200	4091
		2500x2100	2100	133	196	196	1200	4175
		2500x2300	2300	126	196	196	1200	4324
U-Ditch 2600	2600	2600x1500	1500	152	196	196	1200	3696
		2600x1600	1600	149	196	196	1200	3790
		2600x1800	1800	142	196	196	1200	3981
		2600x2000	2000	136	196	196	1200	4152
		2600x2100	2100	133	196	196	1200	4240
		2600x2300	2300	126	196	196	1200	4388
U-Ditch 2700	2700	2700x1500	1500	152	196	196	1200	3763
		2700x1600	1600	149	196	196	1200	3862
		2700x1800	1800	142	196	196	1200	4045
		2700x2000	2000	136	196	196	1200	4216
		2700x2100	2100	133	196	196	1200	4303
		2700x2300	2300	126	196	196	1200	4452
U-Ditch 2900	2900	2900x1500	1500	152	196	196	1200	3822
		2900x1600	1600	149	196	196	1200	3920
		2900x1800	1800	142	196	196	1200	4103
		2900x2000	2000	136	196	196	1200	4274
		2900x2100	2100	133	196	196	1200	4361
		2900x2300	2300	126	196	196	1200	4510
U-Ditch 3000	3000	3000x1500	1500	152	196	196	1200	3889
		3000x1600	1600	149	196	196	1200	3988
		3000x1800	1800	142	196	196	1200	4171
		3000x2000	2000	136	196	196	1200	4342
		3000x2100	2100	133	196	196	1200	4429
		3000x2300	2300	126	196	196	1200	4578
U-Ditch 3500	3500	3500x1600	1600	149	196	196	1200	4055
		3500x1800	1800	142	196	196	1200	4237
		3500x2000	2000	136	196	196	1200	4419
		3500x2100	2100	133	196	196	1200	4495
		3500x2200	2200	130	196	196	1200	4571
		3500x2300	2300	126	196	196	1200	4647
U-Ditch 4000	4000	4000x2000	2000	136	196	196	1200	4356
		4000x2200	2200	130	196	196	1200	4527
		4000x2400	2400	124	196	196	1200	4698
		4000x2600	2600	118	196	196	1200	4869
		4000x2800	2800	112	196	196	1200	5040
		4000x3000	3000	106	196	196	1200	5211
U-Ditch 4250	4250	4250x2500	2500	110	196	196	1200	5382
		4250x2750	2750	104	196	196	1200	5553
		4250x3000	3000	98	196	196	1200	5724
		4250x3250	3250	92	196	196	1200	5895
		4250x3500	3500	86	196	196	1200	6066
		4250x3750	3750	80	196	196	1200	6237
U-Ditch 4500	4500	4500x3000	3000	86	196	196	1200	6408
		4500x3250	3250	80	196	196	1200	6579
		4500x3500	3500	74	196	196	1200	6750
		4500x3750	3750	68	196	196	1200	6921
		4500x4000	4000	62	196	196	1200	7092
		4500x4250	4250	56	196	196	1200	7263
Toleransi	±12	±12	±6	±6	±6	±15	±5%	

Lanjutan Gambar L-5.3 Dimensi U-Ditch Large



COVER U-DITCH

Tipe coak (standard)



Tipe polos



Tipe lubang



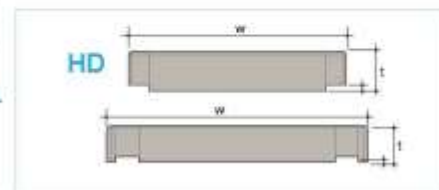
LD (Light Duty)

TYPE Cover U-Ditch	Lebar Minimal (mm)	Lebar Total (mm)	t (mm)	Pasang Elevat	Berat (kg)
300x600	300	430	60	600	36
400x600	400	530	60	600	60
500x600	500	630	60	600	72
600x600	600	730	60	600	108
800x600	800	950	100	600	136
1000x600	1000	1180	120	600	207
1200x600	1200	1400	120	600	247
1400x600	1400	1680	140	600	346
1500x600	1500	1774	140	600	365
1800x600	1800	1868	140	600	368
1800x600	1800	2096	150	600	464
2000x600	2000	2284	165	600	559
2100x1200	2100	2442	175	1200	1262
2200x1200	2200	2542	175	1200	1314
2300x1200	2300	2642	190	1200	1464
2400x1200	2400	2742	300	1200	1623
2500x1200	2500	2942	300	1200	1767
Toleransi	±4%	±4%	±4%	±4/±5	±4/±5%



HD (Heavy Duty)

TYPE Cover U-Ditch	Lebar Minimal (mm)	Lebar Total (mm)	t (mm)	Pasang Elevat	Berat (kg)
300x600	300	430	300	600	59
400x600	400	530	320	600	90
500x600	500	630	330	600	117
600x600	600	730	340	600	147
800x600	800	950	350	600	207
1000x600	1000	1180	360	600	258
1200x600	1200	1400	360	600	327
1400x1200	1400	1870	380	1200	997
1500x1200	1500	1964	390	1200	1155
1600x1200	1600	2092	390	1200	1250
1800x1200	1800	2302	410	1200	1421
2000x1200	2000	2500	420	1200	1697
2100x1200	2100	2634	440	1200	1863
2200x1200	2200	2734	440	1200	1934
2300x1200	2300	2834	455	1200	2133
2400x1200	2400	2934	470	1200	2340
2500x1200	2500	3034	480	1200	2511
2600x1200	2600	3212	300	1200	2947
2700x1200	2700	3312	310	1200	3045
2900x1200	2900	3512	330	1200	3429
3000x1200	3000	3692	330	1200	3611
3100x1200	3100	3792	345	1200	3883
Toleransi	±4%	±4%	±4%	±4/±5	±4/±5%



Beban Uji	HD	LD
Beban Retak	> 9T	> 2T
Beban Ultimate	> 15T	> 4T

Penggunaan Cover yang difungsikan untuk menahan beban kendaraan baik kendaraan ringan maupun berat, perlu perlakuan khusus seperti yang dijelaskan dalam Rekomendasi Instalasi Cover.

Penggunaan	HD	LD
Pedestrian	✓	✓
Beban Gandar	22.5T	5T
Kedalaman Timbunan	0 - 3m	0 - 1.5m

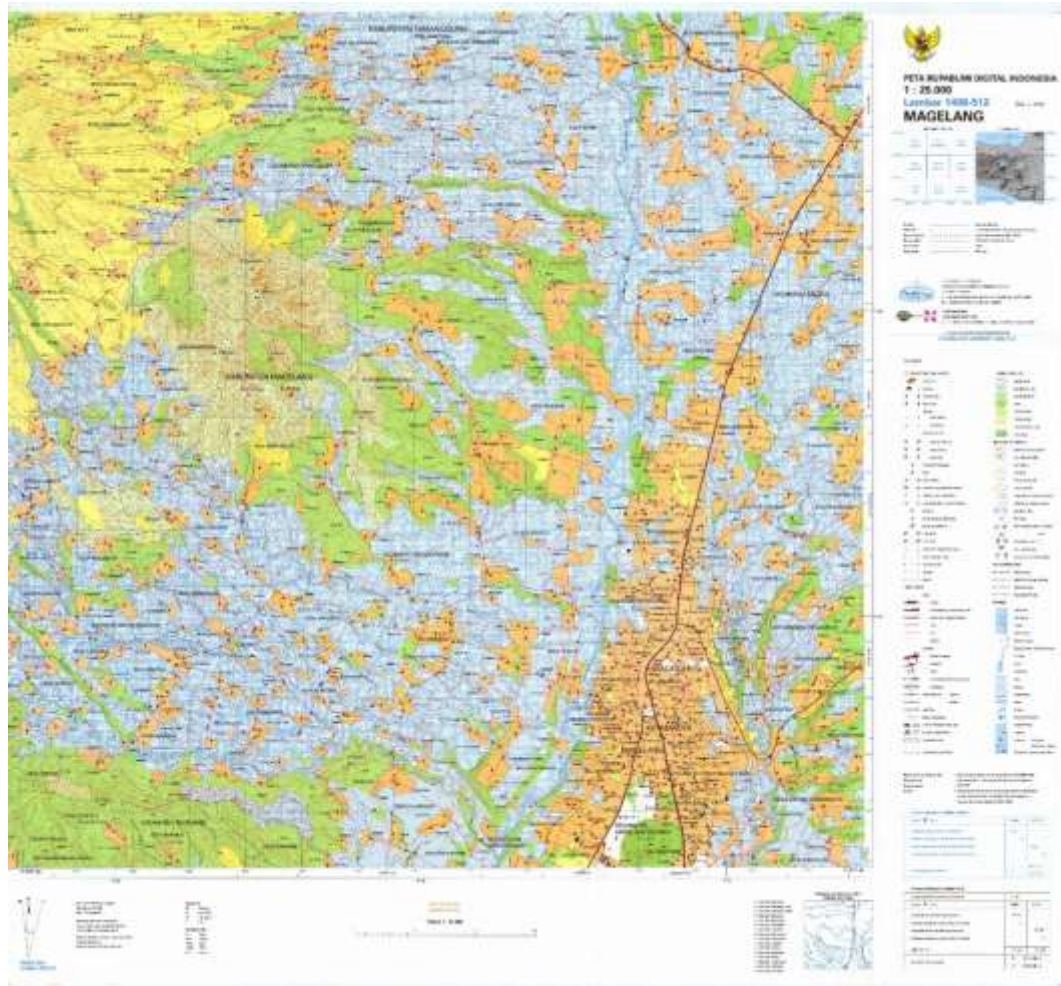
SPESIFIKASI MATERIAL

- Mutu Beton:
- K-400 (Wet Cast)
 - K-450 (Dry Cast)
- Besi Tulangan:
- Hard Drawn Deformed Wire
 - Besi U-50, $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$

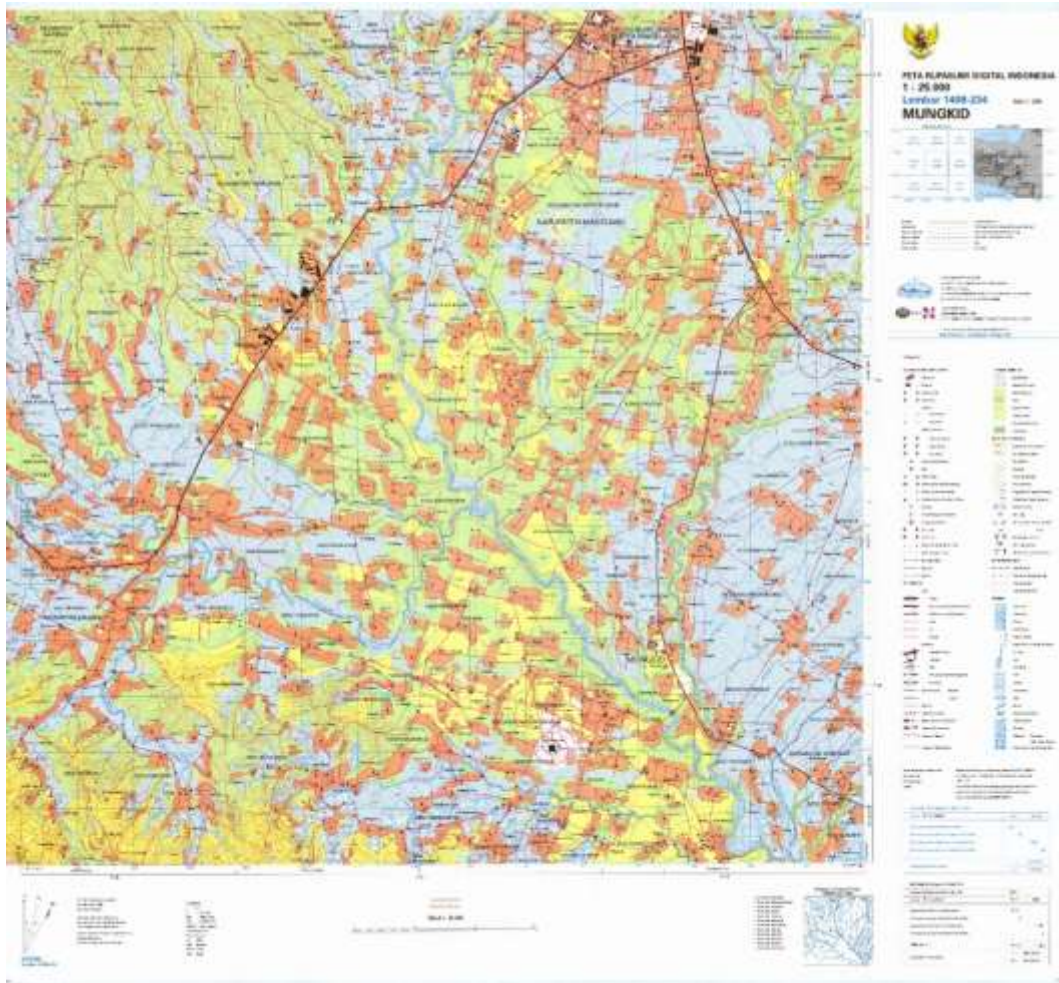
For further technical assistance please contact our engineers

Detail Product : Cover U-Ditch | PT Diantasan Precon Perkasa

Gambar L-5.4 Dimensi Cover U-Ditch

Lampiran 6 Peta Rupabumi Indonesia (RBI)**Gambar L-6.1 Peta Rupabumi Indonesia (RBI) Magelang**

الجمهورية الإسلامية اندونيسية



Gambar L-6.2 Peta Rupabumi Indonesia (RBI) Mungkid

الجمهورية الإسلامية اندونيسية

