

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISIS DEBIT BANJIR AKIBAT PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN KOTA MAGELANG WILAYAH BARAT SALURAN IRIGASI PROGO MANGGIS (*ANALYSIS OF FLOOD DISCHARGE AS A RESULT OF LAND USE ALTERNATION IN WEST REGION OF PROGO MANGGIS IRRIGATION CHANNEL MAGELANG*)**

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



**Gita Dwi Marsha  
17511159**

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

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS DEBIT BANJIR AKIBAT PERUBAHAN  
TATA GUNA LAHAN KOTA MAGELANG WILAYAH  
BARAT SALURAN IRIGASI PROGO MANGGIS  
(ANALYSIS OF FLOOD DISCHARGE AS A RESULT OF  
ALTERNATION OF LAND USE IN MAGELANG CITY  
WEST REGION PROGO MANGGIS IRRIGATION  
CHANNEL)**

Disusun oleh

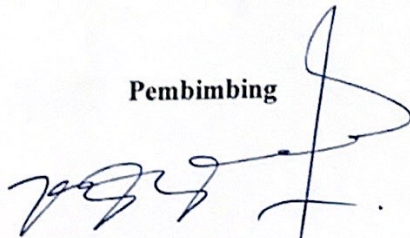
**Gita Dwi Marsha  
17511159**

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

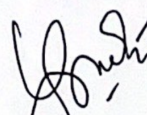
Diuji pada tanggal 15 Juli 2022

Oleh Dewan Penguji

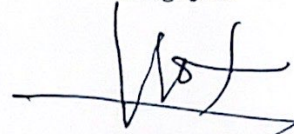
**Pembimbing**

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

**Penguji I**

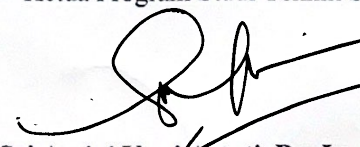
  
**Ir. Bambang Sulistiono, MSCE.**  
NIK : 805110201

**Penguji II**

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

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

  
**Sri Amini Yuni Astuti, Dr. Ir., M.T.**  
NIK : 885110101



## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bawah laporan Tugas Akhir yang Saya susun merupakan syarat untuk menyelesaikan program studi 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 asil 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 haisil 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, 15 Juli 2022  
Yang membuat pernyataan,



Gita Dwi Marsha  
(17511159)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena atas rida-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Analisis Debit Banjir Akibat Perubahan Tata Guna Lahan Kota Magelang Wilayah Barat Saluran Irigasi Progo Manggis. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Tugas Akhir merupakan salah satu tugas berat yang saya hadapi selama berada di bangku kuliah. Namun berkat kritik, saran, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah tugas akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, saya ingin mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Ir. H. Nasrul Tanjung, Dipl. SE. dan Almarhumah Ibu Hj. Sudah Djumlie selaku papa dan mama yang sudah banyak berkorban baik secara material maupun spiritual.
2. Bapak Pradipta Nandi Wardhana, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing.
3. Erwin Nugraha selaku kakak yang selalu memberikan semangat.
4. Saudari Kintan Amanda selaku sahabat yang selalu menemani dalam menghadapi suka duka perkuliahan sampai dengan tugas akhir.
5. Pihak lainnya yang secara tidak langsung membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 15 Juli 2022

Penulis

Gita Dwi Marsha

17511159

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Masalah	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Umum	4
2.2 Penelitian terdahulu	4
2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu	18
BAB III LANDASAN TEORI	22
3.1 <i>Catchment Area</i>	22
3.2 Hujan Kawasan	27
3.3 Analisis Frekuensi	27
3.3.1 Prinsip Statistik	28
3.3.2 Periode Ulang	29
3.4 Uji Keselarasan Distribusi	32
3.4.1 Metode <i>Chi-Square</i>	32
3.4.2 Uji Smirnov-Kolmogorov	34
3.5 Analisa Debit Banjir	35

3.5.1 Intensitas Hujan Harian	36
3.5.2 Waktu Konsentrasi	37
3.6 Tata Guna Lahan	37
3.7 Penginderaan Jarak Jauh	38
3.7.1 Peta Rupa Bumi	38
3.7.2 Citra Satelit Landsat	38
3.8 Analisa Hidrolika	39
3.8.1 Saluran Drainase	39
3.8.2 Kecepatan Aliran	40
3.8.3 Koefisien kekasaran (n)	40
3.8.4 Tinggi Jagaan ( <i>Freeboard</i> )	41
3.8.5 Bangunan Terjun	41
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>43</b>
4.1 Tinjauan Umum	43
4.2 Data Penelitian	43
4.3 Tahapan Penelitian	44
4.3.1 Tahapan Pengumpulan Data	44
4.3.2 Tahapan Pengolahan Data	44
4.3.3 Tahapan Pembahasan dan Pelaporan	45
4.4 Bagan Alir Penelitian	45
<b>BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	<b>49</b>
5.1 Hujan Kawasan	49
5.2 Analisis Frekuensi	48
5.2.1 Analisis Frekuensi Curah Hujan Kawasan	48
5.2.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan Kawasan dalam Nilai Logaritma	51
5.3 Uji Keselarasan Distribusi	52
5.4.1 Uji Chi Square	53
5.4.2 Uji Smirnov Kolmogrov	55
5.4.3 Jenis Distribusi	55
5.4 Hujan Rencana	55
5.4 <i>Catchment Area</i>	56
5.6 Intensitas Hujan	58
5.7 Analisis Tata Guna Lahan	60

5.8 Analisis Debit Banjir	75
5.8 Analisis Rencana Tata Ruang Wilayah	76
5.9 Perbandingan Debit Tahun 2019 dan RTRW	82
5.10 Perencanaan Saluran	83
5.11 Perencanaan Jumlah Bangunan Terjun	91
5.12 Pembahasan	92
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	98
4.5 Kesimpulan	98
4.6 Saran	98
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	xiv
<b>LAMPIRAN</b>	xvi



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Tata Guna Lahan DAS Malalayang	5
Tabel 2.2 Nilai Koefisien Limpasan ( c )	9
Tabel 2.3 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana	10
Tabel 2.4 Debit Banjir untuk Berbagai Kala Ulang Berdasarkan Analisis Statistik AWLR Tahun 1990-2012	10
Tabel 2.5 Hasil Debit Puncak Banjir Rencana Dengan Input Data Hujan Jam-Jaman Durasi 3 Jam	11
Tabel 2.6 Hasil Debit Puncak Banjir Rencana Dengan Input Data Hujan Jam-Jaman Durasi 12 Jam	11
Tabel 2.7 Hasil Debit Puncak Banjir Rencana Dengan Input Data Hujan Jam-Jaman Durasi 18 Jam	11
Tabel 2.8 Peningkatan Debit Puncak Banjir	12
Tabel 2.9 Debit Banjir Tr	15
Tabel 2.10 Perbandingan Penelitian Terdahulu	20
Tabel 3.1 Tabel Syarat Penentuan Distribusi	29
Tabel 3.2 Harga G Untuk Distribusi Log Pearson III	30
Tabel 5.1 Hujan Kawasan	48
Tabel 5.2 Tabel Perhitungan Analisis Frekuensi Curah Hujan Kawasan	49
Tabel 5.3 Parameter Statistik Jenis Distribusi	50
Tabel 5.4 Tabel Urutan Data	52
Tabel 5.5 Tabel Penentuan Interval Kelas	54
Tabel 5.6 Hasil Uji Chi Square Metode Log Pearson III	54
Tabel 5.7 Hasil Uji Smirnov Kolmogrov	55
Tabel 5.8 Luas <i>Catchment</i>	58
Tabel 5.9 Intensitas Hujan Kala Ulang	59
Tabel 5.10 Luas Klasifikasi pada <i>Catchment</i>	64
Tabel 5.11 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 1	66
Tabel 5.12 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 2	67
Tabel 5.13 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 3	67



Tabel 5.14 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 4	67
Tabel 5.15 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 5	68
Tabel 5.16 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 6	68
Tabel 5.17 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 7	68
Tabel 5.18 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 8	69
Tabel 5.19 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 9	69
Tabel 5.20 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 10	69
Tabel 5.21 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 11	70
Tabel 5.22 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 12	70
Tabel 5.23 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 13	70
Tabel 5.24 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 14	71
Tabel 5.25 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 15	71
Tabel 5.26 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 16	71
Tabel 5.27 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 17	72
Tabel 5.28 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 18	72
Tabel 5.29 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 19	72
Tabel 5.30 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 20	73
Tabel 5.31 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 21	73
Tabel 5.32 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 22	73
Tabel 5.33 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 23	74
Tabel 5.34 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 24	74
Tabel 5.35 Perbandingan Luas Klasifikasi <i>Catchment</i> 25	74
Tabel 5.36 Debit Banjir	75
Tabel 5.37 Luas Klasifikasi pada <i>Catchment</i> RTRW	77
Tabel 5.38 Debit Banjir RTRW	81
Tabel 5.39 Perbandingan Debit Banjir Tahun 2019 dan RTRW	82
Tabel 5.40 Debit Terbesar	85
Tabel 5.41 Elevasi Saluran	86
Tabel 5.42 Dimensi dan Debit Saluran Rencana	98
Tabel 5.43 Tabel Jumlah Kebutuhan Bangunan Terjun	92
Tabel 5.45 Perbandingan Debit Limpasan dan Saluran	94

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Administrasi Kota Magelang	2
Gambar 2.1 Lokasi Penelitian DAS Malalayang	5
Gambar 2.2 Wilayah Administrasi DAS Malalayang	5
Gambar 2.3 Grafik Perubahan Tata Guna Lahan	6
Gambar 2.4 Grafik Perbandingan Debit Banjir Berdasarkan Hasil Perhitungan dan Debit Banjir Berdasarkan Hasil Pengukuran Lapangan	7
Gambar 2.5 DAS Ayung	8
Gambar 2.6 Peningkatan Debit Puncak Banjir	12
Gambar 2.7 Debit Puncak Banjir yang dihitung dengan scenario tutupan lahan berbeda untuk Yanhe (kiri) dan Guangyuan (kanan)	13
Gambar 2.8 Intensitas curah hujan tahunan rata-rata jangka Panjang di Rwanda	14
Gambar 2.9 Kedalaman limpasan tahunan sebagai respons terhadap penggunaan lahan	14
Gambar 2.10 Penampang Saluran Trapesium	17
Gambar 2.11 Penampang Saluran Persegi	17
Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian	46
Gambar 5.1 Luas Daerah yang Diwakili Oleh Setiap Stasiun Hujan	49
Gambar 5.2 Grafik Regresi Linear	53
Gambar 5.3 <i>Catchment Area</i>	57
Gambar 5.4 Peta Tata Guna Lahan Tahun 2013	61
Gambar 5.5 Peta Tata Guna Lahan Tahun 2016	62
Gambar 5.6 Peta Tata Guna Lahan Tahun 2019	63
Gambar 5.7 Tata Guna Lahan berdasarkan RTRW	77
Gambar 5.8 Peta Rencana Saluran Primer Drainase	84

## ABSTRAK

Perubahan penggunaan lahan di Kota Magelang terjadi setiap tahunnya. Pertumbuhan penduduk secara tidak langsung juga merubah tata guna lahan yang sebelumnya terbuka menjadi lahan terbangun untuk memenuhi kebutuhan. Hal ini mempengaruhi limpasan air yang terjadi karena ketidakmampuan lahan untuk menyerap air akibat berubahnya fungsi lahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui debit banjir yang terjadi akibat perubahan tata guna lahan antara tahun 2013, 2016, dan 2019, mengetahui perbandingan debit banjir tahun 2019 dengan debit berdasarkan RTRW, merencanakan kebutuhan dimensi saluran drainase dan mengetahui jumlah kebutuhan bangunan terjun untuk kemiringan saluran yang digunakan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif yaitu penelitian yang berdasarkan pada data-data. Kemudian, data data tersebut digunakan sebagai acuan dalam menganalisis.

Analisis perubahan tata guna lahan menunjukkan lahan terbangun mengalami peningkatan di semua *catchment area*. Daerah vegetasi mengalami penurunan di semua *catchment*. Sedangkan, daerah lahan kosong di beberapa *catchment* mengalami penurunan hingga 0%. Perencanaan saluran drainase primer menggunakan precast tipe *U-ditch* dan *box culvert* dengan dimensi bervariasi yang menghasilkan kapasitas yang mampu menampung debit limpasan air hujan.

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

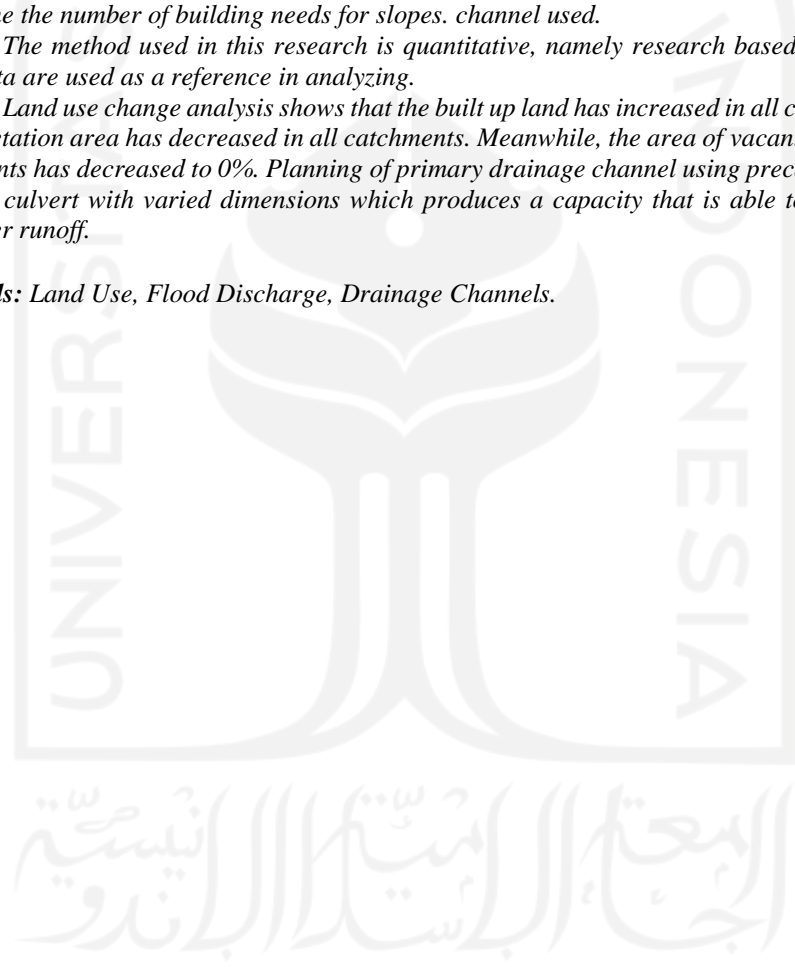
## ABSTRACT

*Changes of land use in Magelang City occur every year. Population growth indirectly also changes land use that was previously open into built-up land to meet needs. This affects water runoff that occurs due to the inability of the land to absorb water due to changes in land function. This study aims to determine changes in land use that occurred between 2013, 2016, and 2019, examine the magnitude of changes in flood discharge, find out the comparison of flood discharge in 2019 with discharge based on the RTRW, plan the dimensions of drainage channel requirements and determine the number of building needs for slopes. channel used.*

*The method used in this research is quantitative, namely research based on data. Then, these data are used as a reference in analyzing.*

*Land use change analysis shows that the built up land has increased in all catchment areas. The vegetation area has decreased in all catchments. Meanwhile, the area of vacant land in several catchments has decreased to 0%. Planning of primary drainage channel using precast type U-ditch and box culvert with varied dimensions which produces a capacity that is able to accommodate rainwater runoff.*

**Keywords:** *Land Use, Flood Discharge, Drainage Channels.*



# **BAB I**

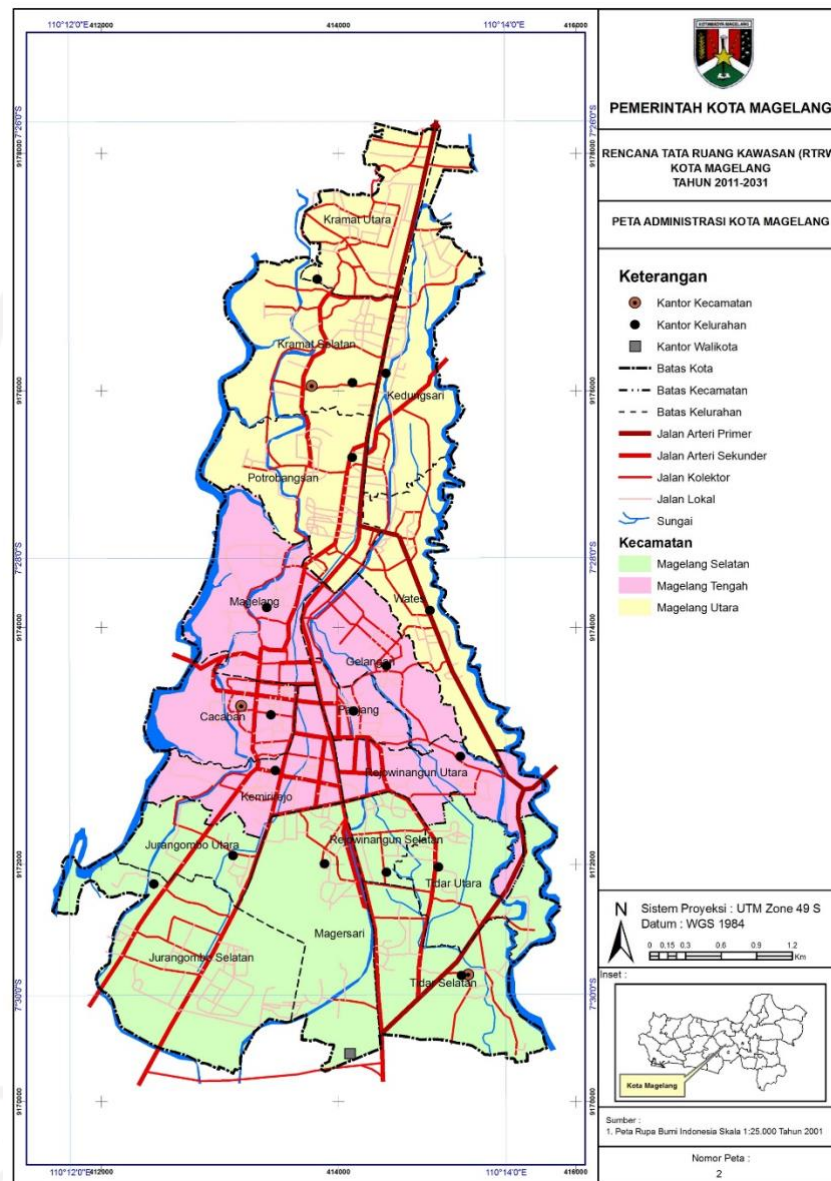
## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia mengalami pertumbuhan laju penduduk setiap tahunnya. Hal itu membuat kebutuhan akan berbagai sektor seperti industri, permukiman, dan jasa ikut meningkat karena digunakan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan. Sering dijumpai terdapat banyak lahan yang beralih fungsi secara tidak terkontrol dikarenakan kebutuhan lahan untuk pembangunan begitu banyak, sementara luas lahan yang tersedia tidak bertambah atau terbatas. Perubahan fungsi lahan tersebut menjadi salah satu faktor yang berpengaruh terhadap peningkatan atau penurunan debit banjir dalam kasus ini terjadi di Kota Magelang.

Kota Magelang secara geografis terletak pada  $110^{\circ} 12' 30'' - 110^{\circ} 12' 52''$  BT dan  $07^{\circ} 26' 28'' - 07^{\circ} 30' 09''$  LS. Secara topografis, kota ini merupakan dataran tinggi dengan lebih dari 380 m di atas permukaan laut. Kota ini juga berada di antara sungai besar yaitu Sungai Elo di sisi timur dan Sungai Progo di sisi barat yang membuat Kota Magelang awalnya merupakan kota yang bebas banjir.

Kota Magelang belum memiliki sistem drainase tersendiri, drainase yang tersedia sekarang merupakan gabungan antara saluran drainase dan saluran irigasi. Meluapnya saluran irigasi Progo Manggis karena peningkatan limpasan hujan membuat terciptanya beberapa titik genangan di berbagai wilayah ketika hujan berlangsung. Sehingga perlu diketahui seberapa besar perubahan debit banjir yang diakibatkan perubahan tata guna lahan dan kebutuhan saluran drainase yang mampu menampung limpasan air hujan yang terjadi.



**Gambar 1.1 Peta Administrasi Kota Magelang**

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut.

1. Berapa besar perubahan debit banjir yang diakibatkan oleh perubahan tata guna lahan yang terjadi di Kota Magelang dari tahun 2013, 2016, dan 2019?

2. Bagaimana perbandingan debit banjir tahun 2019 dengan debit berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Magelang?
3. Berapakah kebutuhan dimensi saluran drainase primer agar dapat menampung limpasan air hujan?

### **1.3 Tujuan Masalah**

Adapun tujuan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui besar perubahan debit banjir yang terjadi Kota Magelang akibat adanya perubahan tata guna lahan antara tahun 2013, 2016, dan 2019.
2. Mengetahui perbandingan debit banjir tahun 2019 dengan debit berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Magelang.
3. Merencanakan kebutuhan dimensi saluran drainase agar debit limpasan air hujan dapat ditampung.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini nantinya diharapkan dapat memberikan informasi bagi badan perencanaan pembangunan daerah setempat sebagai acuan dalam pemaksimalan serta pemanfaatan pada daerah Kota Magelang

### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Wilayah penelitian pada analisis tata guna lahan merupakan wilayah barat Saluran Irigasi Progo Manggis
2. Analisis tata guna lahan dihitung dengan menggunakan *catchment area* sebagai batasan wilayah.
3. Periode waktu analisis perubahan tata guna lahan yang ditentukan adalah dari tahun 2013, 2016, dan 2019.
4. Saluran yang direncanakan merupakan saluran primer.
5. Tidak menghitung dimensi bangunan terjun.
6. Tidak menghitung anggaran biaya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Banjir merupakan suatu kondisi dimana air pada saluran pembuang tidak dapat tertampung atau terjadinya hambatan pada aliran air di dalam saluran pembuangan (Suripin, 2004). Maka, dalam hal ini banjir adalah kejadian luapan air yang diakibatkan berkurangnya daerah resapan bagi air akibat perubahan tata guna lahan yang terjadi di Kota Magelang.

Tata guna lahan (*land use*) merupakan suatu upaya dalam merencanakan penggunaan lahan dalam suatu kawasan yang meliputi pembagian wilayah untuk pengkhususan fungsi-fungsi tertentu, misalnya fungsi pemukiman, perdagangan, industri, dan lain-lain (Plat, 2004). Sehingga dalam hal ini perubahan tata guna lahan didefinisikan sebagai perubahan rencana fungsi lahan sesuai dengan kebutuhan manusia.

#### **2.2 Penelitian terdahulu**

Berikut beberapa penelitian yang berhubungan dengan topik yang diteliti oleh penulis yang digunakan sebagai acuan untuk membantu dalam menyelesaikan kesulitan dalam penelitian.

##### **1. Pengaruh Hubungan Tata Guna Lahan dengan Debit Banjir pada Daerah Aliran Sungai Malalayang**

Halim (2014) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui hubungan antara tata guna lahan dengan debit banjir pada Daerah Aliran Sungai Malalayang yang melintasi Kota Manado. DAS ini memiliki luas 46,33 km<sup>2</sup>, dengan panjang sungai terpanjang 15,6 km. Hulu Sungai Malalayang berada di Kota Tomohon, sedangkan hilirnya berada di Kota Manado. Elevasi tertinggi hulu sugai ada di ketinggian 1172 m diatas permukaan laut, dengan kemiringan sungai 0,065.





**Gambar 2.1 Lokasi Penelitian DAS Malayang**  
(Sumber : Halim, 2014)



**Gambar 2.2 Wilayah Administrasi DAS Malayang**  
(Sumber : Halim, 2014)

Metode yang digunakan adalah dengan metode kuantitatif, dengan langkah studi literatur, pengumpulan data, dan analisis. Data tata guna lahan DAS Malayang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

**Tabel 2.1 Data Tata Guna Lahan DAS Malayang**

Klasifikasi lahan	Luas Lahan (km <sup>2</sup> )			
	2002	2003	2006	2009
Hutan	7,7674	16,3987	10,2844	4,9220

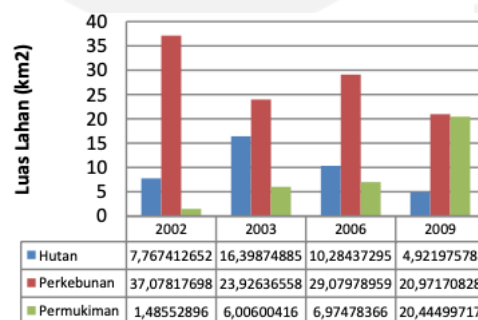
**Lanjutan Tabel 2.1 Data Tata Guna Lahan DAS Malalayang**

Klasifikasi lahan	Luas Lahan (km <sup>2</sup> )			
	2002	2003	2006	2009
Perkebunan	37,0782	23,9264	29,0798	20,9717
Permukiman	1,4855	6,0060	6,9748	20,4450

(Sumber : Halim, 2014)

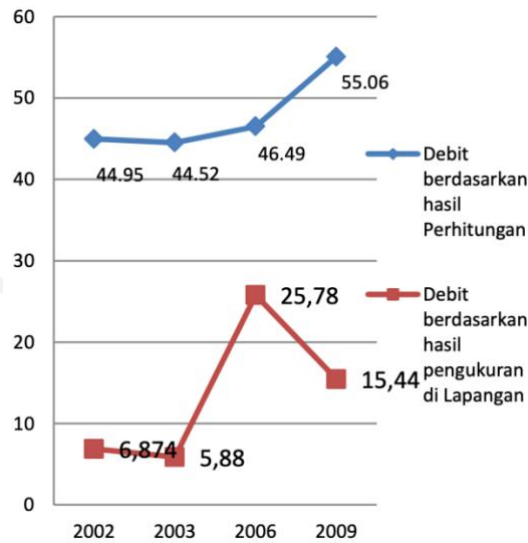
Analisis Hidrologi dimulai dari uji data outlier, menentukan parameter statistik, uji kecocokan antara distribusi data terhadap distribusi teoritis untuk pemilihan tipe distribusi curah hujan. Metode yang digunakan adalah Smirnov-Kolmogorof. Data curah hujan yang digunakan merupakan data curah hujan harian dihitung dengan menentukan intensitas hujan menggunakan rumus Mononobe. Kemudian, menentukan intensitas hujan rencana dengan kala ulang 5, 25, 50, dan 100 tahun untuk menganalisa debit banjir dengan memperhatikan nilai koefisien pengaliran ( C ).

Analisa tata guna lahan DAS Malalayang menunjukkan bahwa perubahan luas lahan sangat variative.

**Gambar 2.3 Grafik Perubahan Tata Guna Lahan**

(Sumber : Halim, 2014)

Hasil perhitungan debit banjir diperoleh menggunakan metode rasional yang menunjukkan penurunan dari tahun 2002 ke tahun 2003 untuk periode ulang 5 tahun, sedangkan kala ulang lainnya mengalami peningkatan. Diketahui bahwa nilai C berpengaruh terhadap hasil debit banjir. Perbandingan debit banjir berdasarkan hasil perhitungan dan pengukuran lapangan adalah sebagai berikut.



**Gambar 2.4 Grafik Perbandingan Debit Banjir Berdasarkan Hasil Perhitungan dan Debit Banjir Berdasarkan Hasil Pengukuran Lapangan**  
(Sumber : Halim, 2014)

Grafik tersebut menunjukkan bahwa pola cenderung memiliki kesamaan kecuali pada tahun 2006 ke tahun 2009. Kemudian, digunakan *analisa multiple regression* sehingga didapatkan angka koefisien korelasi gabungan untuk mengetahui trend linear hubungan tata guna lahan dengan debit banjir. Persamaannya adalah sebagai berikut.

$$y = A + BX_1 + CX_2 + DX_3$$

Dimana,

$y$  = Debit (m<sup>3</sup>)

$X_1$  = Luas lahan permukiman

$X_2$  = Luas lahan perkebunan

$X_3$  = Luas lahan hutan

Sehingga didapatkan trend,

$$y = -23059,97932 + 4,9954779 X_1 + 4,99105X_2 + 4,991676234 X_3$$

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah perubahan luas tata guna lahan pada suatu DAS berpengaruh terhadap nilai koefisien pengaliran rata-rata, dimana jika koefisien tersebut semakin besar maka debit yang dihasilkan semakin besar pula. Kemudian, hasil analisis menunjukkan perubahan tata guna

lahan pada daerah hulu, tidak terlalu signifikan sedangkan pada daerah hilir terjadi perubahan yang cukup besar.

## 2. Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir

Dharma dkk. (2015) melakukan penelitian pada DAS yung yang secara geografis berada di selatan pegunungan yang membatasi Bali Utara dan Bali Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung prosentase perubahan tata guna lahan, menghitung debit banjir, serta menghitung seberapa besar debit banjir yang terjadi pada periode tahun tersebut dan trend hubungan keduanya.



**Gambar 2.5 DAS Ayung**  
(Sumber : Dharma dkk, 2014)

Metode yang digunakan adalah metode rasional dikarenakan persyaratan batasan daerah yang kurang dari 800 Ha atau tangkapan kecil. Namun dalam menghitung waktu konsentrasi karena rumus rasional tidak dapat mendistribusikan waktu ke waktu dari debit puncak dan turun kembali maka perhitungan dilakukan menggunakan waktu konsentrasi ( $T_c$ ). Nilai  $T_c$  dipakai untuk mencari hubungan antara intensitas hujan ( $I$ ) dalam berbagai kala ulang sehingga diperoleh besaran  $I$  tertentu yang nantinya dimasukkan kedalam rumus rasional.

Uji konsistensi data hujan pada penelitian ini didasarkan pada ketiga stasiun hujan terdekat. Dimana hasil uji diperoleh nilai korelasi grafik yang menyatakan bahwa data hujan ketiga stasiun hujan tersebut konsisten. Perhitungan distribusi hujan dihitung dengan menggunakan polygon Thiessen sehingga dapat diketahui

luasan daerah pengaruh hujan dapat dikalikan dengan curah hujan harian maksimum. Uji parameter statistik dilakukan dengan menggunakan distribusi Gumbel dilanjutkan dengan uji Smirnov-Kolmogorov dan Chi-Square. Hasil uji yang diperoleh adalah nilai  $D_{maksimum} < D_0$  ( $0,116 < 0,498$ ), dan 62,3% sehingga kedua uji tersebut memenuhi.

Sebelum dilakukan perhitungan debit banjir dilakukan penentuan koefisien pengaliran. Dalam penelitian ini nilai koefisien pengaliran diambil dari penelitian yang dilakukan pada tahun 2006 oleh Sandi Adnyana dan Iman Subarkah tahun 1980.

**Tabel 2.2 Nilai Koefisien Limpasan ( c )**

No.	Tata Guna Lahan	Harga c	Sumber
1	Tegalan/ladang/tanah kosong	0,0719	Sandi Adnyana, 2006
2	Perkebunan	0,0256	Sandi Adnyana, 2006
3	Sawah irigasi	0,4000	Subarkah, 1980
4	Sawah tadah hujan	0,3500	Subarkah, 1980
5	Semak belukar	0,0005	Sandi Adnyana, 2006
6	Pemukiman	0,5000	Subarkah, 1980

(Sumber : Dharma dkk, 2015)

Dari penelitian ini didapatkan hasil terjadi penurunan debit banjir yang terjadi akibat perubahan tata guna lahan di DAS Tampus yang merupakan salah satu Sub DAS Ayung.

Sehingga ditarik kesimpulan bahwa, apabila kondisi curah hujan sama tetapi terjadi variasi bukaan lahan, maka nilai  $T_c$  (waktu dari hujan dari titik terjauh menuju titik pengamatan) akan berubah. Kemudian, nilai  $T_c$  akan menyebabkan intensitas hujan menurun yang membuat perlambatan proses hujan menjadi limpasan permukaan yang memperkecil debit puncaknya.

### 3. Analisis Dampak Perubahan Tata Guna Lahan DAS Siak Bagian Hulu Terhadap Debit Banjir

Nainggolan dkk. (2015) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui perubahan tata guna lahan pada DAS Siak Bagian Hulu. Tahapan analisis hidrologi setelah melakukan perhitungan curah hujan harian maksimum

dan debit harian maksimum dengan distirbusi statistik, dilakukan uji kesesuaian distribusi berupa uji Chi-Kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogorov untuk mendapatkan tinggi hujan jam dengan rumus Mononobe.

**Tabel 2.3 Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana**

Kala Ulang	Nilai K	Log $X_t$	$X_t$ (mm)
2	0,186	2,118	131,269
5	0,846	2,2	158,371
10	1,098	2,231	170,074
25	1,306	2,256	180,397
50	1,412	2,269	185,86
100	1,489	2,279	189,984

(Sumber : Nainggolan dkk, 2015)

**Tabel 2.4 Debit Banjir untuk Berbagai Kala Ulang Berdasarkan Analisis Statistik AWLR Tahun 1990-2012**

Kala Ulang	Nilai K	Log $X_t$	$X_t$ (mm)
2	0,105	2,275	188,488
5	0,857	2,298	198,663
10	1,194	2,308	203,402
25	1,514	2,318	208,000
50	1,699	2,324	210,722
100	1,854	2,328	213,004

(Sumber : Nainggolan dkk, 2015)

Model transformasi hujan menjadi aliran yang digunakan adalah model HEC-HMS, Selain itu model ini digunakan pula untuk membandingkan debit banjir rencana dengan debit banjir lapangan dari data debit sungai harian dan menganalisis perubahan penggunaan lahan terhadap debit banjir. Penentuan metode ini disesuaikan terhadap kecocokan penerapan metode terhadap karakteristik tata guna lahan DAS. Model yang digunakan terdiri dari enam komponen yaitu sebagai berikut,

- a. Model hujan
- b. Model volume limpasan
- c. Model limpasan langsung

- d. Model aliran dasar
- e. Model penelusuran aliran
- f. Model *water-control* measure (*diversions* dan *storage facilities*)

Untuk penentuan *precipitation loss* dan *precipitation excess* penelitian ini menggunakan metode *Soil Conservation Service (SCS) Curve Number*. Dalam metode ini parameter utama yang dibutuhkan adalah waktu lag yaitu waktu antara titik berat hujan efektif dengan titik berat hidrograf. Hasil debit banjir dari program HEC-HMS berupa data debit *outflow* pada 3 durasi berbeda.

**Tabel 2.5 Hasil Debit Puncak Banjir Rencana Dengan Input Data Hujan Jam-Jaman Durasi 3 Jam**

Kala Ulang	Q <sub>p</sub> HEC-HMS (m <sup>3</sup> /det)		Selisih Q <sub>p</sub> HEC-HMS (m <sup>3</sup> /det)
	2003	2012	
25 Tahun	394,1	427,2	33,1
50 Tahun	407,5	441,9	34,4

(Sumber : Nainggolan dkk, 2015)

**Tabel 2.6 Hasil Debit Puncak Banjir Rencana Dengan Input Data Hujan Jam-Jaman Durasi 12 Jam**

Kala Ulang	Q <sub>p</sub> HEC-HMS (m <sup>3</sup> /det)		Selisih Q <sub>p</sub> HEC-HMS (m <sup>3</sup> /det)
	2003	2012	
25 Tahun	239,5	256,2	16,7
50 Tahun	248,8	264,5	15,7

(Sumber : Nainggolan dkk, 2015)

**Tabel 2.7 Hasil Debit Puncak Banjir Rencana Dengan Input Data Hujan Jam-Jaman Durasi 18 Jam**

Kala Ulang	Q <sub>p</sub> HEC-HMS (m <sup>3</sup> /det)		Selisih Q <sub>p</sub> HEC-HMS (m <sup>3</sup> /det)
	2003	2012	
25 Tahun	209,7	223	13,3
50 Tahun	215,8	229,9	14,1

(Sumber : Nainggolan dkk, 2015)

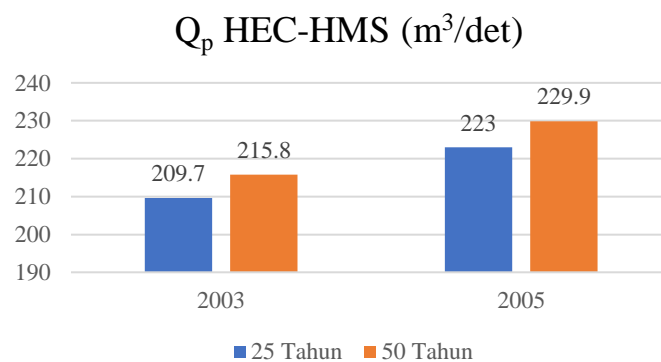
Terdapat selisih hasil simulasi debit banjir rencana dengan debit lapangan yang dihitung dengan nilai *Standart Error (SE)*. Didapatkan, selisih debit perhitungan

dengan debit terukur pada durasi tiga dan dua belas jam terhitung masih buruk karena nilai  $SE > 5\%$ . Sedangkan, untuk durasi delapan belas jam dikategorikan baik karena  $SE < 5\%$ . Hasil program HEC-HMS dari peta *land use* juga menunjukkan terjadinya peningkatan persentase debit puncak kala ulang 25 dan 50 tahun.

**Tabel 2.8 Peningkatan Debit Puncak Banjir**

Kala Ulang	Q <sub>p</sub> HEC-HMS (m <sup>3</sup> /det)		Peningkatan Q <sub>p</sub> HEC-HMS (m <sup>3</sup> /det)	Persentase (%)
	2003	2012		
25 Tahun	209,7	223	13,3	5,96
50 Tahun	215,8	229,9	14,1	6,13

(Sumber : Nainggolan dkk, 2015)



**Gambar 2.6 Peningkatan Debit Puncak Banjir**

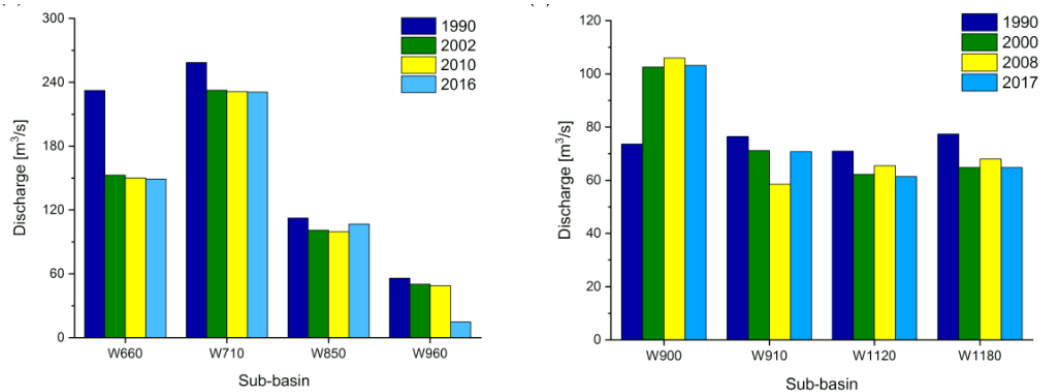
(Sumber : Nainggolan dkk, 2015)

#### 4. *The Impact of Reforestation Induced Land Cover Change (1990-2017) on Flood Peak Discharge Using HEC-HMS Hydrological Model and Satellite*

Kabeja dkk. (2020) melakukan penelitian terhadap dampak dari program penghijauan di China terhadap debit banjir puncak pada dua daerah tangkapan air, Yanhe dan Guangyuan. Studi dilakukan di daerah pegunungan dan data debit tanah yang terbatas. Maka dari itu, tidak dilakukan survei lapangan secara rinci untuk estimasi parameter hidrologi sehingga menyebabkan beberapa ketidakpastian dalam pemodelan. Penelitian ini menggunakan pemodelan dengan aplikasi HEC-HMS dan HEC-GeoHMS dengan menguji empat skenario tutupan lahan. Data menunjukkan peningkatan tutupan lahan sekitar 18% di



Yanhe dan 16% di Guangyuan. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat peningkatan di dua daerah penelitian. Perubahan tutupan lahan tersebut berpengaruh dikarenakan terjadinya penurunan pada debit puncak banjir. Hal tersebut mengindikasikan pengaruh yang terjadi akibat program penghijauan.

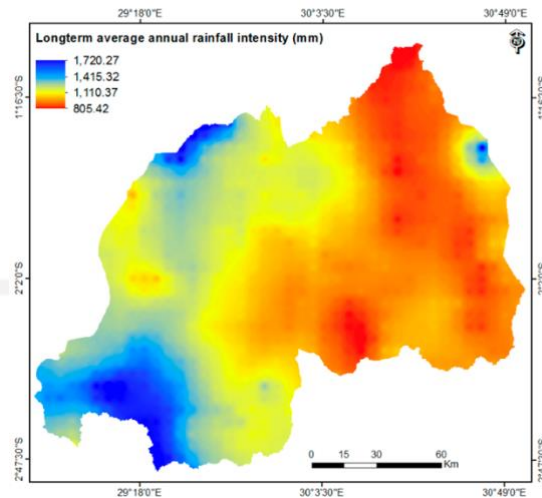


**Gambar 2.7 Debit Puncak Banjir yang dihitung dengan scenario tutupan lahan berbeda untuk Yanhe (kiri) dan Guangyuan (kanan)**

(Sumber : Kabeja dkk, 2015)

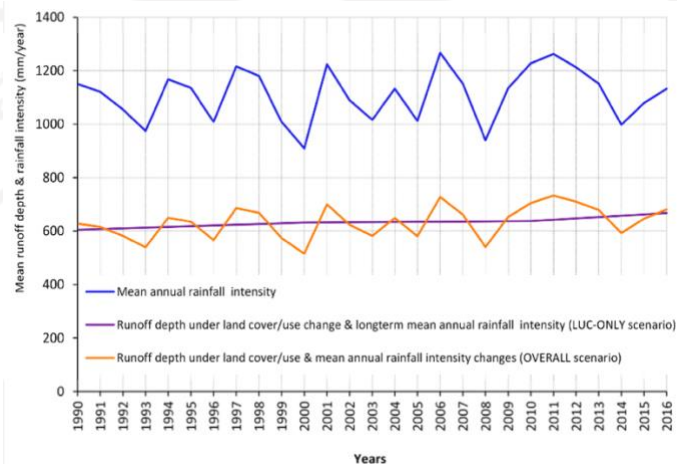
##### 5. *Modeling Rainfall-Runoff Response to Land Use and Land Cover Change in Rwanda (1990-2016)*

Karamage dkk. (2017) melakukan penelitian tentang perubahan hutan dan padang rumput menjadi kawasan pertanian dan bangunan pada negara Rwanda. Dikarenakan waktu penelitian panjang yaitu selama 27 tahun, maka diperkirakan curah hujan tahunan rata-rata jangka panjang.



**Gambar 2.8 Intensitas curah hujan tahunan rata-rata jangka Panjang di Rwanda**  
(Sumber : Karamage dkk., 2017)

Analisis model *WetSpa Extension* digunakan guna mengestimasi kedalaman aliran permukaan. Dalam penelitian ini diketahui terdapat peningkatan area pertanian dan bangunan berturut-turut sebesar 135,3 % dan 304,3%. Namun, terjadi pengurangan area hutan dan pada rumput berturut-turut sebesar 64,5 % dan 32,1 %. Koefisien yang dijadikan bahan pertimbangan adalah karakteristik lereng, tata guna lahan jenis tanah serta variasi kelenbaban tanah, intensitas hujan, dan durasi badai.



**Gambar 2.9 Kedalaman limpasan tahunan sebagai respons terhadap penggunaan lahan**

6. *The Study of Land Use Change to Flood Discharge in Gunting Sub-Watershed of Jombang Regency, East Java – Indonesia*

Wirosoedarmo dkk. (2018) melakukan penelitian untuk mencari tentang hubungan perubahan tata guna lahan dengan koefisien debit banjir menggunakan persamaan regresi linear. Jenis distribusi yang digunakan berdasarkan kriteria yang telah ditentukan berdasarkan hasil uji kesesuaian. Untuk jenis uji sebaran curah hujan dilakukan dengan menggunakan dua macam uji Chi-Square dan uji Smirnov-Kolmogrov. Hasilnya, empat distribusi cocok untuk data curah hujan tahun 2009 dan 2014 sedangkan tahun 2014 hanya cocok untuk Log Normal dan Log Pearson III. Oleh karena itu, dua distribusi diuji dengan menghitung koefisien *skewness* dan kurtosis. Perhitungan debit banjir desain menggunakan metode rasional yang didasarkan pada data hujan yang tersedia yaitu data curah hujan harian maksimum. Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat kenaikan dan penurunan penggunaan lahan. Penurunan penggunaan lahan terjadi pada luas taman 1,511%, irigasi 0,544%, sawah 0,201% dan 0,389% dari bidang lainnya. Sementara itu, lahan hutan mengalami peningkatan sebesar 0,208%, pemukiman 2,278% dan lahan semak 0,158%. Dari hasil perubahan tata guna lahan tersebut dihitung debit banjir di Sub DAS Gunting sehingga didapati peningkatan debit banjir dari tahun 2009 sebesar 167,515 m<sup>3</sup>/detik menjadi 226,402 m<sup>3</sup>/detik pada tahun 2014.

**Tabel 2.9 Debit Banjir Tr**

Tr (Tahun)	Q ( m <sup>3</sup> /dtk)	
	2009	2014
2	123,119	133,741
5	142,944	169,571
10	157,551	197,951
16	167,515	226,402
25	176,854	238,392
50	192,678	272,626
100	208,677	310,229

(Sumber : Wirosoedarmo dkk, 2018)

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah penggunaan lahan untuk daerah permukiman menjadi nilai koefisien korelasi tertinggi untuk debit banjir. Perubahan luas tata guna lahan pada suatu DAS berpengaruh terhadap nilai koefisien pengaliran rata rata, dimana jika koefisien tersebut semakin besar maka debit yang dihasilkan semakin besar pula. Kemudian, hasil analisis menunjukkan perubahan tata guna lahan pada daerah hulu, tidak terlalu signifikan sedangkan pada daerah hilir terjadi perubahan yang cukup besar.

#### 7. Perencanaan Sistem Drainase di Kawasan Pusat Kota Amurang

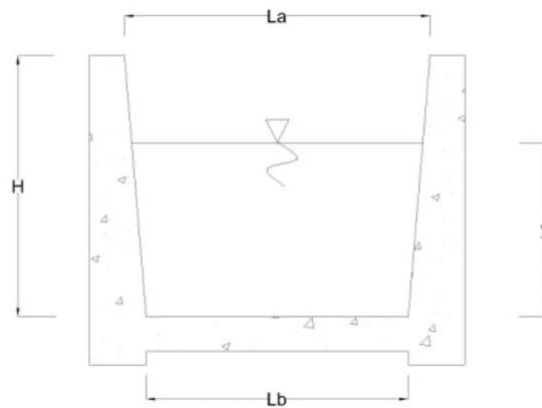
Tanudjaja dkk. (2013) melakukan penelitian untuk mengetahui dimensi saluran yang sesuai agar daerah pertokoan pusat kota Amurang memiliki saluran yang memadai agar tidak terjadi genangan. Genangan yang ada disebabkan oleh salah satu titik saluran memiliki endapan lumpur dan sampah yang terbawa saat hujan. Selain itu, pasar tradisional yang ada memiliki saluran dengan kemiringan yang landai sehingga limbah cair tidak mengalir dengan lancar. Luas daerah pelayanan saluran adalah sebesar 0,08963935 Ha dengan panjang saluran 58 m. Kemiringan lahan yang dimiliki adalah 0,000862.

Metode penelitian ini berupa analisis data curah hujan yang dilanjutkan dengan analisis waktu konsentrasi dengan persamaan Kirpich, Intensitas hujan dengan persamaan Mononobe, debit rencana dengan persamaan rasional, dan analisis hidrolika. Debit yang dihasilkan dari analisa hidrologi kemudian dibandingkan dengan debit analisa hidrolika.

Saluran rencana yang dipilih dalam penelitian ini adalah *interceptor drain*. Hasil uji parameter statistik curah hujan menunjukkan bahwa tipe sebaran normal, Gumbel, dan log Pearson III dapat digunakan dalam penelitian ini.. periode ulang rencana yang digunakan adalah 10 tahun dengan nilai  $K_T$  yaitu 1,3074. Berdasarkan analisis menggunakan persamaan rasional didapatkan nilai debit rencana sebesar  $0,002499 \text{ m}^3/\text{dtk}$ .

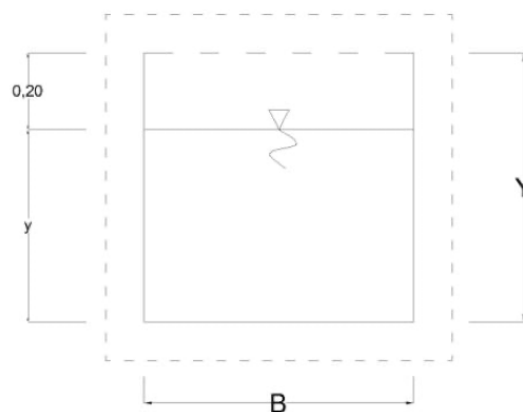
Saluran direncanakan berbentuk trapesium dengan dimensi lebar atas sebesar 0,7 m, lebar bawah sebesar 0,6 m, Tinggi 0,6 m, dan jagaan sebesar 0,2 m. koefisien kekasaran yang digunakan adalah 0,02 dengan kemiringan saluran 0,000735. Hasil analisis perencanaan saluran tipe trapesium adalah luas

penampang sebesar  $0,2533 \text{ m}^2$ , luas keliling basah sebesar  $1,402773 \text{ m}$ , jari-jari hidrolis sebesar  $0,180595 \text{ m}$ , dan kapasitas debit saluran sebesar  $0,109739 \text{ m}^3/\text{dtk}$ . Berikut adalah gambar penampang saluran trapesium.



**Gambar 2.10 Penampang Saluran Trapesium**

Saluran lainnya direncanakan persegi menggunakan *precast tipe box culvert* dengan dimensi tinggi  $0,7 \text{ m}$ , lebar  $0,6 \text{ m}$  dan panjang saluran  $5,5 \text{ m}$  dan koefisien debit  $0,8$ . Hasil analisis perencanaan saluran tipe persegi adalah luas penampang sebesar  $0,3 \text{ m}^2$ , luas keliling basah sebesar  $1,6 \text{ m}$ , jari-jari hidrolis sebesar  $0,188 \text{ m}$ , dan kapasitas debit saluran sebesar  $0,5 \text{ m}^3/\text{dtk}$ . Berikut adalah gambar penampang saluran trapesium. Berikut adalah gambar penampang saluran persegi.



**Gambar 2.11 Penampang Saluran Persegi**

Hasil perencanaan drainase menunjukkan perlu adanya perubahan dimensi drainase *existing* agar dapat menampung debit limpasan yang ada.

### 2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Perbandingan dari tiga penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi dapat dilihat pada Tabel 2.10



**Tabel 2.10 Perbandingan Penelitian Terdahulu**

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Halim (2014)	Pengaruh Hubungan Tata Guna Lahan dengan Debit Banjir pada Daerah Aliran Sungai Malalayang.	Menganalisis hubungan antara tata guna lahan dengan debit banjir pada DAS Malalayang.	Metode kuantitatif, dengan langkah studi literatur, pengumpulan data, dan analisis.	Perubahan luas tata guna lahan pada suatu DAS berpengaruh terhadap nilai koefisien pangaliran rata rata, dimana jika koefisien tersebut semakin besar maka debit yang dihasilkan semakin besar pula. Kemudian, hasil analisis menunjukkan perubahan tata guna lahan pada daerah hulu, tidak terlalu signifikan sedangkan pada daerah hilir terjadi perubahan yang cukup besar.

**Lanjutan Tabel 2.11 Perbandingan Penelitian Terdahulu**

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Dharma dkk. (2015)	Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir	Menghitung prosentase perubahan tata guna lahan, menghitung debit banjir, serta menghitung seberapa besar debit banjir yang terjadi pada periode tahun tersebut dan trend hubungan keduanya	Metode yang digunakan adalah metode rasional dikarenakan persyaratan Batasan daerah yang kurang dari 800 Ha atau tangkapan kecil.	Terjadi penurunan debit banjir yang terjadi akibat perubahan tata guna lahan di DAS Tampus yang merupakan salah satu Sub DAS Ayung.



Lanjutan Tabel 2.12 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Nainggolan dkk. (2015)	Identifikasi Perubahan Tata Guna Lahan DAS Bedadung Kabupaten Jember Menggunakan Citra Satelit Landsat-8	Mengetahui perubahan tata guna lahan pada DAS Bedadung Kabupaten Jember pada tahun 2001, 2008, dan 2017.	Pengindraan jarak jauh menggunakan citra satelit digital dengan pendekatan analisis NDVI.	DAS Bedadung telah terjadi peningkatan luas permukiman sebesar 2,66, hutan mengalami penurunan luas 3,47%, sawah mengalami penurunan luas 8,84%, lahan terbuka mengalami peningkatan 0,28%, semak mengalami peningkatan luas 2,72% dan kebun mengalami peningkatan luas 6,57%. Sehingga, identifikasi perubahan tata guna lahan dapat dilakukan dengan teknologi penginderaan jauh.

**Lanjutan Tabel 2.13 Perbandingan Penelitian Terdahulu**

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Kabeja dkk. (2020)	<i>The Impact of Reforestation Induced Land Cover Change (1990-2017) on Flood Peak Discharge Using HEC-HMS Hydrological Model and Satellite</i>	Mengetahui dampak dari program penghijauan di China terhadap debit banjir puncak pada dua daerah tangkapan air yaitu wilayah Yanhe dan Guangyuan	Pemodelan dengan aplikasi HEC-HMS dan HEC-GeoHMS dengan menguji empat skenario tutupan lahan.	Peningkatan tutupan lahan sekitar 18% di Yanhe dan 16% di Guangyuan yang menunjukkan bahwa terdapat peningkatan di dua daerah penelitian. Perubahan tutupan lahan tersebut berpengaruh dikarenakan terjadinya penurunan pada debit puncak banjir.

Lanjutan Tabel 2.14 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Karamage dkk. (2017)	<i>Modeling Rainfall-Runoff Response to Land Use and Land Cover Change in Rwanda (1990-2016)</i>	Mengetahui perubahan aliran permukaan rata rata tahunan yang disebabkan oleh perubahan kegunaan lahan pertanian dan perkebunan	Permodelan limpasan hujan	Terdapat peningkatan aliran tahunan rata-rata yang diakibatkan oleh area hutan yang berubah fungsi menjadi lahan pertanian dan bangunan sebesar 2,03 mm selama 16 tahun
Wirosoedarmo dkk. (2018)	<i>The Study of Land Use Change to Flood Discharge in Gunting Sub-Watershed of Jombang Regency, East Java – Indonesia</i>	Mengetahui hubungan perubahan tata guna lahan dengan koefisien debit banjir	Perhitungan debit banjir desain menggunakan metode rasional yang didasarkan pada data hujan yang tersedia	Didapati peningkatan debit banjir dari tahun 2009 sebesar 167,515 m <sup>3</sup> /detik menjadi 226,402 m <sup>3</sup> /detik pada tahun 2014.

Lanjutan Tabel 2.15 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Tanudjaja dkk. (2013)	Perencanaan Sistem Drainase di Kawasan Pusat Kota Amurang	Mengetahui dimensi saluran yang sesuai agar daerah pertokoan pusat kota Amurang memiliki saluran yang memadai agar tidak terjadi genangan	Studi kasus melalui survei dan pengamatan langsung serta analisis menggunakan metode dan formula yang tersedia	Sistem drainase yang dibuat berupa <i>interceptor drain</i> , dengan bentuk trapesium dan persegi. Hasil analisis menunjukkan perlu adanya perubahan dimensi drainase <i>existing</i> agar dapat menampung debit limpasan yang ada sesuai dengan perencanaan.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 *Catchment Area***

*Catchment area* merupakan suatu wilayah yang memiliki fungsi untuk menyimpan, menampung, dan mengalirkan limpasan air ke danau atau laut secara alami. Batas dari daerah tangkapan air ini dapat berupa jalan, punggung bukit, atau daerah perairan yang masih terpengaruh oleh aktivitas daratan. *Catchment area* memiliki kaitan dengan Daerah Aliran Sungai (DAS).

Suripin (2002) menjelaskan daerah aliran sungai adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung bukit, gunung, maupun batas batuan seperti jalan atau tanggul dimana terdapat tempat turun air hujan yang memberi kontribusi ke *outlet* (titik kontrol).

DAS terbagi menjadi tiga bagian yaitu bagian hulu, bagian tengah, dan bagian hilir. Bagian hulu merupakan daerah erosi karena terdiri dari aliran sungai yang melalui daerah perbukitan atau lereng gunung api yang mempunyai cukup ketinggian dari muka laut. Daerah peralihan dari bagian hulu ke hilir disebut bagian tengah. Dengan kemiringan dasar sungai yang lebih landai sehingga kecepatan aliran lebih kecil. Kemudian, bagian hilir terbentuk dari endapan pasir halus sampai lumpur, kasar, dan endapan lainnya yang labil. Adapun fungsi DAS adalah sebagai berikut:

1. Dikelola untuk memelihara atau mempertahankan kondisi lingkungan agar tidak terhadinya degradasi.
2. Fungsi pemanfaatan air sehingga air dapat dikelola untuk memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi seperti waduk, bendung, atau danau.
3. Fungsi pemanfaatan air sehingga air dapat dikelola untuk memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi seperti kebutuhan pertanian, pengelolaan limbah, serta pengelolaan air bersih.

Apabila fungsi-fungsi tersebut terganggu dalam suatu DAS, maka sistem hidrologi yang dimiliki juga akan terganggu. Terdapat berbagai macam indikator yang menandakan kerusakan suatu DAS yaitu tingginya frekuensi kejadian banjir, meningkatnya proses erosi dan sedimentasi, serta berkurangnya kualitas air (Mawardi, 2010)

### 3.2 Hujan Kawasan

Terdapat tiga metode perhitungan hujan kawasan seperti Metode Rata-Rata Aljabar, Metode Thiessen, dan Metode Isohyet. Penentuan metode perhitungan curah hujan didasarkan pada beberapa komponen seperti luas DAS, jaringan stasiun, dan topografi. Dalam penelitian ini digunakan Metode Thiessen dalam perhitungan hujan kawasan.

Prinsipnya Metode Thiessen menghitung bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luas sekitarnya. Metode ini juga dapat digunakan apabila penyebaran pada suatu stasiun yang ditinjau tidak merata. Jumlah stasiun hujan dengan metode ini minimum tiga buah. Adapun bentuk persamaan hujan rerata dengan metode Thiessen adalah sebagai berikut.

$$\bar{p} = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + \dots + A_nP_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3.1)$$

dengan:

$\bar{p}$  = Hujan rerata kawasan

$P_1, P_2, \dots, P_n$  = Hujan di stasiun 1, 2, 3, ..., n

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

### 3.3 Analisis Frekuensi

Kekeringan dan banjir adalah kejadian – kejadian ekstrim yang dihadapi dalam analisis hidrologi. Sehingga, diperlukan perencanaan bangunan air yang baik sehingga mampu melewati peristiwa tersebut. Maka dari itu, dilakukan analisis frekuensi data hidrologi yang bertujuan untuk mencari hubungan antara besar kejadian dan frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas (Triatmodjo, 2008).

### 3.3.1 Prinsip Statistik

#### 1. Tendensi sentral

Nilai *average* (rerata) yang merupakan nilai representatif pada suatu distribusi. Dapat digunakan dalam pengukuran suatu distribusi dan mempunyai bentuk sebagai berikut.

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

dengan :

$\bar{X}$  = rerata

$x_i$  = variabel *random*

$n$  = jumlah data

#### 2. Dispersi

Terdapat variasi antara variabel hidrologi dengan nilai reratanya. Penyebaran data tersebut data dihitung dengan standar deviasi dan varian. Nilai Varian dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2 \quad (3.3)$$

Nilai  $S^2$  adalah varian. Akar dari varian  $s$  merupakan deviasi standar.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \quad (3.4)$$

Nilai perbandingan antara standar deviasi dan nilai rerata dihitung menggunakan persamaan.

$$C_v = \frac{s}{\bar{x}} \quad (3.5)$$

Nilai kemencengan digunakan untuk mengetahui suatu bentuk distribusi yang mengalami ketidak-simetrian. Kemencengan dihitung dengan persamaan berikut.

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^3 \quad (3.6)$$

Koefisien asimetri dihitung dengan persamaan berikut.

$$C_s = \frac{a}{s^3} \quad (3.7)$$

Apabila hasil distribusi menunjukkan kecondongan ke kanan,  $C_s > 0$ , maka untuk bentuk yang condong ke kiri dengan  $C_s < 0$  diberikan koefisien kurtosis dihitung dengan persamaan berikut.

$$C_k = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^4 \quad (3.8)$$

Dalam penentuan distribusi yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana, syarat yang digunakan dalam memilih jenis distribusi adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.1 Tabel Syarat Penentuan Distribusi**

Jenis Sebaran	Syarat
Normal	$C_s \approx 0$
	$C_k = 3$
Gumbel	$C_s \leq 1,1396$
	$C_k \leq 5,4002$
Log Pearson tipe III	$C_s \neq 0$
Log Normal	$C_s \approx 3C_v + C_v^2 = 3$
	$C_k = 5,383$

### 3.3.2 Periode Ulang

Triatmodjo (2008) menjelaskan bahwasannya periode ulang adalah waktu hipotetik di mana hujan atau debit dengan suatu besaran ( $x_i$ ) akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. Hal tersebut dikenal sebagai debit hujan tahunan. Curah hujan rancangan adalah curah hujan harian maksimum yang dapat terjadi dalam periode waktu tertentu contohnya 5 tahunan, 10 tahunan, 15 tahunan, bahkan 100 tahunan. Terdapat banyak cara untuk menganalisis periode ulang hujan maksimum yaitu distribusi normal, log normal, *Gumbel*, dan log *Pearson III*.

Log Pearson III digunakan untuk menganalisis variabel hidrologi dengan variabel hidrologi dengan nilai variat minimum. Distribusi ini mempunyai koefisien kemencengan  $C_s \neq 0$ . Persamaan untuk distribusi ini adalah sebagai berikut.

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } X_i}{n} \quad (3.9)$$

$$S\overline{\text{Log } X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1}} \quad (3.10)$$



$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1)(n-2)S^2} \quad (3.11)$$

$$\text{Log } X_t = \overline{\text{Log } X} + G \times S \quad (3.12)$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S \text{Log } X)^4} \quad (3.13)$$

$$C_v = \frac{S}{\text{Log } X} \quad (3.14)$$

dengan,

$\text{Log } X_t$  = Curah hujan rencana periode ulang t tahun.

$\text{Log } X$  = Harga rata-rata

G = Faktor frekuensi

S = Standar deviasi

$C_s$  = Koefisien kemencengan

$C_k$  = Koefisien kurtosis

$C_v$  = Koefisien variasi

**Tabel 3.2 Harga G Untuk Distribusi Log Pearson III**

Koef. Kemencengan ( $C_s$ )	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,396	0,420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2,5	-0,360	0,518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2,2	-0,330	0,574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444	6.200
2,0	-0,307	0,609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1,8	-0,282	0,643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1,6	-0,254	0,675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1,4	-0,225	0,705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1,2	-0,195	0,732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1,0	-0,164	0,758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0,9	-0,148	0,769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0,8	-0,132	0,780	1.336	2.998	2.453	2.891	3.312	4.250

Lanjutan Tabel 3.2 Harga G Untuk Distribusi Log Pearson III

Koef. Kemencengan ( $C_s$ )	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
0,7	-0,116	0,790	1.333	2.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0,6	-0,099	0,800	1.328	2.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0,5	-0,083	0,808	1.323	2.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0,4	-0,066	0,816	1.317	2.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0,3	-0,050	0,824	1.309	2.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0,2	-0,033	0,830	1.301	2.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0,1	-0,017	0,836	1.292	2.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0,0	0,000	0,842	1.282	2.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0,1	0,017	0,836	1.270	2.761	2.000	2.252	2.482	3.950
-0,2	0,033	0,850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0,3	0,050	0,853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294	2.675
-0,4	0,066	0,855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.540
-0,5	0,083	0,856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.400
-0,6	0,099	0,857	1.200	1.528	1.720	1, 880	2.016	2.275
-0,7	0,116	0,857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.150
-0,8	0,132	0,856	1.166	1.488	1.606	1.733	1.837	2.035
-0,9	0,148	0,854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749	1.910
-1,0	0,164	0,852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1,2	0,195	0,844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1,4	0,225	0,832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1.116	1.166	1.200	1.216	1.280
-1,8	0,282	0,799	0,945	0,035	1.069	1.089	1.097	1.130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1.995	1.000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

### 3.4 Uji Keselarasan Distribusi

Uji keselarasan distribusi perlu digunakan agar dapat ditentukan pola distribusi dan curah hujan rata-rata yang paling sesuai. Terdapat dua jenis uji keselarasan yaitu *Chi Square* dan Smirnov Kolmogorov.

#### 3.4.1 Metode Chi-Square

Metode *Chi-Square* adalah metode yang digunakan untuk menentukan apakah persamaan yang dipilih sudah cukup mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Prinsip pada pengujian ini didasarkan pada pembagian kelas dan juga jumlah data yang terdapat di dalam kelas tersebut. Persamaan metode ini adalah sebagai berikut.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(E_i - O_i)^2}{E_i} \quad (3.15)$$

dengan,

$\chi^2$  = Harga Chi-Kuadrat

$\Sigma$  = Jumlah sub kelompok

$O_i$  = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i

$E_i$  = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

Tahapan dari metode ini adalah.

1. Mengurutkan data dari nilai terbesar ke terkecil.
2. Menghitung jumlah kelas yang ada.
3. Menghitung nilai  $E_i$ .

$$E_i = \frac{n}{K} \quad (3.16)$$

Dengan :

$E_i$  = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i.

$n$  = Jumlah data.

$G$  = Koefisien kurtosis

4. Menghitung banyaknya  $O_i$  untuk masing-masing kelas.
5. Menghitung nilai  $\chi^2_{Cr}$  untuk masing-masing kelas kemudian hitung total  $\chi^2_{Cr}$  dari tabel untuk derajat nyata nilai tertentu atau 5% dengan parameter derajat

kebebasan. Adapun persamaan untuk mencari derajat kebebasan adalah sebagai berikut.

$$DK = K - R - 1 \quad (3.17)$$

Dengan :

DK = Derajat kebebasan

K = Kelas

R = 2 (distribusi normal dan binomial) dan 1 (distribusi *Poisson* dan *Gumbel*)

Distribusi ini dikatakan memenuhi jika nilai  $\chi^2$  hitung  $< \chi^2$  kritis. Nilai kritis kemudian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 3.3 Nilai Kritis Derajat Kepercayaan untuk Uji Chi-Kuadrat**

dk	Derajat Kepercayaan ( $\alpha$ )							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000	0,0002	0,00099	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,02	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,21	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	23,838
4	0,2070	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,86
5	0,4120	0,554	0,831	1,145	11,07	12,832	15,086	16,75
6	0,6760	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,9890	1,239	1,69	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,3440	1,646	2,18	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,7350	2,088	2,7	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,1560	2,558	3,247	3,94	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,6030	3,053	3,816	4,575	19,675	21,92	24,725	26,757
12	3,0740	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,3
13	3,5650	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,0750	4,66	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,6010	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,1420	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32	34,267
17	5,6970	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,2650	7,015	8,231	9,39	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,8440	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,4340	8,26	9,591	10,851	31,41	34,17	37,566	39,997
21	8,0340	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401

**Lanjutan Tabel 3.3 Nilai Kritis Derajat Kepercayaan untuk Uji Chi-Kuadrat**

dk	Derajat Kepercayaan ( $\alpha$ )							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
22	8,6430	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,2600	10,2	11,689	13,091	16,172	38,076	41,683	44,181
24	9,8860	10,86	12,401	13,848	16,415	39,3364	42,98	45,558
25	10,520	11,52	13,12	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,2	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,29
27	11,808	12,88	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,57	15,308	16,928	41,337	44,461	48,178	50,993
29	13,121	14,26	16,047	17,708	42,557	45,772	49,588	52,336
30	13,787	14,95	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

### 3.4.2 Uji Smirnov-Kolmogorov

Metode ini digunakan untuk menguji simpangan antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis. Pengujian ini tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

Tahapan dari metode ini adalah

1. Mengurutkan data dan menentukan besarnya peluang tak terlampaui dari masing masing data.
2. Menentukan nilai masing masing peluang.
3. Menentukan selisih terbesar antar peluang.

$$\Delta P = [P(X_m) - P'(X_m)] \quad (3.18)$$

$$P(x) = \frac{m}{n+1} \quad (3.19)$$

Dengan,

D = Selisih terbesar antara peluang empiris dengan teoritis

P(x) = Sebaran frekuensi teoritis

P'(x) = Sebaran frekuensi komulatif berdasarkan sampel

m = Nomor urut kejadian, atau peringkat kejadian

n = Jumlah data

4. Menentukan harga  $D_0$  berdasarkan tabel nilai kritis

Apabila D lebih kecil dari  $D_0$  maka yang digunakan adalah distribusi teoritis. Sedangkan, apabila nilai D lebih besar dari  $D_0$  maka distribusi teoritis digunakan untuk menentukan persamaan tidak dapat diterima.

**Tabel 3.4 Nilai Kritis  $D_0$  untuk Uji Smirnov-Kolmogorov**

N	$\alpha$			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,3	0,34	0,4
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	0,2	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,2	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
N > 50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

### 3.5 Analisa Debit Banjir

Penelitian ini menggunakan salah satu metode perhitungan debit banjir yaitu dengan metode rasional. Rumus umum metode rasional adalah melalui persamaan berikut.

$$Q_t = 0,278 C.I.A \quad (3.23)$$

Dengan,

- $Q_t$  = Debit banjir ( $m^3/dtk$ )
- C = Koefisien pengaliran
- I = Intensitas hujan (mm/jam)
- A = Luas daerah aliran ( $km^2$ )

**Tabel 3.5 Koefisien Pengaliran ( C )**

Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien Pengaliran ( C )
Business :	
- Perkotaan	0,70 – 0,95
- Pinggiran	0,50 – 0,70

**Lanjutan Tabel 3.5 Koefisien Pengaliran ( C )**

Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien Pengaliran ( C )
Perumahan :	
- Rumah Tinggal	0,30 – 0,50
- Multinunit, terpisah	0,40 – 0,60
- Multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
- Perkampungan	0,25 – 0,40
- Apartemen	0,50 – 0,70
Industri :	
- Ringan	0,50 – 0,80
- Berat	0,60 – 0,90
Perkerasan :	
- Aspal dan Beton	0,70 – 0,95
- Batu bata, paving	0,60 – 0,90
Atap	0,75 – 0,95
Halaman, tanah berpasir :	
- Datar 2%	0,05 – 0,10
- Rata-rata 2-7%	0,10 – 0,15
- Curam 7%	0,15 – 0,20
Halman, tanah berat :	
- Datar 2%	0,13 – 0,17
- Rata-rata 2-7%	0,18 – 0,22
- Curam 7%	0,25 – 0,35
Halaman kereta api	0,10-0,35
Taman tempat bermain	0,20 – 0,35
Taman, Perkuburan	0,10 – 0,25
Daerah tidak dikerjakan	0,10 – 0,30
Hutan :	
- Datar 0-5%	0,10 – 0,40
- Bergelombang 5-10%	0,25 – 0,50
- Berbukit 10-30%	0,30 – 0,60

(Sumber : Suripin, 2004)

### 3.5.1 Intensitas Hujan Harian

Intensitas curah hujan merupakan jumlah hujan per satuan waktu. Untuk mendapatkan nilainya maka diberikan suatu alat penakar hujan yang digunakan untuk mencatat besarnya volume dan waktu mulai berlangsung sampai hujan tersebut berhenti. Apabila tidak tersedia data hujan jangka pendek, yang ada hanya data hujan harian, maka perhitungan intensitas curah hujan dihitung dengan menggunakan metode Dr. Mononobe melalui persamaan berikut.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left[ \frac{24}{t} \right]^{2/3} \quad (3.24)$$

Dengan,

I = Intensitas hujan (mm/jam)

R<sub>24</sub> = Curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

t = lamanya hujan (jam)

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 15 Tahun 2010 tentang Penyelenggaraan Penataan Ruang Pasal 65 Ayat 3, Kota Magelang memiliki tipologi kota sedang dengan penduduk antara 100.000 – 500.000 jiwa. Maka, berdasarkan lampiran Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan dalam perhitungan intensitas hujan maka digunakan hujan periode ulang 10 tahun sebagai perhitungan.

**Tabel 3.6 Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota**

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

### 3.5.2 Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi merupakan waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari titik terjauh ke titik kontrol. Waktu konsentrasi dapat ditentukan menggunakan rumus *Australian Rainfal Runoff*. Adapun rumusnya sebagai berikut.

$$t_c = 0,76A^{0,38} \quad (3.25)$$

Dengan,

t<sub>c</sub> = Waktu konsentrasi (jam)

A = Luas Daerah Aliran (km<sup>2</sup>)

### 3.6 Tata Guna Lahan

Penggunaan lahan pada suatu wilayah bersifat tidak permanen. Maksudnya adalah suatu lahan memiliki kemampuan untuk dapat dimanfaatkan untuk berbagai tujuan. Bentuk pemanfaatan lahan dapat berubah sesuai dengan perkembangan kebutuhan manusia. Perubahan pola pada pemanfaatan lahan akan memunculkan



suatu kejadian dimana satu pemanfaatan dikorbankan untuk pemanfaatan yang lainnya. Pemanfaatan lahan yang tidak hati-hati atau tidak seimbang akan berbahaya bagi keseimbangan lingkungan sehingga dapat memunculkan berbagai bencana alam maupun sosial.

Tata guna lahan adalah ketentuan tentang pengaturan penggunaan lahan. menurut Undang-Undang Pokok Agraria, tata guna lahan merupakan struktur dan pola pemanfaatan tanah, baik yang direncanakan maupun tidak, juga meliputi persediaan tanah, peruntukan tanah, penggunaan tanah dan pemeliharannya.

Penggunaan lahan pada suatu daerah memiliki pola tertentu dan perkembangannya dapat diestimasikan. Sedangkan, alih fungsi lahan memiliki pengertian perubahan atau penyesuaian peruntukan penggunaan lahan disebabkan oleh faktor-faktor keperluan untuk memenuhi kebutuhan penduduk.

### **3.7 Penginderaan Jarak Jauh**

Penginderaan jarak jauh merupakan seni dan ilmu guna memperoleh informasi tentang objek, kawasan, atau fenomena yang diperoleh melalui analisa data dengan menggunakan alat tanpa kontak secara langsung terhadap objek, kawasan, maupun fenomena yang dikaji (Liliesand dan Kiefer, 1979).

Alat penginderaan jarak jauh yang dimaksud adalah alat berupa sensor yang umumnya dibawa oleh benda baik berupa pesawat, satelit, atau balon udara. Sensor tersebut akan menghasilkan informasi berupa rekaman, rekaman tersebut yang selanjutnya disebut dengan data penginderaan jarak jauh.

#### **3.7.1 Peta Rupa Bumi**

Peta Rupa Bumi adalah peta yang dapat menunjukkan unsur-unsur baik alam maupun buatan manusia di atas permukaan bumi. Letak unsur-unsur tersebut dilokasikan menyerupai posisi sebenarnya.

#### **3.7.2 Citra Satelit Landsat**

Citra satelit landsat merupakan jenis citra penginderaan jarak jauh. Landsat memiliki banyak produk ilmiah mulai dari landsat 1 hingga landsat 9. Dalam penelitian ini digunakan hasil citra Landsat 8. Landsat 8 atau misi kesinambungan data landsat pertama kali diluncurkan pada 11 Februari 2013. Satelit ini diluncurkan

melalui Pangkalan Angkatan Udara di California, Vandenberg dengan roket Atlas-V.

Satelit ini mengorbit bumi dalam orbit selaras matahari pada ketinggian 438 mi, kemiringan 98,2 derajat dan mengelilingi bumi setiap 99 menit. Data satelit ini diperoleh pada baris *system worldwide reference system* (WRS-2) dengan *sidelap* bervariasi dari 7-85% garis lintang ekstrem dan tersedia untuk diunduh dari berbagai macam aplikasi seperti EarthExplorer, LandsatLook Viewer dan lainnya.

**Tabel 3.7 Landsat-8 Operational Land Imager and Therman Infrared Sensor**

<i>Band Numer</i>	<i>Description</i>	<i>Wavelength</i>	<i>Resolution</i>
<i>Band 1</i>	<i>Coastal / Aerosol</i>	0,433 to 0,453 $\mu\text{m}$	30 meter
<i>Band 2</i>	<i>Visible blue</i>	0,450 to 0,515 $\mu\text{m}$	30 meter
<i>Band 3</i>	<i>Visible green</i>	0,525 to 0,600 $\mu\text{m}$	30 meter
<i>Band 4</i>	<i>Visibile red</i>	0,630 to 0,680 $\mu\text{m}$	30 meter
<i>Band 5</i>	<i>Near-infrared</i>	0,845 to 0,885 $\mu\text{m}$	30 meter
<i>Band 6</i>	<i>Short wavelength infrared</i>	1,56 to 1,66 $\mu\text{m}$	30 meter
<i>Band 7</i>	<i>Short wavelength infrared</i>	2,10 to 2,30 $\mu\text{m}$	60 meter
<i>Band 8</i>	<i>Panchromatic</i>	0,50 to 0,68 $\mu\text{m}$	15 meter
<i>Band 9</i>	<i>Cirrus</i>	1,36 to 1,39 $\mu\text{m}$	30 meter
<i>Band 10</i>	<i>Long wavelength infrared</i>	10,3 to 11,3 $\mu\text{m}$	100 meter

### 3.8 Analisa Hidrolika

#### 3.8.1 Saluran Drainase

Saluran Drainase adalah saluran yang memiliki fungsi untuk menyalurkan kelebihan air dari sebuah kawasan untuk menghindari genangan air pada permukaan. Terdapat berbagai jenis klasifikasi drainase oleh bentuk, lokasi, fungsi, dan konstruksi.

Kapasitas saluran diartikan sebagai kemampuan yang dimiliki oleh setiap penampang sepanjang saluran. Hal ini digunakan sebagai parameter kemampuan debit yang sudah direncanakan ditampung oleh saluran tanpa terjadi peluapan air.

$$Q = A \times v \quad (3.26)$$

$$A = b \times h \quad (3.27)$$

Dengan :

Q = Debit saluran (m<sup>3</sup>/dtk)

A = Luas penampang saluran (m<sup>2</sup>)

b = Lebar saluran (m)

h = Kedalaman air pada saluran (m)

V = Kecepatan aliran (m/dtk)

### 3.8.2 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran adalah jarak yang ditempuh oleh aliran air pada saluran terbuka maupun tertutup dalam satuan waktu. Terdapat berbagai macam persamaan untuk menghitung kecepatan aliran seperti rumus Chezy, Strickler, dan Manning. Penelitian ini menggunakan rumus Manning dalam perhitungan kecepatan aliran. Berikut adalah persamaan dalam menghitung kecepatan aliran.

$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \quad (3.28)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (3.29)$$

$$P = b + 2h \quad (3.30)$$

Dengan :

n = Koefisien kekasaran Manning.

R = Jari-jari hidrolis saluran (m)

I = Kemiringan saluran

P = Penampang basah saluran (m)

### 3.8.3 Koefisien kekasaran (n)

koefisien kekasaran sangat ditentukan oleh material pembuat saluran, material padat terangkut dan terendap, akar tumbuhan, jenis sambungan, umur saluran, dan aliran lateral yang mengganggu aliran. Untuk saluran dengan nilai kedalaman terlalu besar maka nilai koefisien kekasarannya diasumsikan tetap. Adapun penelitian ini menggunakan koefisien kekasaran manning.

**Tabel 3.8 Koefisien Kekasaran Manning**

Jenis Saluran	Nilai Manning
Aliran Permukaan	0,035
Saluran tanah tanpa pasangan	0,035
Saluran pasangan:	
- Batu kali/beton, pada sisinya saja, dasar sedimen	0,025
- Batu kali/beton, pada sisinya saja, dasar bersih	0,020
- Batu kali dengan plesteran/beton, kedua sisi dan dasar	0,014 – 0,018

### 3.8.4 Tinggi Jagaan (*Freeboard*)

Tinggi jagaan adalah jarak vertikal dari puncak saluran ke tinggi permukaan air. Fungsinya adalah untuk mencegah peluapan air ketika terjadi kenaikan muka air. Besar nilai tinggi jagaan ditentukan berdasarkan nilai debit rencana. Berikut tabel nilai tinggi jagaan untuk jenis saluran berlapis beton.

**Tabel 3.9 Nilai Tinggi Jagaan (*Freeboard*)**

Debit Rencana, Q (m <sup>3</sup> /det)	Fb (m)
0,5 – 1,5	0,2
1,5 – 5	0,25
5,0 – 10,0	0,3
10,0 – 15,0	0,4
>15,0	0,5

### 3.8.5 Bangunan Terjun

Bangunan terjun merupakan suatu bangunan yang dibangun dan digunakan untuk mengurangi kemiringan saluran yang terlalu curam sehingga kecepatan aliran air tidak terlalu tinggi. Adapun jenis bangunan terjun ada dua yaitu bangunan terjun

tegak dan bangunan terjun miring. Perbedaannya adalah 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.

Tinggi terjun menurut Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP-04 (2013) adalah maksimum 1,50. Berikut adalah perhitungan jumlah bangunan terjun (JBT).

$$JBT = \frac{\Delta h}{t} \quad (3.31)$$

$$\Delta h = H_1 - H_2 \quad (3.32)$$

$$H_1 = I \times L \quad (3.33)$$

$$H_2 = I_{saluran} \times L \quad (3.34)$$

Dengan,

$\Delta h$  = Beda tingi antara dua titik saluran yang ditinjau (m)

$L$  = Panjang saluran (m)

$t$  = Tinggi terjunan (m)

$I$  = Kemiringan saluran analisa QGIS

$I_{saluran}$  = Kemiringan saluan rencana

## BAB IV

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 4.1 Tinjauan Umum

Penelitian bersifat kuantitatif yaitu penelitian yang berdasarkan pada data-data. Kemudian, data data tersebut digunakan sebagai acuan dalam menganalisis.

#### 4.2 Data Penelitian

Dalam melakukan analisis perhitungan dinuguan data yang sesuai. Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder dan studi literatur. Data-data yang dibutuhkan adalah sebaga berikut:

1. Data stasiun hujan yaitu Sempu, Poncol, dan Tempuran tahun 2007-2017 yang didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak
2. Peta tata guna lahan Kota Magelang tahun 2013, 2016, dan 2019 yang diunduh dari website USGS (*United States Geological Survey*)
3. Peta tata guna lahan Kota Magelang berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Berikut tabel ketersediaan data debit pada stasiun hujan yang akan digunakan dalam penelitian ini.

**Tabel 4.1 Tabel Ketersediaan Data Hujan**

Nama Stasiun	Tahun										
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Sempu	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Poncol	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Tempuran	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

### 4.3 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

#### 4.3.1 Tahapan Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dimaksud dalam tahapan ini adalah pengumpulan data stasiun hujan dan peta tata guna lahan

#### 4.3.2 Tahapan Pengolahan Data

##### 1. Perhitungan hujan kawasan

Pada tahap ini digunakan metode Thiessen untuk perhitungan hujan kawasan.

##### 2. Analisis frekuensi

###### a. Perhitungan periode ulang

Perhitungan ini berguna untuk menentukan hujan dalam kala ulang 10 tahun

###### b. Perhitungan distribusi probabilitas

Pada perhitungan ini digunakan jenis distribusi sesuai dengan kaidah statistika. Penentuan jenis distribusi ini disyaratkan oleh beberapa faktor. Nilai dari perhitungan ini nantinya mempengaruhi besarnya nilai hujan rencana.

###### c. Uji kecocokan

Menganalisis uji kecocokan dengan menggunakan metode keselarasan distribusi yaitu metode Chi-Square dan uji Smirnov-Kolmogorov.

##### 3. Penentuan *catchment area*

Pada proses ini, dibuat wilayah wilayah tangkapan air yang berdasarkan kepada saluran dan arah aliran existing yang tersedia di Kota Magelang.

##### 4. Analisis tutupan lahan

Analisis penggunaan lahan yang sebelumnya diperoleh dari website USGS melalui citra satelit Landsat 8 adalah dengan cara mendigitasi *image* dari peta penggunaan lahan pada tahun 2013, 2016, dan 2019 dengan bantuan program QGIS. *Output* dari analisis merupakan klasifikasi penggunaan lahan yang digunakan untuk menghitung koefisien limpasan.

##### 5. Perhitungan intensitas hujan

Perhitungan intensitas hujan diawali dengan menghitung nilai waktu konsentrasi ( $T_c$ ) dengan rumus *Australian Rainfall Runoff* kemudian digunakan metode Dr. Mononobe dengan perhitungan kala ulang 10 tahun.

6. Perhitungan nilai koefisien limpasan

7. Perhitungan debit banjir

Perhitungan debit banjir dilakukan dengan metode rasional dengan intensitas hujan, koefisien limpasan, dan luasan sesuai dengan analisis pada poin sebelumnya.

8. Analisis perbandingan debit banjir tahun 2019 dan RTRW.

9. Perencanaan dimensi saluran drainase.

Rencana drainase berbentuk persegi dengan material lapis beton *U-ditch* dan *box culvert*.

10. Perhitungan kapasitas saluran.

11. Analisis perbandingan debit hidrologi dan hidrolika.

Perbandingan debit hidrologi dan hidrolika diperlukan agar mengetahui apakah rencana saluran dapat menampung limpasan air.

12. Analisis jumlah kebutuhan bangunan pemecah energi.

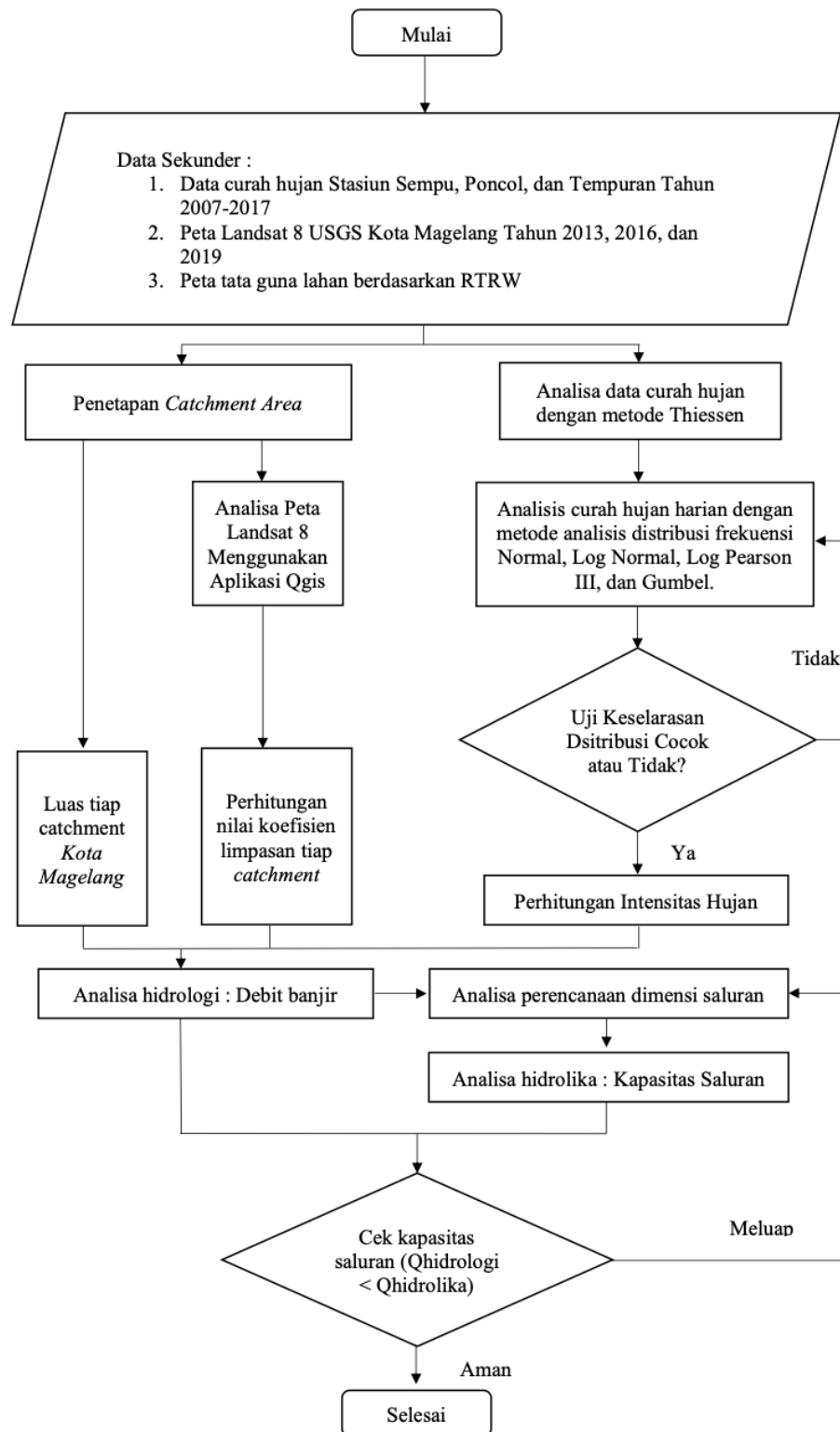
#### **4.3.3 Tahapan Pembahasan dan Pelaporan**

Tahapan ini berupa penyusunan pembahasan dari hasil pengolahan data. Pada tahapan ini juga debit banjir tahun 2019 dibandingkan dengan debit yang dihasilkan oleh analisis tata guna lahan berdasarkan RTRW kemudian di tarik kesimpulan dari hasil pembahasan yang menjawab tujuan dari penelitian ini.

#### **4.4 Bagan Alir Penelitian**

Bagan alir digunakan untuk memberikan gambaran tahapan yang dilakukan selama penelitian. Berikut bagan alir yang menggambarkan tahapan penelitian ini.





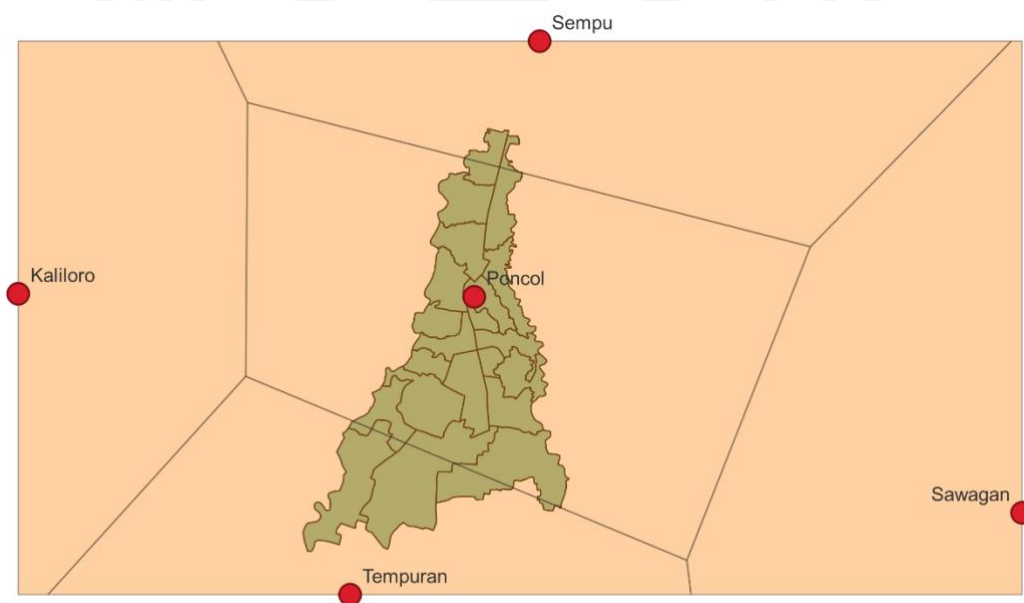
**Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian**

## BAB V

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Hujan Kawasan

Nilai kedalaman hujan yang diperoleh dari beberapa stasiun yang ada pada suatu daerah aliran sungai perlu dihitung agar didapatkan nilai yang mewakili curah hujan yang terjadi. Hujan harian maksimum dianalisis dengan menggunakan Metode Thiessen dengan aplikasi QGIS. Terdapat 5 stasiun yang berada di sekitar area yang diteliti. Namun, hanya terdapat 3 stasiun yang mempengaruhi Kota Magelang Gambar 5.1 menunjukkan luas daerah yang diwakili oleh setiap stasiun hujan.



**Gambar 5.1 Luas Daerah yang Diwakili Oleh Setiap Stasiun Hujan**

Stasiun Sempu mewakili seluas  $0,7134 \text{ km}^2$  atau sebesar 2%, Stasiun Puncol mewakili seluas  $23,3667 \text{ km}^2$  atau sebesar 73%, dan Stasiun Tempuran mewakili sebesar  $8,0235 \text{ km}^2$  atau 25%. Metode Thiessen dipilih untuk menghitung curah hujan rerata yang dihitung dengan persamaan 3.2. Berikut ini adalah contoh perhitungan curah hujan kawasan untuk tanggal 1 Januari 2007.

$$\begin{aligned}\bar{p} &= \frac{0,7134}{32,1038} \times 25 + \frac{23,3667}{32,1038} \times 22 + \frac{8,0235}{32,1038} \times 40 \\ &= 0,5555 + 16,0126 + 9,9969 \\ &= 26,5645 \text{ mm}\end{aligned}$$

Perhitungan curah hujan kawasan pada tanggal selanjutnya dilakukan menggunakan perhitungan seperti diatas. Kemudian ditentukan curah hujan maksimum pada masing masing bulan di tiap tahunnya yang kemudian hasilnya adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.1 Hujan Kawasan**

Tahun	Curah Hujan Kawasan (mm)												Maks
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Okt	Nov	Des	
2007	27	56	54	43	23	40	9	0	4	39	44	71	71
2008	50	69	70	71	44	13	0	0	5	58	120	57	120
2009	47	41	38	53	42	44	24	5	17	19	20	42	53
2010	56	48	49	29	52	33	44	16	67	60	35	43	67
2011	42	85	29	44	40	15	13	1	13	10	28	43	85
2012	58	60	51	51	30	48	7	0	0	29	49	50	60
2013	82	72	92	46	36	46	58	0	2	43	30	42	92
2014	58	59	55	54	102	29	54	9	2	19	52	46	102
2015	54	57	69	68	19	39	0	0	0	0	33	71	71
2016	27	49	45	53	24	59	42	49	64	48	58	80	80
2017	70	57	63	65	62	23	48	0	40	42	38	52	70

## 5.2 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi dari data hidrologi hasil perhitungan hujan kawasan digunakan untuk mencari hubungan antara besar kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan distribusi probabilitas. Analisis frekuensi yang digunakan antara lain menggunakan metode normal, Gumbel, log normal dan log Pearson III. Adapun perhitungannya sebagai berikut.

### 5.2.1 Analisis Frekuensi Curah Hujan Kawasan

Berikut adalah tabel untuk perhitungan parameter statistik dari distribusi Normal dan Gumbel.

**Tabel 5.2 Tabel Perhitungan Analisis Frekuensi Curah Hujan Kawasan**

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	70,601	-8,627	74,426	-642,079	5539,254
2	2008	120,028	40,800	1664,657	67918,349	2771082,718
3	2009	53,234	-25,995	675,716	-17564,941	456592,653
4	2010	66,954	-12,274	150,647	-1849,018	22694,545
5	2011	84,797	5,569	31,017	172,744	962,064
6	2012	60,337	-18,891	356,887	-6742,118	127368,421
7	2013	92,436	13,208	174,460	2304,322	30436,240
8	2014	101,898	22,670	513,944	11651,270	264138,079
9	2015	71,373	-7,855	61,697	-484,616	3806,534
10	2016	79,576	0,348	0,121	0,042	0,015
11	2017	70,273	-8,955	80,187	-718,058	6430,025
Jumlah		871,510	0,000	3783,760	54045,898	3689050,548

Sehingga, dari tabel diatas dapat dihitung nilai parameter statistik yang dibutuhkan untuk menentukan distribusi yang akan digunakan dalam perhitungan hujan rencana.

#### 1. Hujan harian rata-rata

Nilai rata-rata dapat dihitung dengan persamaan 3.4. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \frac{871,510}{11} \\ &= 79,228\end{aligned}$$

#### 2. Standar Deviasi

Nilai rata-rata dapat dihitung dengan persamaan 3.5. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}Sd &= \sqrt{\frac{1}{11-1} \times 3783,760} \\ &= 19,452\end{aligned}$$

#### 3. Koefisien Asimetri ( $C_s$ )

Nilai  $C_s$  dapat dihitung dengan persamaan 3.9. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$C_s = \frac{11}{(11-1) \times (11-2) \times 19,452^3} \times 540445,898$$

$$= 0,897$$

#### 4. Koefisien Variasi ( $C_v$ )

Nilai  $C_v$  dapat dihitung dengan persamaan 3.7. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$C_v = \frac{19,452}{79,228}$$

$$= 0,246$$

#### 5. Koefisien Kurtosis ( $C_k$ )

Nilai  $C_k$  dapat dihitung dengan persamaan 3.10. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$C_k = \frac{11^2}{(11-1) \times (11-2) \times (11-3)} \times 3689050,548$$

$$= 0,557$$

Setelah dilakukan perhitungan parameter distribusi, maka harus ditentukan jenis sebaran yang memiliki nilai tepat atau mendekati untuk menghitung nilai curah hujan rencana dengan syarat tertentu. Berikut ini adalah tabel perbandingan syarat dengan hasil perhitungan.

**Tabel 5.3 Parameter Statistik Jenis Distribusi**

No.	Distribusi	Persyaratan	Hasil
1	Normal	$C_s \sim 0$	0,897
		$C_k \sim 3$	0,557
2	Log Normal	$C_s = C_v^2 + 3C_v = 3$	0,797
		$C_k = 5,383$	0,557

**Lanjutan Tabel 5.3 Parameter Statistik Jenis Distribusi**

No.	Distribusi	Persyaratan	Hasil
3	Gumbel	$C_s \leq 1,1396$	0,897
		$C_k \leq 5,4002$	0,557
4	Log Pearson Tipe III	Selain Nilai Di Atas	

Dari tabel 5.3 dapat dilihat bahwa nilai parameter statistik hasil perhitungan distribusi normal, log normal, dan gumbel tidak ada yang sesuai dengan nilai syarat parameter statistik sehingga jenis distribusi Log Pearson III dipilih sebagai distribusi yang digunakan dalam analisis frekuensi.

### 5.2.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan Kawasan dalam Nilai Logaritma

Berdasarkan hasil parameter distribusi untuk pengukuran dispersi dalam logaritma digunakan perhitungan

**Tabel 5.4 Tabel Perhitungan Analisis Frekuensi Curah Hujan Kawasan dalam Nilai Logaritma**

No.	Tahun	$y_i$	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(y_i - \bar{y})^3$	$(y_i - \bar{y})^4$
1	2007	1,849	-0,039	0,002	0,000	0,000
2	2008	2,079	0,192	0,037	0,007	0,001
3	2009	1,726	-0,161	0,026	-0,004	0,001
4	2010	1,826	-0,062	0,004	0,000	0,000
5	2011	1,928	0,041	0,002	0,000	0,000
6	2012	1,781	-0,107	0,011	-0,001	0,000
7	2013	1,966	0,078	0,006	0,000	0,000
8	2014	2,008	0,121	0,015	0,002	0,000
9	2015	1,854	-0,034	0,001	0,000	0,000
10	2016	1,901	0,013	0,000	0,000	0,000
11	2017	1,847	-0,041	0,002	0,000	0,000
Jumlah		20,764	0,000	0,105	0,003	0,002

Dari tabel diatas dapat dihitung faktor-faktor distribusi sebagai berikut.

1. Nilai rerata dari  $\ln X_i$

$$\bar{y} = \frac{20,764}{11}$$

$$= 1,888$$

2. Standar Deviasi

$$S_y = \sqrt{\frac{1}{11-1} \times 0,105}$$

$$= 0,102$$

3. Koefisien Asimetri ( $C_{sy}$ )

$$C_{sy} = \frac{11}{(11-1) \times (11-2) \times 0,102^3} \times 0,003$$

$$= 0,398$$

4. Koefisien Variasi ( $C_v$ )

$$C_v = \frac{0,103}{1,888}$$

$$= 0,054$$

5. Koefisien Kurtosis ( $C_k$ )

$$C_k = \frac{11}{(11-1) \times (11-2) \times (11-3) \times 0,103^4} \times 0,002$$

$$= -0,115$$

### 5.3 Uji Keselarasan Distribusi

Uji keselarasan distribusi pada penelitian ini dilakukan dengan metode Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov. Pada uji keselarasan distribusi, data hujan harus diurutkan dari nilai terbesar hingga terkecil.

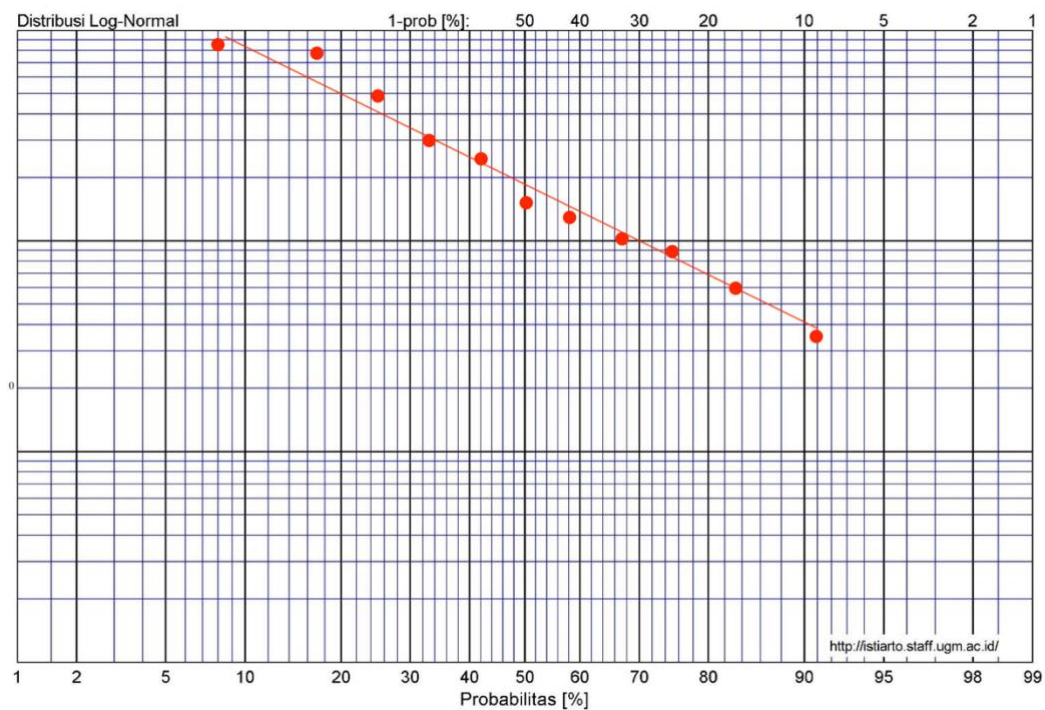
**Tabel 5.5 Tabel Urutan Data**

No.	Tahun	$X_i$	Data Besar ke Kecil
1	2007	70,60	120,03
2	2008	120,03	101,90
3	2009	53,23	92,44
4	2010	66,95	84,80
5	2011	84,80	79,58
6	2012	60,34	71,37
7	2013	92,44	70,60

Lanjutan Tabel 5.5 Tabel Urutan Data

No.	Tahun	$X_i$	Data Besar ke Kecil
8	2014	101,90	70,27
9	2015	71,37	66,95
10	2016	79,58	60,34
11	2017	70,27	53,23

Untuk menghitung nilai probabilitas ( $P'$ ) perlu dibuat kurva regresi linear yang menunjukkan hubungan antara nilai data ( $X_i$ ) dengan peluang teoritis ( $P$ ) Berdasarkan grafik didapatkan persamaan  $y = -25,9 \ln(x) + 56,082$ . Nilai  $y$  di substitusikan menggunakan nilai  $X_i$  sehingga didapatkan nilai  $x$  atau  $P'$ .



Gambar 5.2 Grafik Regresi Linear

### 5.3.1 Uji Chi Square

Berdasarkan tabel 5.5 dihitung nilai kelas ( $K$ ), parameter ( $P$ ), serta derajat kebebasan ( $D_k$ ) sebagai berikut.

1. Kelas Distribusi

$$K = 1 + 3,3 \text{ Log } (11)$$



$$= 4,4 \approx 5$$

2. Derajat Kebebasan

$$Dk = 5 - 2 - 1$$

$$= 2$$

3. Banyak frekuensi yang diharapkan

$$E_i = \frac{11}{5}$$

$$= 2,2$$

Kemudian ditentukan kelas distribusi dengan persentase probabilitas sebesar 20% , 40%, 60% dan 80% yang dalam tahun berturut – turut yaitu 5 tahun, 2,5 tahun, 1,67 tahun dan 1,25 tahun. Selanjutnya, ditentukan perhitungan batas interval setiap kelas pada distribusi terpilih yaitu distribusi Log Pearson tipe III. Adapun hasil perhitungannya adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.6 Tabel Penentuan Interval Kelas**

T	P	$K_t$	$\text{Log } X_{rt}$	S Log X	$\text{Log } X_t$	$X_t$
5	20%	0,816	1,888	0,102	1,971	93,589
2,5	40%	0,081	1,888	0,102	1,896	78,695
1,667	60%	-0,417	1,888	0,102	1,845	69,980
1,25	80%	-0,855	1,888	0,102	1,800	63,107

Nilai  $\chi^2$  kritis dicari menggunakan tabel nilai kritis derajat kepercayaan pada Tabel 3.3 sehingga didapatkan nilai  $\chi^2$  kritis sebesar 5,991. Tabel 5.7 adalah hasil perhitungan pada uji Chi Square berdasarkan persamaan 3.24.  $O_i$  merupakan banyak data hujan ( $X_i$ ) dalam suatu interval. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.7 Hasil Uji Chi Square Metode Log Pearson III**

Kelas	Interval	$E_i$	$O_i$	$O_i - E_i$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
1	>93,5889	2,2	2	0,2	0,018
2	93,5889 – 78,6947	2,2	3	-0,8	0,291
3	79,1185 – 69,2400	2,2	3	-0,8	0,291
4	69,9801 – 63,1075	2,2	1	1,2	0,655
5	<63,1075	2,2	2	0,2	0,018
Jumlah		11	11	0	1,273

### 5.3.2 Uji Smirnov Kolmogrov

Pada uji Smirnov Kolmogrov ditentukan nilai  $D_0$  kritis sesuai dengan tabel 3.11. Sehingga didapatkan nilai untuk  $D_0$  kritis sebesar 0,41. Nilai peluang pengamatan (P) dihitung melalui persamaan 3.26 sedangkan nilai peluang teoritis (P') didapatkan melalui persamaan regresi linear pada Gambar 5.2. Nilai  $\Delta P$  merupakan selisih antara nilai peluang teoritis dan peluang pengamatan. Berikut adalah tabel rekapitulasi hasil uji Smirnov Kolmogrov.

**Tabel 5.8 Hasil Uji Smirnov Kolmogrov**

Curah Hujan (mm)	m	P	P'	$\Delta P$
120,028	1	0,083	0,085	0,001
101,898	2	0,167	0,171	0,004
92,436	3	0,250	0,246	0,004
84,797	4	0,333	0,330	0,003
79,576	5	0,417	0,404	0,013
71,373	6	0,500	0,554	0,054
70,601	7	0,583	0,571	0,012
70,273	8	0,667	0,578	0,089
66,954	9	0,750	0,657	0,093
60,337	10	0,833	0,849	0,015
53,234	11	0,917	0,896	0,021
Maks				0,093

### 5.3.3 Jenis Distribusi

Uji keselarasan distribusi menunjukkan bahwa nilai  $\chi^2$  analisis  $< \chi^2$  tabel ( $1,273 < 5,991$ ) pada uji Chi Kuadrat dan  $D_{maks} < D_{kritis}$  ( $0,093 < 0,41$ ) pada uji Smirnov Kolmogorov. Hal tersebut menunjukkan bahwa metode distribusi Log Pearson III memenuhi untuk menghitung curah hujan rencana.

### 5.4 Hujan Rencana

Nilai hujan rencana dalam kala ulang 10 tahun dihitung dengan metode Log Pearson III menggunakan persamaan 3.21. Nilai G (faktor frekuensi) didapatkan

dari interpolasi nilai yang tertera pada Tabel 3.8 sesuai dengan periode ulang yang dicari.

$$G = y_1 + (x - x_1) \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$$

$$G = 1,317 + (0,3977 - 0,4) \frac{(1,309 - (-1,317))}{(0,3 - 0,4)}$$

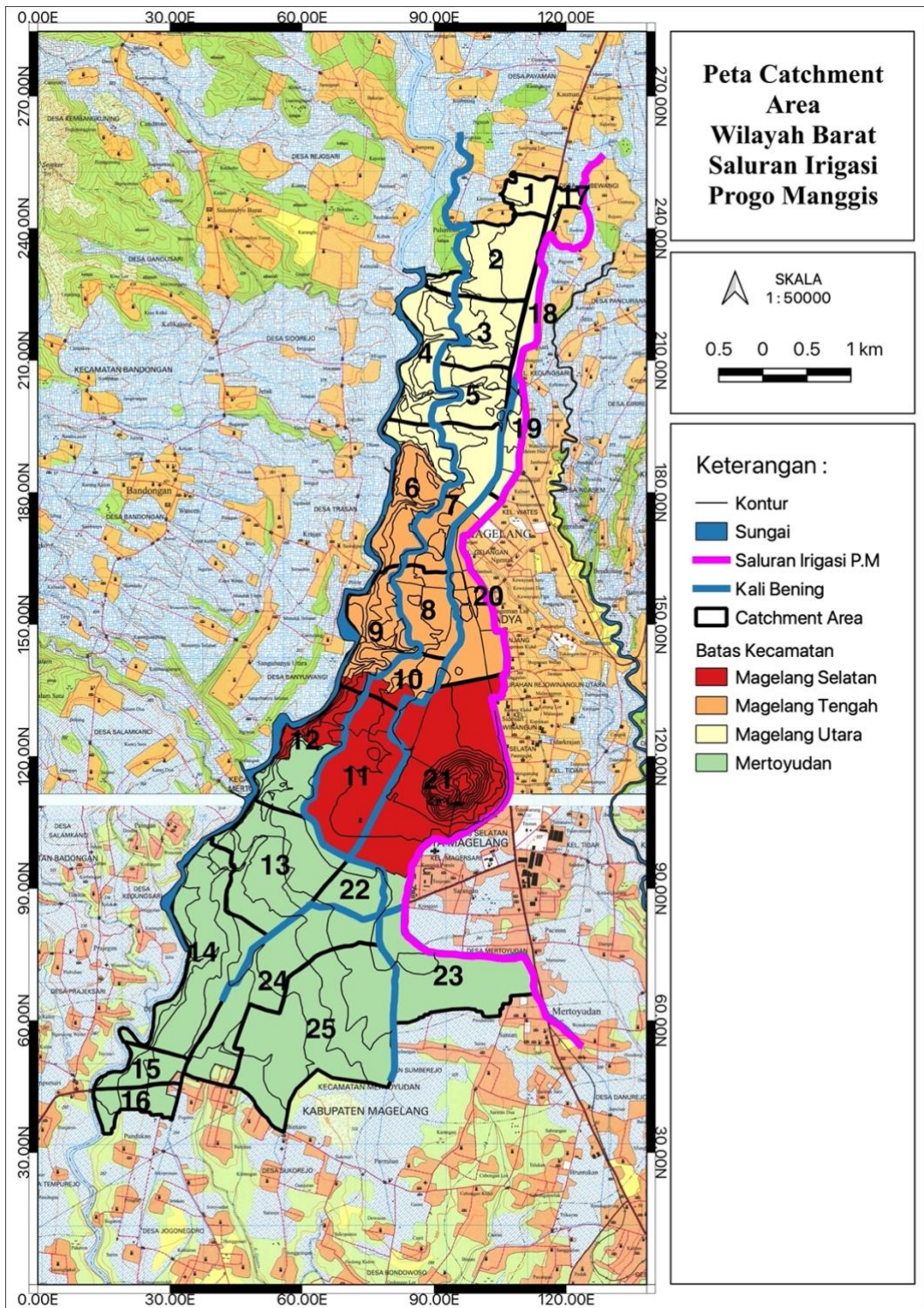
$$G = 1,3168$$

Adapun perhitungan nilai Log  $X_t$  adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Log } X_t &= 1,888 + 1,317 \times 0,102 \\ &= 2,022 \\ X_t &= 10^{2,022} \\ &= 105,322 \end{aligned}$$

### 5.5 Catchment Area

Pembagian *catchment area* yang dilakukan di Kota Magelang dibuat berdasarkan kondisi drainase dan arah aliran *existing*. Adapun *catchment area* rencana sebanyak 25 yaitu sebagai berikut.



Gambar 5.3 Catchment Area

Adapun luasan masing-masing *catchment* adalah yang tertera pada Tabel 5.9.

**Tabel 5.9 Luas *Catchment***

No. <i>Catchment</i>	Luas (km <sup>2</sup> )
1	0,2312
2	0,8289
3	0,5744
4	0,7109
5	0,5028
6	0,9156
7	0,7760
8	0,5671
9	0,6985
10	0,3514
11	1,1735
12	0,7933
13	1,3622
14	1,5207
15	0,2922
16	0,2791
17	0,1043
18	0,1949
19	0,2389
20	0,7722
21	2,4723
22	0,3578
23	1,1317
24	1,2501
25	2,3581
Total	20,4579

## 5.6 Intensitas Hujan

### 1. Waktu Konsentrasi

Nilai waktu konsentrasi dihitung menggunakan rumus pada persamaan 3.31. Adapun perhitungan waktu konsentrasi untuk *catchment* 1 adalah sebagai berikut.

$$T_c = 0,76 \times 0,2312^{0,38}$$

$$= 0,4356 \text{ jam}$$

Perhitungan waktu konsentrasi selanjutnya dilakukan menggunakan perhitungan seperti di atas dan hasilnya adalah yang dicantumkan pada tabel 5.10

## 2. Intensitas Hujan Kala ulang

Perhitungan nilai intensitas hujan dihitung menggunakan rumus pada persamaan 3.30. Adapun perhitungan intensitas hujan kala ulang untuk *catchment* 1 adalah sebagai berikut.

$$I = \frac{105,322}{24} \times \left[ \frac{24}{0,4356} \right]^{2/3}$$

$$= 63,538 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan intensitas hujan selanjutnya dilakukan menggunakan perhitungan seperti diatas dan hasilnya adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.10 Intensitas Hujan Kala Ulang**

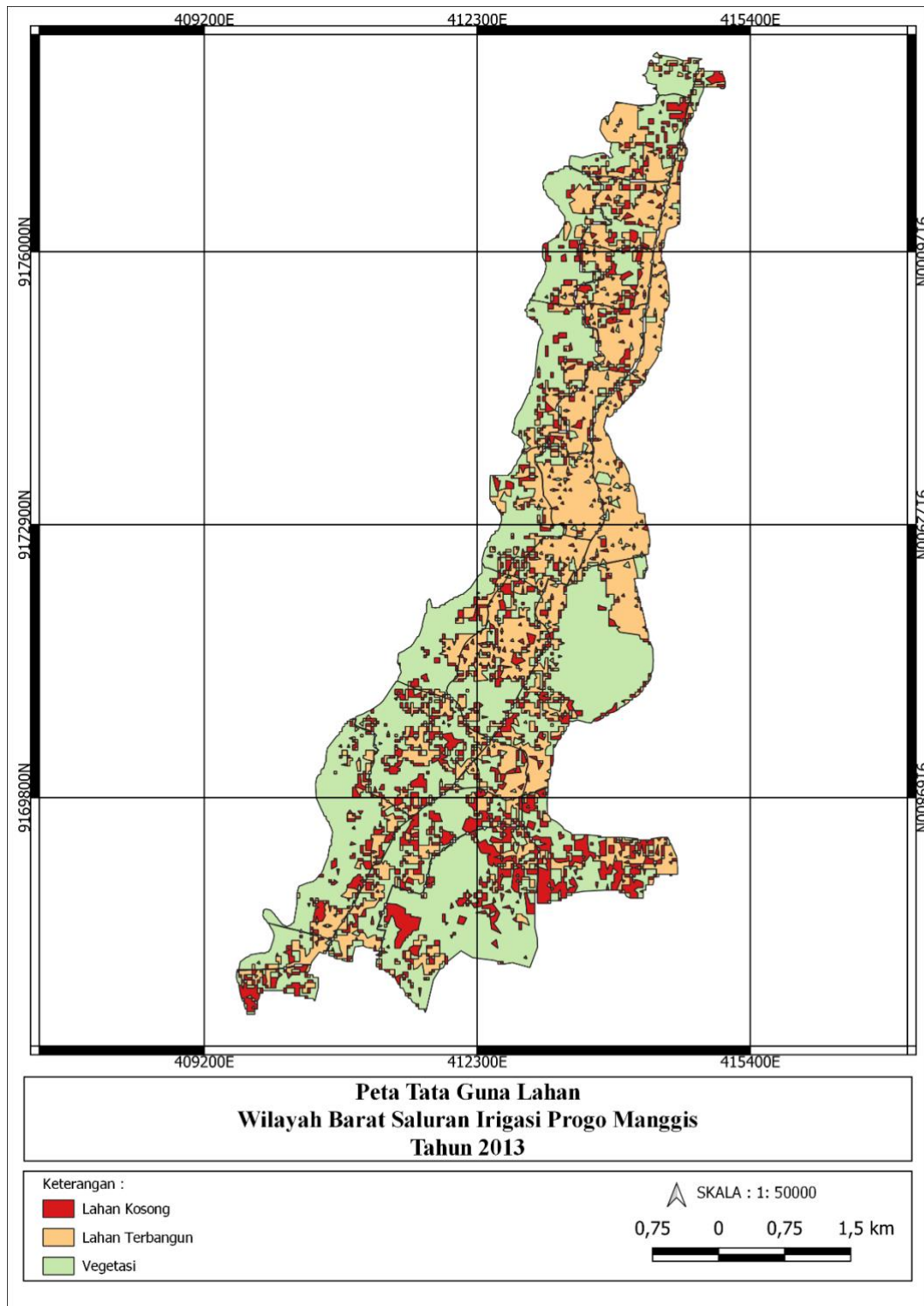
No. <i>Catchment</i>	T <sub>c</sub> (Jam)	I (mm/jam)
1	0,4356	63,538
2	0,7077	45,978
3	0,6156	50,456
4	0,6676	47,802
5	0,5853	52,185
6	0,7350	44,834
7	0,6902	46,752
8	0,6126	50,620
9	0,6631	48,016
10	0,5108	57,143
11	0,8076	42,102
12	0,6960	46,493
13	0,8547	40,541
14	0,8912	39,426
15	0,4762	59,879
16	0,4679	60,579

Lanjutan Tabel 5.10 Intensitas Hujan Kala Ulang

No. <i>Catchment</i>	T <sub>c</sub> (Jam)	I (mm/jam)
17	0,3219	77,732
18	0,4082	66,349
19	0,4411	63,015
20	0,6889	46,811
21	1,0720	34,859
22	0,5143	56,882
23	0,7966	42,490
24	0,8273	41,433
25	1,0529	35,279

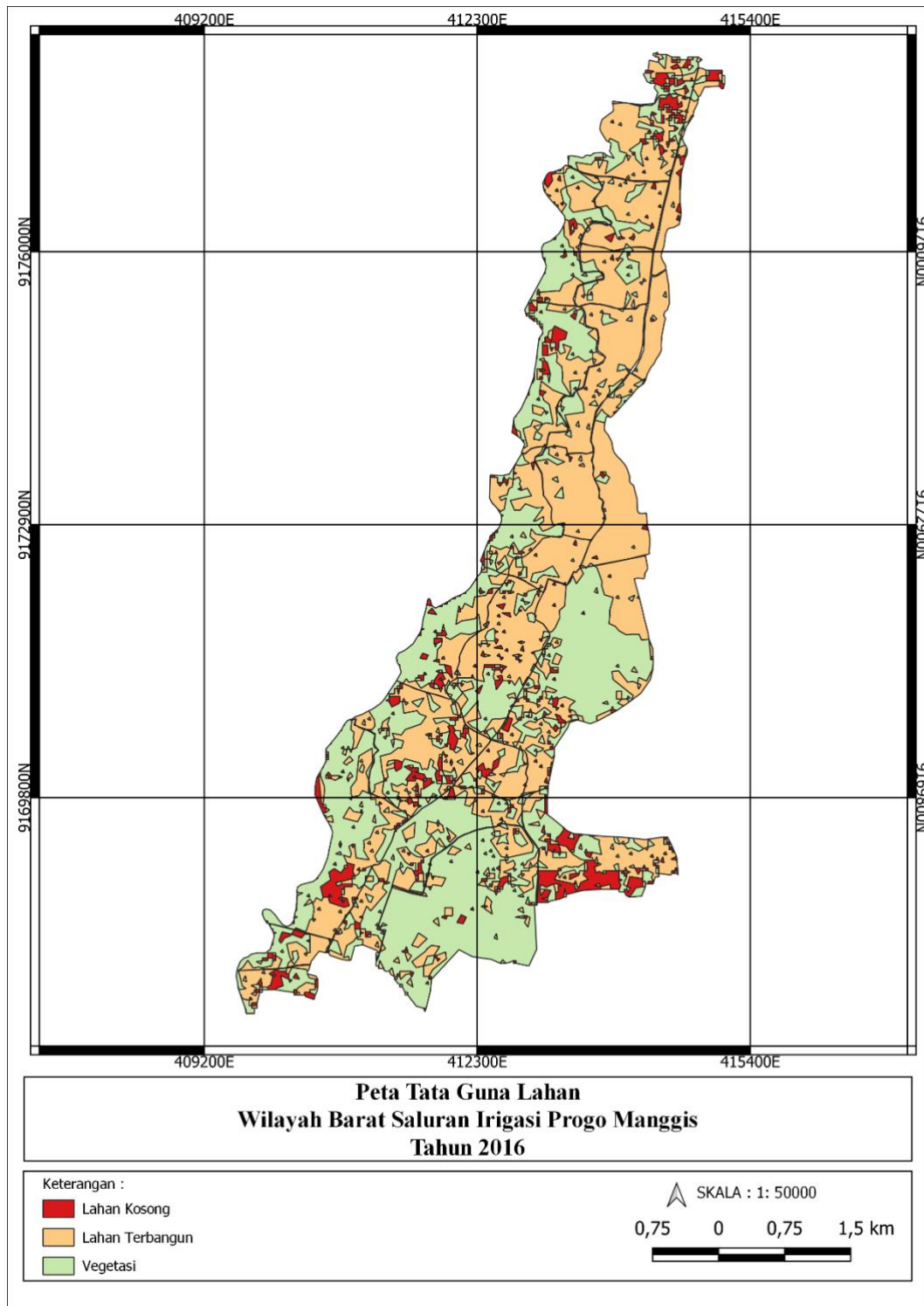
### 5.7 Analisis Tata Guna Lahan

Peta digital yang didapatkan melalui laman USGS didigitasi kemudian dipotong dengan peta *catchment area* melalui aplikasi QGIS. Dalam pembagian klasifikasi tutupan lahan, dibuat 3 macam klasifikasi. Pertama, vegetasi meliputi sawah, ladang, hutan, taman, dan perkebunan. Kedua, lahan terbangun meliputi permukiman, candi, dan gedung. Ketiga, lahan terbuka atau kosong seperti lapangan dan tanah kosong. Hasil analisis tutupan lahan tahun 2013, 2016, 2019, dan berdasarkan rencana tata ruang wilayah menunjukkan tampilan seperti gambar 5.3, 5.4, dan 5.5.

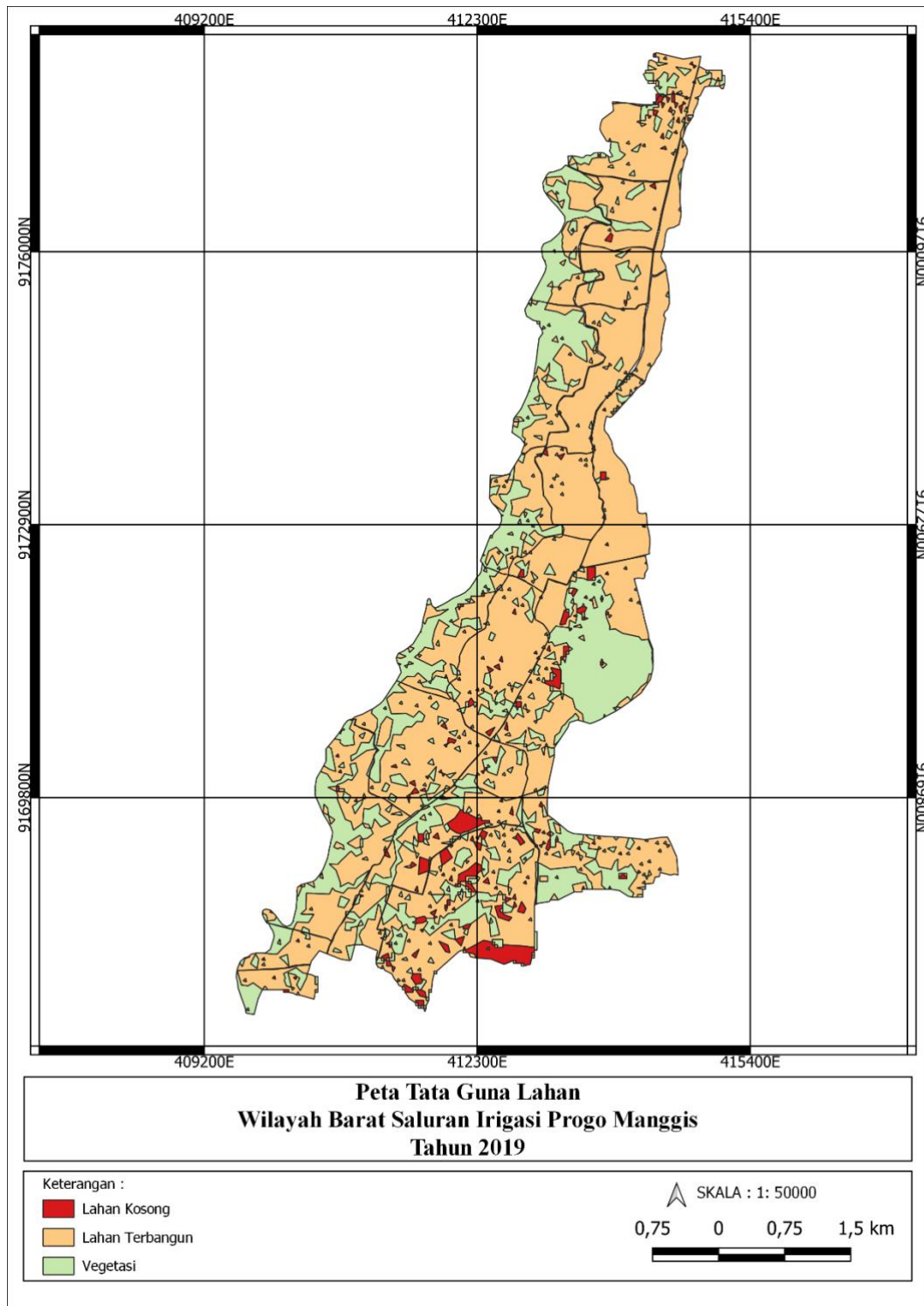


**Gambar 5.4 Peta Tata Guna Lahan Tahun 2013**





**Gambar 5.5 Peta Tata Guna Lahan Tahun 2016**



**Gambar 5.6 Peta Tata Guna Lahan Tahun 2019**

Luasan dari masing masing klasifikasi tutupan lahan dalam *catchment* adalah seperti Tabel 5.11 berikut.

**Tabel 5.11 Luas Klasifikasi pada *Catchment***

<i>Catchment</i>	Kategori	Luas (km <sup>2</sup> )		
		2013	2016	2019
1	Lahan Terbangun	0,0225	0,0971	0,1642
	Vegetasi	0,1753	0,0890	0,0633
	Lahan Kosong	0,0210	0,0451	0,0042
2	Lahan Terbangun	0,3302	0,5442	0,6997
	Vegetasi	0,3663	0,2167	0,1053
	Lahan Kosong	0,1206	0,0680	0,0238
3	Lahan Terbangun	0,1399	0,4722	0,4979
	Vegetasi	0,3349	0,0896	0,0690
	Lahan Kosong	0,0909	0,0125	0,0074
4	Lahan Terbangun	0,1500	0,3744	0,3141
	Vegetasi	0,4735	0,3044	0,3957
	Lahan Kosong	0,0739	0,0321	0,0012
5	Lahan Terbangun	0,1369	0,3893	0,4495
	Vegetasi	0,2665	0,1108	0,0523
	Lahan Kosong	0,0943	0,0027	0,0010
6	Lahan Terbangun	0,1930	0,5076	0,4304
	Vegetasi	0,6023	0,3388	0,4855
	Lahan Kosong	0,0937	0,0692	0,0000
7	Lahan Terbangun	0,1051	0,6733	0,7466
	Vegetasi	0,5626	0,1021	0,0289
	Lahan Kosong	0,0937	0,0006	0,0006
8	Lahan Terbangun	0,0605	0,5289	0,5556
	Vegetasi	0,4750	0,0363	0,0063
	Lahan Kosong	0,0289	0,0018	0,0051
9	Lahan Terbangun	0,1951	0,3441	0,3714
	Vegetasi	0,4171	0,3375	0,3266
	Lahan Kosong	0,0791	0,0169	0,0006
10	Lahan Terbangun	0,0670	0,3084	0,3220
	Vegetasi	0,2386	0,0409	0,0252
	Lahan Kosong	0,0434	0,0021	0,0042
11	Lahan Terbangun	0,6234	0,7424	1,0101
	Vegetasi	1,6296	0,3847	0,1469

**Lanjutan Tabel 5.11 Luas Klasifikasi pada Catchment**

<i>Catchment</i>	Kategori	Luas (km <sup>2</sup> )		
		2013	2016	2019
	Lahan Kosong	0,1832	0,0464	0,0165
12	Lahan Terbangun	0,1392	0,4755	0,4039
	Vegetasi	0,5782	0,2631	0,3865
	Lahan Kosong	0,0687	0,0546	0,0030
13	Lahan Terbangun	0,2904	0,7164	1,0767
	Vegetasi	0,8003	0,5254	0,2676
	Lahan Kosong	0,2657	0,1204	0,0178
14	Lahan Terbangun	0,2325	0,8860	0,8952
	Vegetasi	1,0904	0,5031	0,6212
	Lahan Kosong	0,1835	0,1317	0,0045
15	Lahan Terbangun	0,0826	0,1506	0,2136
	Vegetasi	0,1876	0,1182	0,0772
	Lahan Kosong	0,0197	0,0234	0,0015
16	Lahan Terbangun	0,1093	0,1260	0,1784
	Vegetasi	0,1162	0,1023	0,0997
	Lahan Kosong	0,0601	0,0508	0,0030
17	Lahan Terbangun	0,0312	0,0604	0,0781
	Vegetasi	0,0434	0,0239	0,0250
	Lahan Kosong	0,0303	0,0200	0,0009
18	Lahan Terbangun	0,0218	0,1733	0,1880
	Vegetasi	0,1473	0,0134	0,0069
	Lahan Kosong	0,0159	0,0082	0,0000
19	Lahan Terbangun	0,0182	0,2337	0,2364
	Vegetasi	0,2070	0,0042	0,0025
	Lahan Kosong	0,0349	0,0009	0,0000
20	Lahan Terbangun	0,0743	0,7216	0,7410
	Vegetasi	0,6475	0,0446	0,0226
	Lahan Kosong	0,0349	0,0060	0,0086
21	Lahan Terbangun	0,7288	1,4224	1,1897
	Vegetasi	1,5338	0,9969	1,2087
	Lahan Kosong	0,1929	0,0530	0,0739
22	Lahan Terbangun	0,1184	0,2680	0,2731
	Vegetasi	0,1866	0,0666	0,0810
	Lahan Kosong	0,0507	0,0233	0,0036
23	Lahan Terbangun	0,4348	0,5051	0,6769

**Lanjutan Tabel 5.11 Luas Klasifikasi Pada *Catchment***

<i>Catchment</i>	Kategori	Luas (km <sup>2</sup> )		
		2013	2016	2019
	Vegetasi	0,4485	0,3382	0,4380
	Lahan Kosong	0,2541	0,2884	0,0175
24	Lahan Terbangun	0,3206	0,6761	0,8283
	Vegetasi	0,6629	0,5352	0,3206
	Lahan Kosong	0,2602	0,0389	0,1002
25	Lahan Terbangun	0,4535	1,9451	1,5426
	Vegetasi	1,7010	0,3759	0,5178
	Lahan Kosong	0,2125	0,0371	0,2974

Agar dapat membandingkan perubahan dari masing-masing *catchment* setiap tahunnya, maka dibuat perbandingan luasan masing-masing *catchment* dalam bentuk persentase yang mana analisisnya adalah sebagai berikut.

#### 1. *Catchment* 1

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 1 menunjukkan bahwa lahan terbangun memiliki peningkatan dari 10% menjadi 70%. Hal itu juga membuat daerah vegetasi turun dari 80% menjadi 27%. Namun, pada lahan kosong dari tahun 2013 ke 2016 mengalami peningkatan sebesar 9% sementara dari tahun 2016 ke 2019 mengalami penurunan signifikan sebesar 17%.

**Tabel 5.12 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 1**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
1	Lahan Terbangun	10%	42%	71%
	Vegetasi	80%	38%	27%
	Lahan Kosong	10%	19%	2%

#### 2. *Catchment* 2

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 2 menunjukkan bahwa lahan terbangun memiliki peningkatan sebesar 44%. Hal itu juga membuat daerah vegetasi turun dari 45% menjadi 13% dan lahan kosong turun sebesar 12%.

**Tabel 5.13 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 2**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
2	Lahan Terbangun	40%	66%	84%
	Vegetasi	45%	26%	13%
	Lahan Kosong	15%	8%	3%

### 3. *Catchment* 3

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 3 menunjukkan bahwa lahan terbangun memiliki peningkatan yang cukup signifikan dari tahun 2013 ke tahun 2016 yaitu sebesar 57% sedangkan tahun selanjutnya peningkatan terjadi hanya sebesar 5%. Daerah vegetasi mengalami penurunan total sebesar 47%. Lahan kosong juga memiliki penurunan yaitu sebesar 15%.

**Tabel 5.14 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 3**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
3	Lahan Terbangun	25%	82%	87%
	Vegetasi	59%	16%	12%
	Lahan Kosong	16%	2%	1%

### 4. *Catchment* 4

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 4 menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan sebesar 31% dari tahun 2013 ke 2016, sedangkan penurunan dari tahun 2016 ke 2019 sebesar 9%. Daerah vegetasi mengalami total penurunan sebesar 12%. Sedangkan lahan kosong mengalami penurunan total dari 11% ke 0%.

**Tabel 5.15 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 4**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
4	Lahan Terbangun	22%	53%	44%
	Vegetasi	68%	43%	56%
	Lahan Kosong	11%	5%	0%

### 5. *Catchment* 5

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 5 menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan signifikan dari tahun 2013 ke 2016 sebesar 49% sedangkan daerah lahan kosong mengalami penurunan sebanyak 19%.

**Tabel 5.16 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 5**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
5	Lahan Terbangun	28%	77%	89%
	Vegetasi	54%	22%	10%
	Lahan Kosong	19%	1%	0%

6. *Catchment* 6

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 6 menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan sebesar 34% dari tahun 2013 ke 2016, sedangkan penurunan dari tahun 2016 ke 2019 sebesar 8%. Daerah vegetasi mengalami total penurunan sebesar 14%. Sedangkan lahan kosong mengalami penurunan total dari 10% ke 0%.

**Tabel 5.17 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 6**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
6	Lahan Terbangun	21%	55%	47%
	Vegetasi	67%	37%	53%
	Lahan Kosong	10%	8%	0%

7. *Catchment* 7

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 7 menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan signifikan dari 14% ke 96%. Daerah vegetasi mengalami total penurunan sebesar 70%. Sedangkan lahan kosong mengalami penurunan total dari 12% ke 0%.

**Tabel 5.18 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 7**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
7	Lahan Terbangun	14%	87%	96%
	Vegetasi	74%	13%	4%
	Lahan Kosong	12%	0%	0%

8. *Catchment* 8

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 8 menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan total sebesar 87%, Daerah vegetasi mengalami total

penurunan sebesar 83%. Sedangkan lahan kosong mengalami penurunan total dari 5% ke 1%.

**Tabel 5.19 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 8**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
8	Lahan Terbangun	11%	93%	98%
	Vegetasi	84%	4%	1%
	Lahan Kosong	5%	0%	1%

#### 9. *Catchment* 9

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 9 menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan sebesar 25% sedangkan daerah vegetasi mengalami penurunan dari sebesar 13%, dan daerah lahan kosong dari 11% ke 0%.

**Tabel 5.20 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 9**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
9	Lahan Terbangun	28%	49%	53%
	Vegetasi	60%	48%	47%
	Lahan Kosong	11%	2%	0%

#### 10. *Catchment* 10

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 10 menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan total sebesar 73%. Daerah vegetasi mengalami total penurunan sebesar 61%. Sedangkan lahan kosong mengalami penurunan total dari 12% ke 1%.

**Tabel 5.21 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 10**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
10	Lahan Terbangun	19%	88%	92%
	Vegetasi	68%	12%	7%
	Lahan Kosong	12%	1%	1%

#### 11. *Catchment* 11

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 11 menunjukkan bahwa lahan terbangun memiliki peningkatan dari 26% menjadi 86%. Hal itu juga membuat



daerah vegetasi turun dari 67% menjadi 13%. Sedangkan lahan kosong mengalami penurunan total dari 8% ke 1%.

**Tabel 5.22 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 11**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
11	Lahan Terbangun	26%	63%	86%
	Vegetasi	67%	33%	13%
	Lahan Kosong	8%	4%	1%

12. *Catchment* 12

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 12 menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan sebesar 42% dari tahun 2013 ke 2016, sedangkan penurunan dari tahun 2016 ke 2019 sebesar 9%. Daerah vegetasi mengalami total penurunan sebesar 25%. Sedangkan lahan kosong mengalami penurunan total dari 9% ke 0%.

**Tabel 5.23 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 12**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
12	Lahan Terbangun	18%	60%	51%
	Vegetasi	74%	33%	49%
	Lahan Kosong	9%	7%	0%

13. *Catchment* 13

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 13 menunjukkan bahwa lahan terbangun memiliki peningkatan sebesar 58%. Daerah vegetasi turun dari 59% menjadi 20% dan lahan kosong turun sebesar 19%.

**Tabel 5.24 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 13**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
13	Lahan Terbangun	21%	53%	79%
	Vegetasi	59%	39%	20%
	Lahan Kosong	20%	9%	1%

14. *Catchment* 14

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 14 menunjukkan bahwa lahan terbangun memiliki peningkatan yang cukup signifikan dari tahun 2013 ke tahun

2016 yaitu sebesar 43% sedangkan tahun selanjutnya peningkatan terjadi hanya sebesar 1%. Daerah vegetasi mengalami penurunan total sebesar 31%. Lahan kosong juga memiliki penurunan yaitu sebesar 12%.

**Tabel 5.25 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 14**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
14	Lahan Terbangun	15%	58%	59%
	Vegetasi	72%	33%	41%
	Lahan Kosong	12%	9%	0%

15. *Catchment* 15

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 15 menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan sebesar 45%. Daerah vegetasi mengalami total penurunan sebesar 39%. Sedangkan lahan kosong mengalami penurunan total dari 7% ke 1%.

**Tabel 5.26 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 15**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
15	Lahan Terbangun	28%	52%	73%
	Vegetasi	65%	40%	26%
	Lahan Kosong	7%	8%	1%

16. *Catchment* 16

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 16 menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan sebesar 25%. Daerah vegetasi mengalami total penurunan sebesar 6%. Sedangkan lahan kosong mengalami penurunan total dari 21% ke 1%.

**Tabel 5.27 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 16**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
16	Lahan Terbangun	38%	45%	63%
	Vegetasi	41%	37%	35%
	Lahan Kosong	21%	18%	1%

17. *Catchment* 17

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 17 menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan sebesar 45%. Daerah vegetasi mengalami total penurunan sebesar 17%. Sedangkan lahan kosong mengalami penurunan total dari 29% ke 1%.

**Tabel 5.28 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 17**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
17	Lahan Terbangun	30%	58%	75%
	Vegetasi	41%	23%	24%
	Lahan Kosong	29%	19%	1%

18. *Catchment* 18

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 18 menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan sebesar 84%. Daerah vegetasi mengalami total penurunan sebesar 76%. Sedangkan lahan kosong mengalami penurunan total dari 9% ke 0%.

**Tabel 5.29 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 18**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
18	Lahan Terbangun	12%	89%	96%
	Vegetasi	80%	7%	4%
	Lahan Kosong	9%	4%	0%

19. *Catchment* 19

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 19 menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan sebesar 91%. Daerah vegetasi mengalami total penurunan sebesar 88%. Sedangkan lahan kosong mengalami penurunan total dari 15% ke 0%.

**Tabel 5.30 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 19**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
19	Lahan Terbangun	8%	98%	99%
	Vegetasi	89%	2%	1%
	Lahan Kosong	15%	0%	0%

20. *Catchment* 20

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 20 menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan sebesar 86%. Daerah vegetasi mengalami total penurunan sebesar 83%. Sedangkan lahan kosong mengalami penurunan total dari 5% ke 1%.

**Tabel 5.31 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 20**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
20	Lahan Terbangun	10%	93%	96%
	Vegetasi	86%	6%	3%
	Lahan Kosong	5%	1%	1%

21. *Catchment* 21

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 21 menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan sebesar 28% dari tahun 2013 ke 2016, sedangkan penurunan dari tahun 2016 ke 2019 sebesar 10%. Daerah vegetasi mengalami total penurunan sebesar 13%. Sedangkan lahan kosong mengalami penurunan total sebesar 5%.

**Tabel 5.32 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 21**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
21	Lahan Terbangun	30%	58%	48%
	Vegetasi	62%	40%	49%
	Lahan Kosong	8%	2%	3%

22. *Catchment* 22

Analisis tata guna lahan pada *catchment* 22 menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan sebesar 33%. Daerah vegetasi mengalami total penurunan sebesar 29%. Sedangkan lahan kosong mengalami penurunan total sebesar 13%.

**Tabel 5.33 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment* 22**

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
22	Lahan Terbangun	33%	75%	76%
	Vegetasi	52%	19%	23%
	Lahan Kosong	14%	7%	1%

23. *Catchment 23*

Analisis tata guna lahan pada *catchment 23* menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan sebesar 22% . Daerah vegetasi mengalami perubahan dari tahun 2013 ke 2016 sebesar 9% kemudian kembali ke 39% di tahun 2019. Sedangkan lahan kosong mengalami penurunan total sebanyak 20%.

**Tabel 5.34 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment 23***

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
23	Lahan Terbangun	38%	45%	60%
	Vegetasi	39%	30%	39%
	Lahan Kosong	22%	25%	2%

24. *Catchment 24*

Analisis tata guna lahan pada *catchment 24* menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan sebesar 40%, sedangkan daerah vegetasi mengalami total penurunan sebesar 27%. Sedangkan lahan kosong mengalami penurunan total dari 21% ke 8%.

**Tabel 5.35 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment 24***

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
24	Lahan Terbangun	26%	54%	66%
	Vegetasi	53%	43%	26%
	Lahan Kosong	21%	3%	8%

25. *Catchment 25*

Analisis tata guna lahan pada *catchment 25* menunjukkan bahwa lahan terbangun mengalami kenaikan total sebesar 46%. Daerah vegetasi mengalami total penurunan sebesar 50%. Sedangkan lahan kosong mengalami kenaikan dari 9% menjadi 13%

**Tabel 5.36 Perbandingan Luas Klasifikasi *Catchment 25***

<i>Catchment</i>	Kategori	2013	2016	2019
25	Lahan Terbangun	19%	82%	65%
	Vegetasi	72%	16%	22%
	Lahan Kosong	9%	2%	13%

Nilai koefisien limpasan didapatkan melalui total perkalian antara luas masing masing tutupan lahan dengan koefisien pengaliran yang tertera pada tabel 3.12 dibagi luas lahan keseluruhan. Berikut adalah perhitungan koefisien limpasan untuk catchment 1 tahun 2013.

$$C = \frac{(0,021 \times 0,2) + (0,023 \times 0,325) + (0,175 \times 0,375)}{0,2312}$$

$$= 0,3353$$

Perhitungan koefisien limpasan selanjutnya dilakukan menggunakan perhitungan seperti diatas dan hasilnya adalah yang dicantumkan pada tabel 5.39

### 5.8 Analisis Debit Banjir

Perhitungan debit banjir dihitung menggunakan metode rasional sesuai pada persamaan 3.29. Adapun perhitungan debit banjir tahun 2013 adalah sebagai berikut.

1. Debit banjir tahun 2013

$$Q = 0,278 \times 0,3353 \times 63,538 \times 0,2312$$

$$= 1,3650 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Perhitungan debit banjir selanjutnya dilakukan menggunakan perhitungan seperti diatas dan hasilnya adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.37 Debit Banjir**

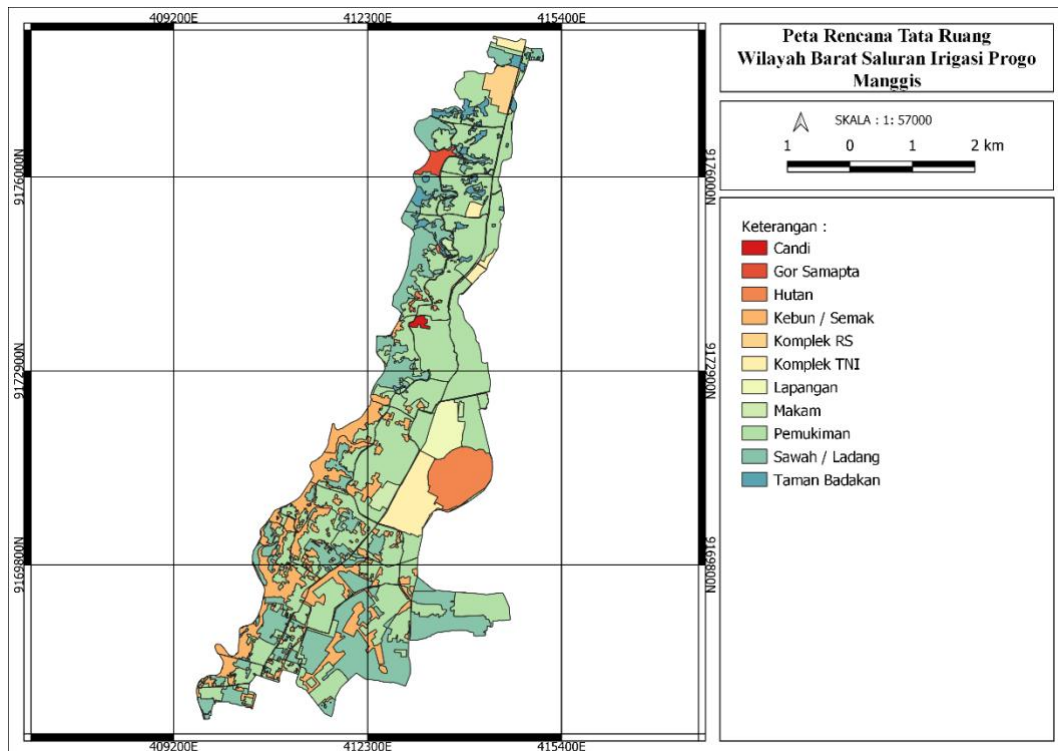
Catchment	Koefisien Limpasan (C)			Intensitas (mm/jam)	Luas Catchment (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /dtk)		
	2013	2016	2019			2013	2016	2019
1	0,3530	0,3792	0,3944	63,5381	0,2312	1,4416	1,5485	1,6106
2	0,3278	0,3290	0,4052	45,9784	0,8289	3,4729	3,4857	4,2926
3	0,3173	0,3294	0,4488	50,4558	0,5744	2,5561	2,6537	3,6160
4	0,3014	0,3226	0,3330	47,8017	0,7109	2,8474	3,0477	3,1458
5	0,3151	0,3299	0,4328	52,1853	0,5028	2,2983	2,4068	3,1572
6	0,3436	0,3515	0,3713	44,8340	0,9156	3,9212	4,0113	4,2372
7	0,3139	0,3268	0,4604	46,7519	0,7760	3,1661	3,2959	4,6435
8	0,3240	0,3244	0,4802	50,6197	0,5671	1,4416	1,5485	1,6106
9	0,3409	0,3483	0,3862	48,0164	0,6985	3,4729	3,4857	4,2926

Lanjutan Tabel 5.37 Debit Banjir

Catchment	Koefisien Limpasan ( C )			Intensitas (mm/jam)	Luas Catchment (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /dtk)		
	2013	2016	2019			2013	2016	2019
10	0,3191	0,3295	0,4497	57,1427	0,3514	2,5851	2,5889	3,8315
11	0,3412	0,3489	0,3937	42,1020	1,1735	3,1780	3,2470	3,6007
12	0,3224	0,3332	0,3786	46,4930	0,7933	1,7812	1,8395	2,5103
13	0,3300	0,3451	0,3666	40,5415	1,3622	4,6864	4,7921	5,4080
14	0,3460	0,3852	0,3927	39,4264	1,5207	3,3055	3,4161	3,8817
15	0,3412	0,3428	0,3967	59,8786	0,2922	5,0665	5,2974	5,6283
16	0,2975	0,3359	0,3536	60,5793	0,2791	5,7665	6,4204	6,5454
17	0,3085	0,3268	0,3929	77,7316	0,1043	1,6595	1,6673	1,9295
18	0,3201	0,3255	0,4737	66,3491	0,1949	1,3983	1,5788	1,6620
19	0,3250	0,3251	0,3940	63,0149	0,2389	0,6954	0,7366	0,8855
20	0,3241	0,3457	0,3811	46,8112	0,7722	1,1507	1,1701	1,7026
21	0,3122	0,3351	0,3464	34,8594	2,4723	1,3601	1,3602	1,6486
22	0,3238	0,3424	0,4312	56,8823	0,3578	3,2572	3,4740	3,8296
23	0,2969	0,3004	0,3278	42,4904	1,1317	7,4799	8,0275	8,2992
24	0,3202	0,3565	0,3742	41,4325	1,2501	1,8323	1,9374	2,4398
25	0,2494	0,2984	0,3221	35,2794	2,3581	3,9695	4,0158	4,3821

### 5.9 Analisis Rencana Tata Ruang Wilayah

Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) merupakan perencanaan struktur ruang dan pola yang disusun dalam skala nasional, regional, dan lokal. RTRW dibuat memperhatikan pola sebuah tempat berdasarkan sumber daya alam dan buatan, serta berbagai aspek administratif dan fungsional untuk mencapai pembangunan berkelanjutan. Gambar 5.7 menunjukkan peta tata guna lahan berdasarkan RTRW Kota Magelang.



**Gambar 5.7 Tata Guna Lahan berdasarkan RTRW**  
(Sumber : Peraturan Daerah Kota Magelang No.4, 2012)

Berdasarkan peta di atas didapatkan bahwa luas setiap klasifikasi dalam peta RTRW adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.38 Luas Klasifikasi pada *Catchment* RTRW**

<i>Catchment</i>	Keterangan	Luas (Km <sup>2</sup> )
1	Komplek TNI	0,072
	Pemukiman	0,036
	Taman Badakan	0,028
	Sawah / Ladang	0,078
	Komplek RS	0,001
2	Taman Badakan	0,119
	Sawah / Ladang	0,019
	Komplek RS	0,281
	Pemukiman	0,403
3	Taman Badakan	0,069
	Sawah / Ladang	0,064



Lanjutan Tabel 5.38 Luas Klasifikasi pada *Catchment* RTRW

<i>Catchment</i>	Keterangan	Luas (Km <sup>2</sup> )
	Pemukiman	0,441
4	Gor Samapta	0,131
	Taman Badakan	0,074
	Sawah / Ladang	0,353
	Pemukiman	0,152
5	Makam	0,005
	Komplek TNI	0,053
	Taman Badakan	0,044
	Sawah / Ladang	0,059
	Pemukiman	0,342
6	Pemukiman	0,298
	Taman Badakan	0,050
	Sawah / Ladang	0,510
	Makam	0,024
	Hutan	0,033
	Kebun / Semak	0,001
7	Taman Badakan	0,028
	Komplek TNI	0,001
	Sawah / Ladang	0,000
	Pemukiman	0,719
	Candi	0,000
	Kebun / Semak	0,026
	Lapangan	0,001
8	Sawah / Ladang	0,003
	Candi	0,041
	Pemukiman	0,523
9	Kebun / Semak	0,064
	Pemukiman	0,294
	Hutan	0,005
	Sawah / Ladang	0,326
	Taman Badakan	0,005
10	Kebun / Semak	0,016
	Pemukiman	0,329
	Lapangan	0,001
	Sawah / Ladang	0,003
	Taman Badakan	0,002

Lanjutan Tabel 5.38 Luas Klasifikasi pada *Catchment* RTRW

<i>Catchment</i>	Keterangan	Luas (Km <sup>2</sup> )
11	Kebun / Semak	0,169
	Pemukiman	0,634
	Komplek TNI	0,666
	Makam	0,128
	Sawah / Ladang	0,129
12	Kebun / Semak	0,463
	Pemukiman	0,201
	Sawah / Ladang	0,129
13	Pemukiman	0,734
	Kebun / Semak	0,364
	Sawah / Ladang	0,264
14	Pemukiman	0,469
	Kebun / Semak	0,655
	Sawah / Ladang	0,382
	Taman Badakan	0,013
15	Pemukiman	0,115
	Taman Badakan	0,000
	Sawah / Ladang	0,068
	Kebun / Semak	0,113
16	Kebun / Semak	0,045
	Pemukiman	0,112
	Sawah / Ladang	0,146
	Taman Badakan	0,000
17	Komplek TNI	0,003
	Pemukiman	0,046
	Taman Badakan	0,022
	Sawah / Ladang	0,034
	Komplek RS	0,011
18	Taman Badakan	0,020
	Komplek RS	0,007
	Pemukiman	0,168
19	Taman Badakan	0,006
	Komplek TNI	0,029
	Pemukiman	0,204
20	Komplek TNI	0,048
	Pemukiman	0,717

Lanjutan Tabel 5.38 Luas Klasifikasi pada *Catchment* RTRW

<i>Catchment</i>	Keterangan	Luas (Km <sup>2</sup> )
	Lapangan	0,002
	Kebun / Semak	0,006
21	Hutan	0,748
	Sawah / Ladang	0,004
	Pemukiman	0,609
	Kebun / Semak	0,014
	Makam	0,019
	Komplek TNI	0,662
	Lapangan	0,416
22	Pemukiman	0,226
	Sawah / Ladang	0,071
	Kebun / Semak	0,060
23	Pemukiman	0,531
	Sawah / Ladang	0,584
	Kebun / Semak	0,047
24	Kebun / Semak	0,303
	Pemukiman	0,725
	Sawah / Ladang	0,229
25	Kebun / Semak	0,388
	Pemukiman	0,787
	Sawah / Ladang	1,220

Nilai koefisien limpasan didapatkan melalui total perkalian antara luas masing masing tutupan lahan dengan koefisien pengaliran yang tertera pada tabel 3.12 dibagi luas lahan keseluruhan. Berikut adalah perhitungan koefisien limpasan untuk *catchment* 1 berdasarkan RTRW.

$$C = \frac{(0,072 \times 0,5) + (0,036 \times 0,325) + (0,028 \times 0,275) + (0,078 \times 0,375) + (0,001 \times 0,65)}{0,2312}$$

$$C = 0,368$$

Perhitungan koefisien limpasan selanjutnya dilakukan menggunakan perhitungan seperti diatas dan hasilnya adalah yang dicantumkan pada tabel 5.40.

Kemudian, perhitungan debit banjir RTRW dihitung menggunakan metode rasional sesuai pada persamaan 3.29. Adapun perhitungan debit banjir pada *catchment* 1 berdasarkan RTRW adalah sebagai berikut.

$$Q = 0,278 \times 0,368 \times 63,538 \times 0,2312$$

$$Q = 1,5028 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Perhitungan debit banjir selanjutnya dilakukan menggunakan perhitungan seperti di atas. Tabel 5.40 Merupakan hasil perhitungan debit tiap *catchment* berdasarkan RTRW.

**Tabel 5.39 Debit Banjir RTRW**

<i>Catchment</i>	Koefisien Limpasan ( C )	Intensitas, I (mm/jam)	Luas Catchment, A (km <sup>2</sup> )	Debit, Q m <sup>3</sup> /dtk
1	0,3692	63,5381	0,2312	1,5078
2	0,4266	45,9784	0,8289	4,5200
3	0,3246	50,4558	0,5744	2,6148
4	0,3584	47,8017	0,7109	3,3864
5	0,3433	52,1853	0,5028	2,5044
6	0,3480	44,8340	0,9156	3,9711
7	0,3216	46,7519	0,7760	3,2437
8	0,3560	50,6197	0,5671	2,8406
9	0,3417	48,0164	0,6985	3,1860
10	0,3227	57,1427	0,3514	1,8018
11	0,3802	42,1020	1,1735	5,2219
12	0,3039	46,4930	0,7933	3,1160
13	0,3213	40,5415	1,3622	4,9331
14	0,3151	39,4264	1,5207	5,2516
15	0,3223	59,8786	0,2922	1,5674
16	0,3710	60,5793	0,2791	1,7436
17	0,4089	77,7316	0,1043	0,9217
18	0,3313	66,3491	0,1949	1,1907
19	0,3448	63,0149	0,2389	1,4429
20	0,3352	46,8112	0,7722	3,3685
21	0,3646	34,8594	2,4723	8,7355
22	0,3266	56,8823	0,3578	1,8478
23	0,3574	42,4904	1,1317	4,7780
24	0,3239	41,4325	1,2501	4,6636
25	0,3478	35,2794	2,3581	8,0435

### 5.10 Perbandingan Debit Tahun 2019 dan RTRW

Sebagai pembandingan, dengan perhitungan yang sama, penulis membandingkan debit banjir yang dihasilkan pada tahun 2019 dengan debit banjir yang berasal dari Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Magelang. Hasilnya adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.40 Perbandingan Debit Banjir Tahun 2019 dan RTRW**

Catchment	Koefisien Limpasan ( C )		Q (m <sup>3</sup> /s)		$\Delta Q = \frac{Q_{2019}}{Q_{RTRW}}$
	2019	RTRW	2019	RTRW	
1	0,3944	0,3692	1,6106	1,5078	107%
2	0,4052	0,4266	4,2926	4,5200	95%
3	0,4488	0,3246	3,6160	2,6148	138%
4	0,3330	0,3584	3,1458	3,3864	93%
5	0,4328	0,3433	3,1572	2,5044	126%
6	0,3713	0,3480	4,2372	3,9711	107%
7	0,4604	0,3216	4,6435	3,2437	143%
8	0,4802	0,3560	3,8315	2,8406	135%
9	0,3862	0,3417	3,6007	3,1860	113%
10	0,4497	0,3227	2,5103	1,8018	139%
11	0,3937	0,3802	5,4080	5,2219	104%
12	0,3786	0,3039	3,8817	3,1160	125%
13	0,3666	0,3213	5,6283	4,9331	114%
14	0,3927	0,3151	6,5454	5,2516	125%
15	0,3967	0,3223	1,9295	1,5674	123%
16	0,3536	0,3710	1,6620	1,7436	95%
17	0,3929	0,4089	0,8855	0,9217	96%
18	0,4737	0,3313	1,7026	1,1907	143%
19	0,3940	0,3448	1,6486	1,4429	114%
20	0,3811	0,3352	3,8296	3,3685	114%
21	0,3464	0,3646	8,2992	8,7355	95%
22	0,4312	0,3266	2,4398	1,8478	132%
23	0,3278	0,3574	4,3821	4,7780	92%
24	0,3742	0,3239	5,3883	4,6636	116%
25	0,3221	0,3478	7,4494	8,0435	93%

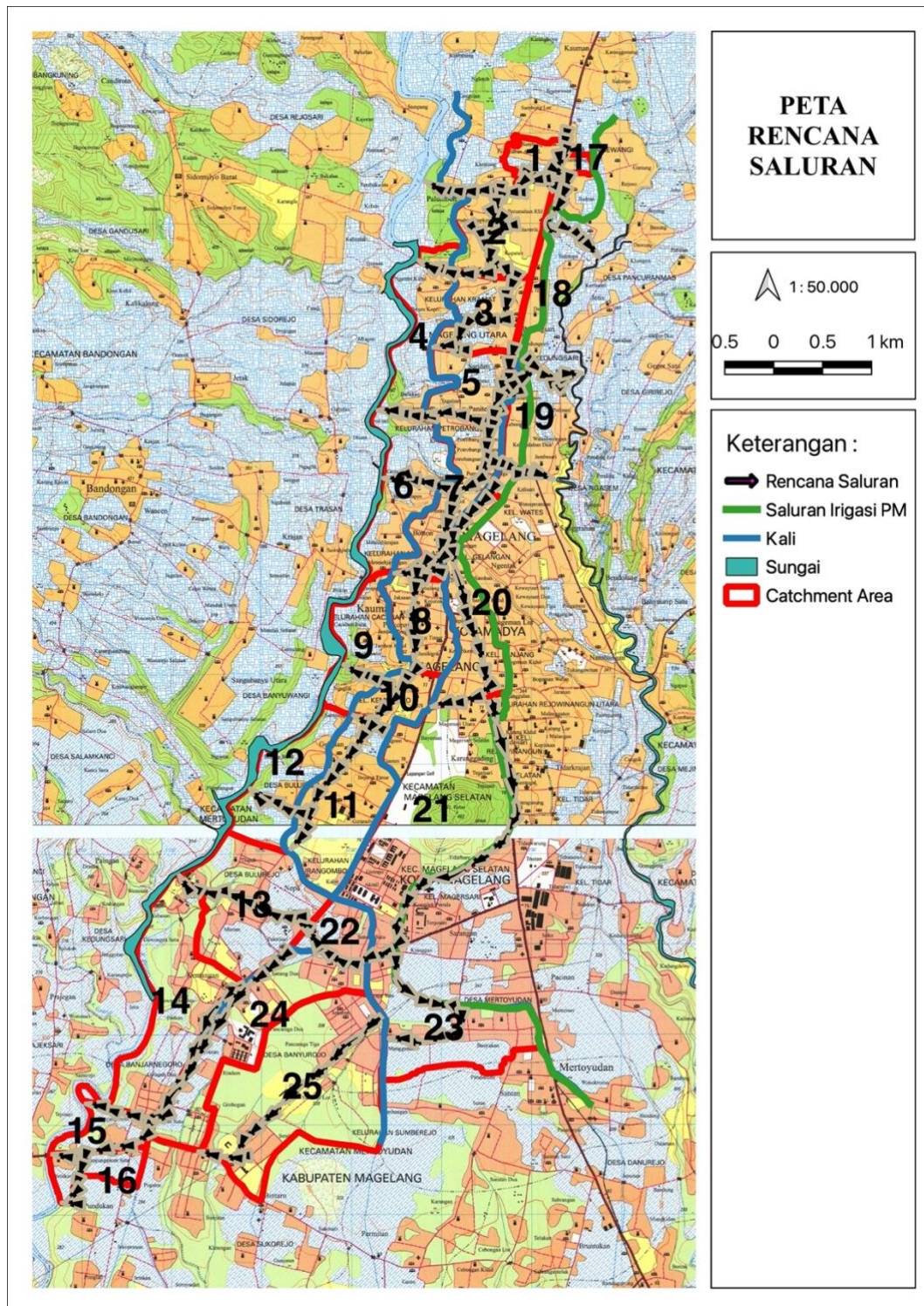
$\Delta Q$  menunjukkan perbandingan antara debit banjir tahun 2019 dan debit banjir RTRW. Dapat lihat bahwa, hampir di semua catchment debit banjir tahun 2019

sudah mencapai bahkan melampaui debit rencana tata ruang wilayah. Sehingga perlu adanya perencanaan drainase yang mampu menampung limpasan air tersebut.

### **5.11 Perencanaan Saluran**

Untuk membuat saluran dapat menampung limpasan air yang ada maka perlu dilakukan perencanaan serta perhitungan rencana saluran drainase. Berikut adalah gambar lokasi perencanaan saluran drainase primer.





**Gambar 5.8 Peta Rencana Saluran Primer Drainase**

Dalam penelitian ini digunakan nilai debit hidrologi terbesar antara tahun 2013, 2016, 2019, dan debit yang dihasilkan oleh RTRW. Adapun nilai debit terbesar dari tiap catchment adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.41 Debit Terbesar**

Catchment	Q (m <sup>3</sup> /det)	Dasar Perhitungan Debit
1	1,611	Tutupan Lahan 2019
2	4,520	Tutupan Lahan RTRW
3	3,616	Tutupan Lahan 2019
4	3,386	Tutupan Lahan RTRW
5	3,157	Tutupan Lahan 2019
6	4,237	Tutupan Lahan 2019
7	4,644	Tutupan Lahan 2019
8	3,832	Tutupan Lahan 2019
9	3,601	Tutupan Lahan 2019
10	2,510	Tutupan Lahan 2019
11	5,408	Tutupan Lahan 2019
12	3,882	Tutupan Lahan 2019
13	5,628	Tutupan Lahan 2019
14	6,545	Tutupan Lahan 2019
15	1,929	Tutupan Lahan 2019
16	1,744	Tutupan Lahan RTRW
17	0,922	Tutupan Lahan RTRW
18	1,703	Tutupan Lahan 2019
19	1,649	Tutupan Lahan 2019
20	3,830	Tutupan Lahan 2019
21	8,735	Tutupan Lahan RTRW
22	2,440	Tutupan Lahan 2019
23	4,778	Tutupan Lahan RTRW
24	5,388	Tutupan Lahan 2019
25	8,043	Tutupan Lahan RTRW



Saluran dalam penelitian ini direncanakan berbentuk persegi. Tabel 5.50 menunjukkan elevasi dan panjang saluran di setiap *catchment*. Kemiringan saluran didapatkan melalui data elevasi dan panjang saluran. Adapun perhitungan kemiringan saluran untuk *catchment* 1 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{(\text{Elevasi Hulu} - \text{Elevasi Hilir})}{\text{Panjang Saluran}} \\
 &= \frac{(395,045 - 387,27728)}{1874,185} \\
 &= 0,004
 \end{aligned}$$

Perhitungan kemiringan saluran untuk *catchment* berikutnya dilakukan menggunakan persamaan yang sama sehingga hasilnya adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.42 Elevasi Saluran**

<i>Catchment</i>	Panjang Saluran (m)	Elevasi Hulu	Elevasi Hilir	Kemiringan Saluran (I)
1	1874,185	395,045	387,27728	0,004
2	1750,286	385,0615	369,8411	0,009
3	1347,661	382,3309	369,98215	0,009
4	517,017	365,22632	348,7108	0,032
5	1380,965	383,22192	359,37234	0,017
6	613,983	361,09253	345,3177	0,026
7	2200,502	376,3084	359,4768	0,008
8	881,805	370,04926	364,40775	0,006
9	460,216	368,80524	325,28482	0,095
10	925,107	363,98517	367,45337	0,004
11	1546,273	367,6371	364,584	0,002
12	548,384	355,53287	301,57388	0,098
13	1467,864	355,83893	300,50357	0,038
14	2451,956	322,73932	280,24835	0,017
15	1140,336	305,79877	283,04135	0,020
16	586,933	282,97354	262,33853	0,035
17	1502,78	389,8494	385,3054	0,003
18	847,335	385,8271	383,05112	0,003
19	574,7	380,57834	376,23856	0,008
20	3735,586	372,69855	383,76215	0,003
21	3508,143	371,50156	355,1291	0,005

Lanjutan Tabel 5.42 Elevasi Saluran

<i>Catchment</i>	Panjang Saluran (m)	Elevasi Hulu	Elevasi Hilir	Kemiringan Saluran (I)
22	763,556	352,17776	351,2104	0,001
23	2011,411	357,21432	352,73486	0,002
24	2295,554	345,18765	306,50717	0,017
25	2523,774	350,9585	302,68384	0,019

Ukuran *Precast* yang digunakan sebagai acuan adalah *U-ditch* tipe large milik PT. Dantosan Precon Perkasa dan *box culvert* milik PT. Indojoya Mitra Perkasa. Type dan dimensi *precast* dapat dilihat di brosur pada lampiran. Adapun contoh perhitungan saluran direncanakan pada *catchment* 1 adalah sebagai berikut.

$$\text{Debit limpasan (Q)} = 1,611 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\text{Kecepatan ijin (v}_{\text{ijin}}) = 1,5 \text{ m/dtk}$$

$$\text{Koefisien manning (n)} = 0,015$$

$$\text{Tinggi jagaan (Fb)} = 0,25$$

$$\text{Lebar precast (b)} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi precast (h)} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan topografi} = 0,004$$

1. Keliling saluran

$$\begin{aligned} P &= (2 \times h) + b \\ &= (2 \times 1,2) + 1,2 \\ &= 3,6 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Luas penampang saluran

$$\begin{aligned} A &= b \times h \\ &= 1,2 \times 1,2 \\ &= 1,44 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. Jari-jari hidrolis saluran

$$\begin{aligned} R &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{1,44}{3,6} \end{aligned}$$

$$= 0,4 \text{ m}$$

4. Kemiringan Saluran

$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$I = \frac{1,5^2}{\left(\frac{1}{0,015} \times 0,4^{\frac{2}{3}}\right)}$$

$$= 0,0017$$

5. Luas penampang basah

$$A = b \times d$$

$$= 1,2 \times d$$

$$= 1,2d$$

6. Keliling basah saluran

$$P = (2 \times d) + b$$

$$= 2d + 1,2$$

7. Jari-jari hidrolis

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

$$= \frac{1,2d}{2d+1,2}$$

8. Kecepatan aliran

$$v = \frac{1}{0,015} \times \left(\frac{1,2d}{2d+1,2}\right)^{2/3} \times 0,0017^{1/2}$$

$$= 1,417 \text{ m/dtk}$$

9. Kedalam aliran

$$Q_{\text{hidrologi}} = A \times v$$

$$= (b \times d) \times \left(\frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}\right)$$

$$d = Q / v / b$$

$$= 1,611 / 1,417 / 1,2$$

$$= 0,947$$

## 10. Tinggi Jagaan (Fb)

Sesuai tabel 3.9 debit 1,611 m<sup>3</sup>/dtk memiliki tinggi jagaan 0,25

## 11. Tinggi minimal saluran

$$\begin{aligned} H &= d + Fb \\ &= 0,947 + 0,25 \\ &= 1,2 \end{aligned}$$

## 12. Kapasitas saluran

$$\begin{aligned} Q &= A \times v \\ &= 1,44 \times 1,5 \\ &= 2,16 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Debit rencana drainase kemudian dibandingkan untuk mengetahui apabila terjadi peluapan atau tidak. Berikut ini adalah hasil perhitungan dimensi yang akan digunakan dalam saluran rencana.

**Tabel 5.43 Dimensi dan Debit Saluran Rencana**

Qlimpasan (m <sup>3</sup> /dtk)	Kemiringan Saluran, I	Dimensi <i>Precast</i>		d (m)	Fb (m)	H <sub>butuh</sub> (m)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	V <sub>saluran</sub> (m/dtk)	Q <sub>saluran</sub> (m <sup>3</sup> /dtk)
		b	h								
1,611	0,0017	1,2	1,2	0,9	0,3	1,2	1,440	3,600	0,400	1,500	2,160
4,520	0,0009	2,0	2,0	1,6	0,3	1,8	4,000	6,000	0,667	1,501	6,003
3,616	0,0010	1,8	1,8	1,4	0,3	1,7	3,240	5,400	0,600	1,500	4,859
3,386	0,0011	1,6	1,8	1,5	0,3	1,7	2,880	5,200	0,554	1,499	4,317
3,157	0,0011	1,8	1,6	1,2	0,3	1,5	2,880	5,000	0,576	1,500	4,319
4,237	0,0010	1,8	2,0	1,6	0,3	1,9	3,600	5,800	0,621	1,500	5,399
4,644	0,0005	3,0	3,0	1,3	0,3	1,6	9,000	9,000	1,000	1,500	13,501
3,832	0,0005	3,0	3,0	1,1	0,3	1,4	9,000	9,000	1,000	1,500	13,502
3,601	0,0009	2,0	2,0	1,3	0,3	1,6	4,000	6,000	0,667	1,500	6,001
2,510	0,0012	1,6	1,4	1,1	0,3	1,4	2,240	4,400	0,509	1,500	3,360
5,408	0,0008	2,2	2,1	1,7	0,3	2,0	4,620	6,400	0,722	1,500	6,930
3,882	0,0009	2,0	1,8	1,4	0,3	1,6	3,600	5,600	0,643	1,500	5,400
5,628	0,0005	3,0	3,0	1,5	0,3	1,8	9,000	9,000	1,000	1,500	13,502
6,545	0,0005	3,0	3,0	1,7	0,3	2,0	9,000	9,000	1,000	1,500	13,501
1,929	0,0014	1,4	1,3	1,0	0,3	1,2	1,820	4,000	0,455	1,500	2,730
1,744	0,0014	1,4	1,3	0,9	0,3	1,2	1,820	4,000	0,455	1,500	2,730
0,922	0,0022	1,0	1,0	0,7	0,2	0,9	1,000	3,000	0,333	1,500	1,500
1,703	0,0015	1,4	1,2	0,9	0,3	1,1	1,680	3,800	0,442	1,500	2,520

Lanjutan Tabel 5.43 Dimensi dan Debit Saluran Rencana

Qlimpasan (m <sup>3</sup> /dtk)	Kemiringan Saluran, I	Dimensi <i>Precast</i>		d (m)	Fb (m)	H <sub>butuh</sub> (m)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	V <sub>saluran</sub> (m/dtk)	Q <sub>saluran</sub> (m <sup>3</sup> /dtk)
		b	h								
1,649	0,0016	1,2	1,5	1,0	0,3	1,3	1,800	4,200	0,429	1,500	2,700
3,830	0,0009	2,0	2,0	1,4	0,3	1,6	4,000	6,000	0,667	1,499	5,998
8,735	0,0005	3,0	3,0	2,1	0,3	2,4	9,000	9,000	1,000	1,500	13,500
2,440	0,0013	1,4	1,6	1,2	0,3	1,5	2,240	4,600	0,487	1,499	3,359
4,778	0,0009	2,0	2,0	1,7	0,3	1,9	4,000	6,000	0,667	1,500	6,000
5,388	0,0008	2,1	2,1	1,8	0,3	2,1	4,410	6,300	0,700	1,499	6,612
8,043	0,0005	3,0	3,0	2,0	0,3	2,3	9,000	9,000	1,000	1,501	13,507



### 5.12 Perencanaan Jumlah Bangunan Terjun

Pada perencanaan saluran, diperlukan bangunan terjun agar kecepatan saluran tidak mencapai nilai kecepatan ijin ( $v$ ) yang sudah direncanakan. Perhitungan jumlah bangunan terjun pada *catchment* 1 adalah sebagai berikut.

$$\text{Elevasi Hulu} = 395.045$$

$$\text{Elevasi Hilir} = 387.2778$$

$$L = 1874,185 \text{ m}$$

$$I_{\text{rencana}} = 0,0017$$

$$h_{\text{bangunan terjun}} = 2 \text{ m}$$

$$1. \quad I_{\text{topografi}} = \frac{\text{Elevasi Hulu} - \text{Elevasi Hilir}}{L}$$

$$= \frac{395,045 - 387,2778}{1874,185}$$

$$= 0,004$$

$$2. \quad H_1 = L \times I_{\text{topografi}}$$

$$= 1874,185 \times 0,004$$

$$= 7,768 \text{ m}$$

$$3. \quad H_2 = L \times I_2$$

$$= 1874,185 \times 0,0017$$

$$= 3,219 \text{ m}$$

$$4. \quad \Delta H = H_1 - H_2$$

$$= 7,768 - 3,219$$

$$= 4,549$$

$$5. \quad n = \Delta H / h_{\text{saluran}}$$

$$= 4,549 / 2$$

$$= 2 \text{ buah}$$

Perhitungan jumlah bangunan terjun pada *catchment* lainnya menggunakan perhitungan yang sama, hasilnya adalah sebagai berikut.

**Tabel 5.44 Tabel Jumlah Kebutuhan Bangunan Terjun**

I <sub>topografi</sub>	I <sub>rencana</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	$\Delta H$	$\Delta n$
0,004	0,0017	7,768	3,219	4,549	2
0,009	0,0009	15,220	1,523	13,698	7
0,009	0,0010	12,349	1,347	11,002	6
0,032	0,0011	16,516	0,575	15,941	8
0,017	0,0011	23,850	1,458	22,391	11
0,026	0,0010	15,775	0,587	15,188	8
0,008	0,0005	16,832	1,114	15,718	8
0,006	0,0005	5,642	0,446	5,195	3
0,095	0,0009	43,520	0,400	43,120	22
0,004	0,0012	3,468	1,152	2,316	1
0,002	0,0008	3,053	1,209	1,844	1
0,098	0,0009	53,959	0,500	53,459	27
0,038	0,0005	55,335	0,743	54,592	27
0,017	0,0005	42,491	1,241	41,250	21
0,020	0,0014	22,757	1,649	21,108	11
0,035	0,0014	20,635	0,849	19,786	10
0,003	0,0022	4,544	3,291	1,253	1
0,003	0,0015	2,776	1,274	1,502	1
0,008	0,0016	4,340	0,900	3,440	2
0,003	0,0009	11,064	3,244	7,819	4
0,005	0,0005	16,372	1,776	14,597	7
0,001	0,0013	0,967	1,008	0,041	0
0,002	0,0009	4,479	1,748	2,731	1
0,017	0,0008	38,680	1,868	36,813	18
0,019	0,0005	48,275	1,279	46,996	23

### 5.12 Pembahasan

Data curah hujan yang dihitung menggunakan parameter statistik dan uji kesesuai Chi kuadrat dan Smirnov Kolmogorov menunjukkan jenis distribusi Log Pearson tipe III dapat digunakan sebagai metode distribusi dalam perhitungan curah hujan penelitian ini. Perhitungan curah hujan harian menggunakan kala ulang 10 tahun sesuai dengan tipologi kota dan jumlah penduduk yang ada di Kota Magelang. Hasil dari perhitungan tersebut adalah nilai curah hujan sebesar 105,322 mm.



Wilayah Kota Magelang dibagi menjadi 25 *catchment* berdasarkan kondisi drainase *existing*, arah aliran, serta letak sungai yang ada. Analisis perubahan tata guna lahan di Kota Magelang menunjukkan adanya beberapa perubahan signifikan yang terjadi. Lahan terbangun mengalami peningkatan di semua *catchment area*. Daerah vegetasi mengalami penurunan di semua *catchment*. Sedangkan, daerah lahan kosong di beberapa *catchment* mengalami penurunan hingga 0%.

Hasil perbandingan antara debit tahun 2019 dengan RTRW menunjukkan bahwa beberapa debit pada tahun 2019 mendekati debit pada RTRW sedangkan di beberapa *catchment* lainnya ketercapaian mencapai lebih dari 100%.

Untuk meminimalisir peluapan tersebut direncanakan saluran drainase primer disetiap *catchment* dengan saluran drainase tipe *U-ditch* atau *box culvert* dengan dimensi bervariasi. Hasil *trial and error* dalam perencanaan saluran menunjukkan bahwa elevasi saluran dan panjang saluran membuat kemiringan yang besar sehingga nilai kecepatan juga besar. Saluran harus dikurangi kemiringannya dengan cara menambahkan bangunan terjun agar didapatkan nilai kecepatan yang sesuai.

Kemudian, debit hidrologi yang merupakan debit maksimum dari tahun 2013, 2016, 2019, dan debit yang dihasilkan RTRW dibandingkan dengan debit hasil analisa hidrolika perencanaan saluran. Hasil analisa hidrolika menunjukkan bahwa semua rencana saluran drainase mampu menampung limpasan air hujan yang ada ( $Q_{limpasan} < Q_{saluran}$ ). Berikut adalah tabel perbandingan antara debit limpasan dan saluran rencana.

**Tabel 5.45 Perbandingan Debit Limpasan dan Saluran**

<i>Catchment</i>	$Q_{\text{limpasan}}$	$Q_{\text{saluran}}$	Cek
1	1,611	2,160	Aman
2	4,520	6,003	Aman
3	3,616	4,859	Aman
4	3,386	4,317	Aman
5	3,157	4,319	Aman
6	4,237	5,399	Aman
7	4,644	13,501	Aman
8	3,832	13,502	Aman
9	3,601	6,001	Aman
10	2,510	3,360	Aman
11	5,408	6,930	Aman
12	3,882	5,400	Aman
13	5,628	13,502	Aman
14	6,545	13,501	Aman
15	1,929	2,730	Aman
16	1,744	2,730	Aman
17	0,922	1,500	Aman
18	1,703	2,520	Aman
19	1,649	2,700	Aman
20	3,830	5,998	Aman
21	8,735	13,500	Aman
22	2,440	3,359	Aman
23	4,778	6,000	Aman
24	5,388	6,612	Aman
25	8,043	13,507	Aman

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **4.5 Kesimpulan**

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Analisis perubahan tata guna lahan menunjukkan bahwa terjadi perubahan pada tata guna lahan yang terjadi antara tahun 2013 sampai 2019. Daerah lahan terbangun terlihat semakin luas sedangkan lahan kosong dan daerah vegetasi mengalami penyempitan.
2. Daerah penelitian seluruhnya mengalami peningkatan nilai koefisien limpasan karena perubahan tata guna lahan di Kota Magelang sehingga mempengaruhi debit banjir, walaupun tidak signifikan tetapi konstan meningkat di setiap tahunnya.
3. Debit banjir pada tahun 2019 di beberapa catchment sudah melampaui debit rencana yang dimiliki oleh RTRW Kota Magelang.
4. Kebutuhan dimensi saluran drainase untuk menampung debit limpasan air hujan bervariasi, digunakan saluran jenis *U-ditch* dan *box culvert*.

#### **4.6 Saran**

Dengan memperhatikan hasil penelitian maka terdapat beberapa saran terkait antara lain.

1. Perlu dilakukan penelitian lainnya dengan memfokuskan perubahan tata guna lahan dengan klasifikasi secara lebih spesifik.
2. Perlu dilakukan penelitian lainnya mengenai perubahan tata guna lahan dengan menggunakan metode atau *software* lain sebagai perbandingan.
3. Adanya pengaturan sistem drainase ulang pada Kota Magelang agar terjadi keseimbangan pembangunan dalam perwujudan sistem rencana tata ruang wilayah.

## DAFTAR PUSTAKA

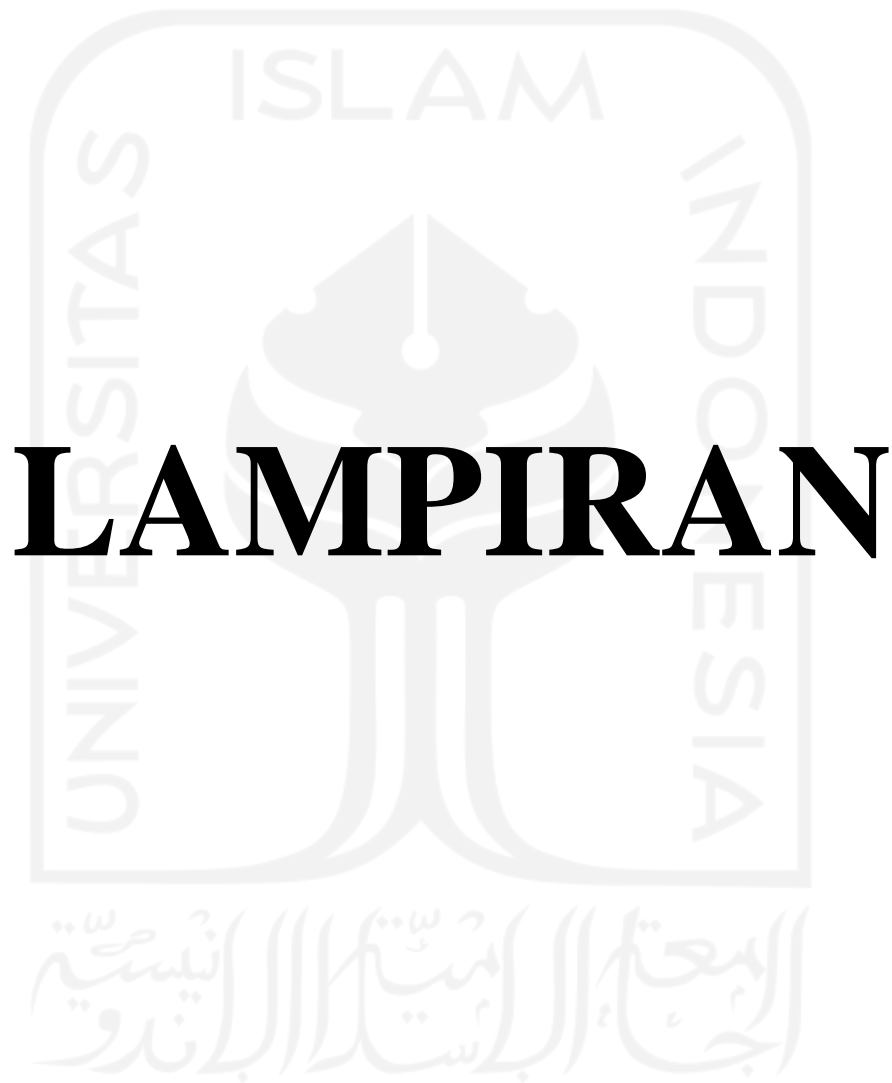
- Dharma, I. G., Yekti, M. I., & Permana, G. I. 2015. Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir. *Berkala Ilmiah Teknik Keairan*. Vol. 13 No.3. Bali.
- Earth Resources Observation and Science Center. *United States Geological Survey*. Diambil kembali dari (<https://www.usgs.gov>. Diakses Oktober 2021)
- Halim, F. 2014. Pengaruh Hubungan Tata Guna Lahan dengan Debit Banjir pada Daerah Aliran Sungai Malalayang. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*. Vol.4 No.1:45-54. Manado.
- Kabeja, C., Li, R., Guo, J., Rwatangabo, D. E., Manyifika, M., Gao, Z., . . . Zhang, Y. 2020. The Impact of Reforestation Induced Land Cover Change (1990-2017) on Flood Peak Discharge Using HEC-HMS Hydrological Model and Satellite Observations: A Study in Two Mountain Basins, China. *Water* 2020, 12, 1347.
- Karamage, F., Zhang, C., Fang, X., Liu, T., Ndayisaba, F., Nahayo, L., . . . Nsengiyumva, J. B. 2017. Modelig Rainfall-Runoff Response to Land Use and Land Cover Change in Rwanda (1990-2016). *Water*. Franchini, M. (editor). Elsevier
- Kementrian Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Sumber Daya Air, Direktorat Irigasi dan Rawa. 2013. Kriteria perencanaan Bagian Bangunan KP-04. In *Standar Perencanaan Irigasi*.
- Kiefer, T., & Lillesand, R. 1979. *Penginderaan Jauh dan Interpretas Citra*. Terjemahan oleh Dulbahri, P. Suharsono, Hartono, & Suharyadi, Eds. Gajah Mada University Press. Bulak Sumur, Yogyakarta.
- Krisnayanti, D. S., Hunggurami, E., & Dhima-Wea, K. N. April, 2017. Perencanaan Drainase Kota Seba. *Jurnal Teknik Sipil FST Undana*, VI.
- Nainggolan, J., H, Y. L., & Sutikno, S. 2015. Analisis Dampak Perubahan Tata Guna Lahan DAS Siak Bagian Hulu Terhadap Debit Banjir. 9.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi Offset. Yogyakarta.

Tanudjaja, L., Wuisan, E. M., & Tangkudung, H. April, 2013. Perencanaan Sistem Drainase di Kawasan Pusat Kota Amurang. *Jurnal Sipil Statik*, 1(2337-6732), 341-349.

Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta

Wirosoedarmo, R., Anugroho, F., Sari, N. R., & Gustinasari, K. 2018. *The Study of Land Use Change to Flood Discharge In Gunting Sub-Watershed of Jombang Regency, East Java - Indonesia*. *Poll Res.* 37:355-361. Universitas Brawijaya. Malang



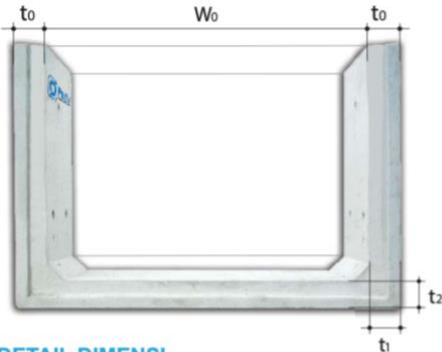


# LAMPIRAN

## Lampiran 1. Dimensi Precast



### DETAIL U-DITCH



## 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,  $f_y = 5000\text{kg/cm}^2$

#### DETAIL DIMENSI

TIPE	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	t <sub>0</sub> (mm)	t <sub>1</sub> (mm)	t <sub>2</sub> (mm)	L (mm)	Berat (kg)	
U-Ditch 1000	1000	1000x1000	1000	85	104	104	1200	1088
		1000x1200	1200	80	104	104	1200	1194
		1000x1300	1300	100	126	126	1200	1515
		1000x1500	1500	95	126	126	1200	1635
		1000x1600	1600	93	126	126	1200	1694
U-Ditch 1200	1200	1200x1000	1000	89	108	108	1200	1207
		1200x1200	1200	84	108	108	1200	1311
		1200x1300	1300	82	108	108	1200	1353
		1200x1500	1500	102	133	133	1200	1821
		1200x1600	1600	100	133	133	1200	1879
U-Ditch 1400	1400	1400x1200	1200	128	152	152	1200	2041
		1400x1400	1400	123	152	152	1200	2125
		1400x1600	1600	119	152	152	1200	2275
		1400x1800	1800	114	152	152	1200	4315
		1400x2000	2000	118	160	160	1200	3014
Toleransi	±6	±6	±6	±6	±6	±15	±5%	

#### DETAIL DIMENSI

TIPE	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	t <sub>0</sub> (mm)	t <sub>1</sub> (mm)	t <sub>2</sub> (mm)	L (mm)	Berat (kg)	
U-Ditch 1600	1600	1600x1200	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	1800	1800x1400	1400	131	160	160	1200	2523
		1800x1600	1600	127	160	160	1200	2633
		1800x1800	1800	122	160	160	1200	2785
		1800x2000	2000	118	160	160	1200	2928
U-Ditch 2000	2000	2000x1500	1500	129	160	160	1200	2605
		2000x1600	1600	127	160	160	1200	2742
		2000x1800	1800	122	160	160	1200	2843
U-Ditch 2100	2100	2100x1500	1500	152	196	196	1200	3377
		2100x1600	1600	149	196	196	1200	3476
		2100x1800	1800	142	196	196	1200	3660
U-Ditch 2200	2200	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
		2200x2100	2100	133	196	196	1200	3984
U-Ditch 2300	2300	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
		2300x2100	2100	133	196	196	1200	4047
		2300x2300	2300	126	196	196	1200	4197
		Toleransi	±12	±12	±6	±6	±6	±15

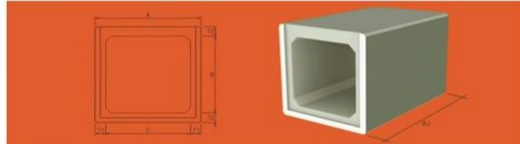


For Further Technical assistance please contact our engineers

Gambar L-1.1 Dimensi U-ditch

# Dimensi Produk

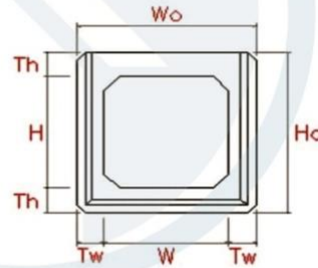
## BOX CULVERT



No	Tipe Produk	Dimensi (mm)							Volume (m <sup>3</sup> )	Berat Produk (kg)
		W	H	Tw	Th	Wo	Ho	Leff		
1	Box Culvert 40 x 40 x 100	400	400	90	90	580	580	1000	0.18	431.0
2	Box Culvert 50 x 50 x 100	500	500	100	100	700	700	1000	0.24	576.0
3	Box Culvert 60 x 60 x 100	600	600	120	120	840	840	1000	0.349	837.1
4	Box Culvert 80 x 80 x 100	800	800	150	150	1100	1100	1000	0.573	1375.7
5	Box Culvert 100 x 100 x 100	1000	1000	150	150	1300	1300	1000	0.71	1704.0
6	Box Culvert 120 x 120 x 100	1200	1200	160	160	1520	1520	1000	0.922	2211.8
7	Box Culvert 150 x 150 x 100	1500	1500	180	180	1860	1860	1000	1.29	3095.0
8	Box Culvert 200 x 100 x 100	2000	2000	200	200	2400	2400	1000	1.411	3386.9
9	Box Culvert 200 x 200 x 100	2000	2000	200	200	2400	2400	1000	1.88	4512.0
10	Box Culvert 300 x 300 x 120 (top bottom)	3000	3000	300	300	3600	3600	1200	4.749	11398.1
11	Box Culvert 400 x 400 x 120 (top bottom)	4000	4000	350	350	4700	4700	1200	7.224	17337.6

Spesifikasi Teknis :

- Mutu Beton K-350
- Kuat Tarik Besi U-50 dan U-24
- Sistem Cetak basah dan Kering dengan getaran Tinggi.
- Tipe Sambungan Male Female.



**PT. INDOJAYA MITRA PERKASA**

**Gambar L-1.2 Dimensi Box Culvert**