

TA/TL/2020/1223

**TUGAS AKHIR**  
**PERENCANAAN SISTEM DRAINASE DI KAWASAN**  
**MADEGONDO SOLO BARU KABUPATEN**  
**SUKOHARJO MENGGUNAKAN PEMETAAN**  
***DEMNAS* DAN ANALISIS *HEC-RAS***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan**  
**Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**

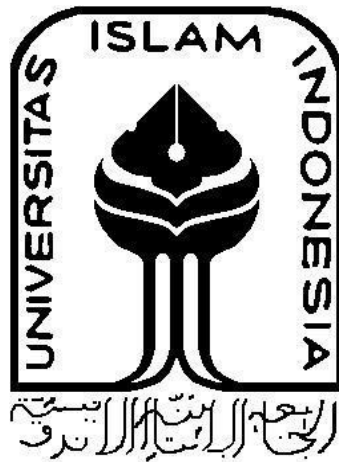


**HARYBUDHY RACHMADI**  
**14513195**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**2020**

**TUGAS AKHIR**  
**PERENCANAAN SISTEM DRAINASE DI KAWASAN**  
**MADEGONDO SOLO BARU KABUPATEN**  
**SUKOHARJO MENGGUNAKAN PEMETAAN *DEMNAS***  
**DAN ANALISIS *HEC-RAS***

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan




**HARYBUDHY RACHMADI**  
**14513195**

Disetujui,  
Dosen Pembimbing:


  
Dr. Andik Yulianto, S.T.,M.T.  
NIK. 025100407

Tanggal: 30/09/2020

  
Dhandhun Wacano, S.Si.,M.Sc.  
NIK. 165131304

Tanggal: 30/09/2020

Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

  
Eko Siswoyo, S.T.,M.Sc.ES.,Ph.D  
NIK. 025100406

Tanggal:



**HALAMAN PENGESAHAN**

**PERENCANAAN SISTEM DRAINASE DI KAWASAN  
MADEGONDO SOLO BARU KABUPATEN  
SUKOHARJO MENGGUNAKAN  
PEMETAAN *DEMNAS* DAN ANALISIS  
*HEC-RAS***

**Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji**

**Hari : Senin**

**Tanggal : 28 September 2020**

**Disusun Oleh:**

**HARYBUDHY RACHMADI**

**14513195**

**Tim Penguji :**

**Dr. Andik Yulianto, S.T.,M.T.**

**NIK. 025100407**

(  )

**Dhandhun Wacano, S.Si.,M.Sc.**

**NIK. 165131304**

(  )

**Eko Siswoyo, S.T.,M.Sc.ES.,Ph.D**

**NIK. 025100406**

(  )



## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 21 September 2020

Yang membuat pernyataan,



**Harybudhy Rachmadi**

NIM: 14513195

## PRAKATA

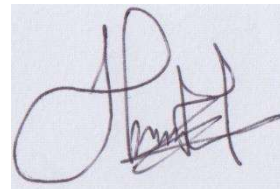
Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala atas segala rahmat dan hidayah-Nya penulis telah diberi kemudahan untuk menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir tentang “Perencanaan Sistem Drainase di Kawasan Madegondo Solo Baru Kabupaten Sukoharjo menggunakan Pemetaan *DEMNAS* dan Analisis *HEC-RAS*”. Tak lupa shalawat dan salam penulis haturkan kepada Baginda Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wa Sallam yang telah menjadi suri tauladan bagi penulis dan seluruh umat Islam di dunia. Dalam penyusunan laporan ini penulis banyak mendapatkan semangat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini perkenankan penulis menyampaikan rasa puji syukur dan terima kasih kepada:

1. Allah Subhanahu Wata'ala yang selalu memberikan kemudahan dalam menjalani dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Baginda Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wa Sallam dan para shahabat Radhiallahu Anhumma serta para tabiin Rahimahullah yang menjadi suri tauladan bagi penulis dan umat Islam pada umumnya.
3. Kedua orangtua penulis serta kakak-kakak saya yang senantiasa memberikan doa, ridha dan dukungannya untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Eko Siswoyo, S.T.,M.Sc.ES.,M.Sc.,Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan UII sekaligus sebagai Penguji laporan tugas akhir.
5. Bapak Dr.Eng. Awaluddin Nurmiyanto S.T., M.Eng. selaku Koordinator Tugas Akhir Teknik Lingkungan FTSP UII.
6. Bapak Dr.Andik Yulianto, S.T., M.T. dan Bapak Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc. selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membantu dan membimbing sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
7. Ibu Fina Binazir Maziya, S.T.,M.T. selaku Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan.

8. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Lingkungan UII, terima kasih atas pelajaran, pengalaman kesempatan dan bantuan yang telah diberikan. Semoga ilmu dan pengalaman yang telah diberikan dapat bermanfaat bagi saya pribadi dan orang lain.
9. Pak Bambang, Pak Arief, Pak Viktor, dan Pak Edy serta segenap staf Dinas Pekerjaan Umum Kota Semarang yang telah membantu penulis selama kegiatan Kerja Praktik yang melatarbelakangi penulisan laporan tugas akhir ini.
10. Pak Seno, Mbak Maya dan Mas Bowo serta segenap keluarga besar Program Studi Doktoral Teknik Sipil Universitas Diponegoro yang telah mendampingi penulis selama kegiatan Kerja Praktik.
11. Teman-teman seperjuangan di Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia khususnya Angkatan 2014, 2015 dan 2016 yang telah membantu banyak hal dalam proses perkuliahan hingga penulisan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak terdapat berbagai kekurangan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi menyempurnakan laporan ini.

Yogyakarta, 28 September 2020



Harybudhy Rachmadi



## ABSTRAK

Banjir merupakan salah satu bencana alam paling merugikan di dunia yang diakibatkan oleh perubahan iklim. Selain itu, banjir juga dapat disebabkan karena saluran drainase yang tidak mampu menampung aliran air hujan terutama di kawasan perkotaan. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan sistem drainase di kawasan Solo Baru, Kabupaten Sukoharjo karena kawasan ini adalah kawasan padat penduduk dan termasuk wilayah pinggiran kota. Sehingga diharapkan dapat mengatasi permasalahan banjir dan genangan yang sering terjadi di wilayah ini. Penelitian ini dilakukan di kawasan Solo Baru tepatnya di Desa Madegondo, Kecamatan Grogol, Kabupaten Sukoharjo. Berdasarkan pemetaan *DEMNAS* yang dilakukan didapat hasil kemiringan lereng yang cukup curam yaitu antara 6%-7%. Dari hasil analisis hidrologi dan hidrolika, desa Madegondo memiliki curah hujan maksimum sebesar 140,54 mm/hari (PUH 5 Tahun). Untuk ukuran dimensi saluran gorong-gorong berkisar antara 80 cm x 80 cm x 100 cm – 180 cm x 180 cm x 100 cm. Dari hasil analisis *HEC-RAS* menunjukkan bahwa penampang saluran drainase mampu untuk mengalirkan debit yang direncanakan.

Kata kunci: banjir, perubahan iklim, saluran drainase, curah hujan, debit banjir, dimensi saluran

## ***ABSTRACT***

*Floods is one of the most devastating natural disasters in the world caused by climate change. In addition, floods can also caused by drainage channels that are unable to accommodate the flow of rainwater, especially in urban areas. This research aims to plan the drainage system in the area of Solo Baru, Sukoharjo Regency because this area is densely populated and one of peri urban areas. Therefore, it may resolve the problems of floods and inundation that often occurred in this region. This research was conducted in the area of Solo Baru, precisely in the countryside of Madegondo, Grogol District, Sukoharjo Regency. Based on DEMNAS mapping, the steep of slope is between 6%-7%. From the results of hydrological and hydraulics analysis, Madegondo has a maximum rainfall of 140,54 mm/day (RRP 5 Years). As the the dimensions size of box ditch ranged from 80 cm x 80 cm x 100 cm – 180 cm x 180 cm x 100 cm. The results of HEC-RAS analysis shows that the cross section of drainage channels is able to drain the planned discharge.*

*Keywords: floods, climate change, drainage, rainfall, flood discharge, channel dimensions*

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Drainase.....	7
2.2 Sistem Drainase.....	7
2.3 Desain Sistem Drainase.....	8
2.4 Saluran Drainase.....	10
2.5 Bangunan Pelengkap.....	13
2.6 Sistem Informasi Geografis (SIG).....	18
2.7 Piranti Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ).....	18
2.8 Review Hasil Penelitian Sebelumnya.....	20
BAB III GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN.....	23
3.1 Keadaan Geografis.....	23
3.2 Iklim.....	25
3.3 Topografi.....	25
3.4 Kebencanaan.....	26
3.5 Kepadatan Penduduk.....	26
BAB IV METODE PENELITIAN DAN KRITERIA PERENCANAAN.....	27
4.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	27
4.2 Metode Penelitian.....	28
4.3 Kriteria Perencanaan.....	29
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
5.1 Analisis Data Curah Hujan.....	39

5.2	Perencanaan Sistem Drainase.....	43
5.3	Analisis <i>HEC-RAS</i> .....	60
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		65
6.1	Kesimpulan.....	65
6.2	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....		67
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....		107

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Potongan Melintang Saluran Drainase.....	12
Tabel 2. 2 Tabel Perbandingan Dimensi Saluran Drainase.....	13
Tabel 2. 3 Bentuk Penampang Melintang Gorong-gorong .....	16
Tabel 2. 4 Perbandingan Hasil Penelitian .....	21
Tabel 3. 1 Batas-batas Wilayah Kabupaten Sukoharjo.....	24
Tabel 3. 2 Batas-batas Wilayah Kecamatan Grogol.....	24
Tabel 3. 3 Batas-batas Wilayah Desa Madegondo.....	25
Tabel 3. 4 Jenis Penggunaan Tanah Desa Madegondo .....	26
Tabel 4. 1 Syarat distribusi hujan.....	30
Tabel 4. 2 Perbandingan metode pemetaan tutupan lahan .....	32
Tabel 4. 3 Koefisien limpasan dan presentase kedap air.....	34
Tabel 4. 4 Koefisien aliran .....	34
Tabel 4. 5 Periode ulang gorong-gorong.....	36
Tabel 4. 6 Kecepatan gorong-gorong.....	37
Tabel 4. 7 Koefisien kehilangan energi.....	38
Tabel 5. 2 Kriteria desain embung .....	53
Tabel 5. 3 Tabel hasil perbandingan kriteria desain embung.....	54
Tabel 5. 4 Volume total kolam detensi.....	54
Tabel 5. 5 Ukuran bak pengendap dan ambang pelimpah kolam detensi .....	54
Tabel 5. 6 Tipe <i>precast</i> saluran primer.....	57
Tabel 5. 7 Tipe <i>precast</i> saluran sekunder.....	58

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Desain Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan .....	9
Gambar 2. 2 Saluran Tertutup .....	10
Gambar 2. 3 Saluran Terbuka.....	11
Gambar 2. 4 Gorong-gorong box culvert .....	16
Gambar 3. 1 Peta Administrasi Kabupaten Sukoharjo.....	23
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian Secara Regional.....	27
Gambar 4. 2 Lokasi Penelitian Secara Administratif .....	27
Gambar 4. 3 Diagram Alir Penelitian.....	28
Gambar 4. 4 Diagram Alir Analisis Hidrologi .....	29
Gambar 5. 1 Grafik curah hujan maksimum.....	39
Gambar 5. 2 Grafik curah hujan maksimum metode <i>Gumbel</i> .....	40
Gambar 5. 3 Grafik curah hujan maksimum metode <i>Log Pearson</i> .....	40
Gambar 5. 4 Grafik curah hujan maksimum metode <i>Iwai Kadoya</i> .....	41
Gambar 5. 5 Grafik perbandingan nilai curah hujan .....	41
Gambar 5. 6 Grafik distribusi hujan rata-rata.....	42
Gambar 5. 7 Grafik intensitas hujan.....	42
Gambar 5. 8 Peta tutupan lahan Kecamatan Grogol .....	44
Gambar 5. 9 Peta topografi Kecamatan Grogol .....	46
Gambar 5. 10 Peta kontur Desa Madegondo.....	47
Gambar 5. 11 Peta ruas saluran drainase.....	49
Gambar 5. 12 Presentase tutupan lahan.....	50
Gambar 5. 13 Grafik koefisien gabungan .....	50
Gambar 5. 14 Grafik volume limpasan tiap sub sistem .....	51
Gambar 5. 15 Grafik hidrograf.....	52
Gambar 5. 16 Volume kumulatif kolam detensi .....	52
Gambar 5. 17 Grafik fluktuasi <i>slope</i> .....	55
Gambar 5. 18 Grafik fluktuasi debit.....	56
Gambar 5. 19 Grafik fluktuasi kecepatan saluran .....	59
Gambar 5. 20 Jumlah <i>street inlet</i> dan <i>manhole</i> .....	60
Gambar 5. 21 Pola geometri saluran .....	61

Gambar 5. 22 Input data dimensi <i>HEC-RAS</i> .....	61
Gambar 5. 23 Input debit <i>HEC-RAS</i> .....	62
Gambar 5. 24 Input <i>slope HEC-RAS</i> .....	62
Gambar 5. 25 Penampang saluran 2P .....	63
Gambar 5. 26 Profil hidrolis saluran 2P--Sungai .....	63
Gambar 5. 27 Lengkung debit saluran (2P--Sungai).....	64
Gambar 5. 28 Hasil akhir analisis penampang saluran 2P .....	64



## DAFTAR LAMPIRAN

1. Diagram alir pengambilan peta <i>DEMNAS</i> .....	71
2. Peta Administari Kecamatan Grogol.....	72
3. Peta Topografi dan Kontur.....	73
4. Data Curah Hujan.....	75
5. Perhitungan Hidrologi.....	76
6. Peta Tutupan Lahan.....	88
7. Peta Saluran Drainase.....	89
8. Perhitungan Hidrolika.....	90
9. Gambar Desain.....	106

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Bencana akibat perubahan iklim (*climate change*) seperti kekeringan, banjir, dan badai merepresentasikan lebih dari 80% dari semua jenis bencana yang terjadi di dunia pada beberapa dekade terakhir (Sapir, 2015). Pakar iklim Moji Latif menjelaskan hubungan antara perubahan iklim dan kejadian banjir. Menurutnya, kadar air di udara tergantung suhu. Suhu mengatur seberapa banyak air yang bisa menguap. Semakin tinggi suhu, maka akan semakin banyak air yang menguap sehingga memperbesar potensi turunnya hujan deras (*Deutsche Welle*, 2013).

Banjir termasuk bencana alam yang paling merugikan di dunia. Pada bulan Maret 2019 saja tercatat total kerusakan akibat banjir di seluruh dunia sekitar 8 triliun dolar amerika (*Catastrophe Recap*, 2019). Selama dua dekade terakhir, di Indonesia khususnya di Jakarta dilanda banjir besar yang terjadi pada tahun 1996, 2002, 2007, dan 2013. Banjir di tahun 2007 dinyatakan sebagai bencana nasional yang mengakibatkan kerugian hampir Rp5,2 triliun (BAPPENAS, 2007). Banjir di wilayah Jakarta dan sekitarnya pada tahun baru 2020 menyebabkan kerugian sementara yang diestimasikan lebih dari Rp10 triliun dengan total korban jiwa 43 orang dan jumlah pengungsi mencapai 187.000 orang (*BBC Indonesia*, 2020). Kawasan Madegondo Solo Baru terletak di dekat aliran sungai Bengawan Solo. Di tahun 2017, sebagian warga mengungsi ke pinggir jalan Solo-Sukoharjo lantaran rumah mereka terendam banjir akibat luapan sungai Kali Wingko. Jumlah korban saat itu tercatat 400 KK. Desa Madegondo memang daerah langganan banjir (Solopos, 2017).

Banjir dapat terjadi karena pendangkalan sungai, gelombang tinggi air laut (rob), dan kenaikan permukaan air laut akibat perubahan iklim. Namun sebagian besar banjir yang terjadi disebabkan karena banyaknya desain saluran drainase yang sudah tidak layak. Sistem drainase yang telah dibangun sebagai bagian dari program pembangunan sebelumnya tidak didesain untuk mengatasi volume air

saat ini. Ketika lebih banyak aliran *run off* yang tidak mampu dialirkan saluran drainase maka air akan mengalir ke permukaan tanah disekitarnya, membanjiri jalan dan rumah-rumah. Pendekatan seperti penangkapan air hujan dan pengelolaan air terintegrasi akan meningkatkan kemampuan kita untuk menghadapi perubahan iklim (*Flood Management Strategy*, 2015).

Kawasan Madegondo Solo Baru berbatasan langsung dengan Kota Surakarta sehingga dalam waktu singkat kawasan ini bertransformasi menjadi kawasan pinggiran kota atau *peri urban* (Fauzan dkk, 2017). Berdasarkan dokumen Strategi Sanitasi Kabupaten (SSK), permasalahan banjir yang terjadi di kawasan Madegondo Solo Baru terutama disebabkan oleh alih fungsi lahan yang dilakukan secara besar-besaran hingga hanya menyisakan lahan hijau (sawah dan ladang) seluas 6 hektare saja dari 144 hektare total luas wilayah. Air limpasan (*run off*) langsung dibuang ke saluran drainase dan badan air. Namun daya tampung badan air penerima semakin berkurang akibat endapan sedimen dan tumpukan sampah. Air limpasan (*run off*) yang tidak dikelola inilah yang kemudian menimbulkan genangan air dan banjir (Dokumen SSK Sukoharjo, 2015).

Untuk mengatasi permasalahan drainase perkotaan, maka diperlukan suatu perencanaan saluran drainase yang komprehensif sehingga dapat mengatasi masalah banjir dan genangan yang sering terjadi di kawasan perkotaan. Kegiatan yang akan dilakukan dalam penelitian ini diantaranya adalah melakukan pemetaan tutupan lahan dan topografi. Kegiatan ini bertujuan untuk mempermudah proses analisis data hidrologi dan hidrolika. Analisis data yang dilakukan adalah analisis hidrologi berupa perhitungan curah hujan maksimum dan analisis hidrolika berupa debit air limpasan (*run off*). Kemudian akan dilakukan analisis penampang saluran menggunakan *HEC-RAS* serta pendesainan penampang saluran drainase berbentuk gorong-gorong (*box dtich*).

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut :

1. Seperti apa klasifikasi tutupan lahan yang ada di kawasan Madegondo Solo Baru?
2. Apakah ada hubungan antara klasifikasi tutupan lahan dengan kejadian banjir dan genangan?
3. Berapa ukuran dimensi penampang saluran gorong-gorong (*box ditch*) berdasarkan analisis hidrologi dan hidrolika?
4. Apakah saluran gorong-gorong (*box ditch*) yang direncanakan mampu menampung debit banjir rencana?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Melakukan pemetaan tutupan lahan menggunakan citra satelit Sentinel 2A dengan metode *supervised classification*
2. Melakukan pemetaan elevasi menggunakan lembar peta *Digital Elevation Modelling (DEM)* Nasional
3. Melakukan analisis profil hidrolis saluran dengan program *HEC-RAS*

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Manfaat Teoritis  
Penelitian ini dapat memberikan sumbangan di bidang ilmu teknik lingkungan terhadap pengendalian masalah banjir dan genangan di kawasan perkotaan.
2. Manfaat Praktis  
Penelitian ini diharapkan dapat menjadi studi literatur bagi instansi terkait khususnya Dinas Pekerjaan Umum (DPU) Kabupaten Sukoharjo dalam proses perencanaan saluran drainase di kawasan Madegondo Solo Baru.

## 1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian meliputi :

1. Penentuan daerah pelayanan
2. Perencanaan sistem jaringan drainase yang meliputi :
  - a. Penentuan system yang direncanakan
  - b. *Lay out* jaringan
3. Perhitungan beban aliran :
  - a. Penentuan blok pelayanan (sub area)
  - b. Perhitungan kapasitas aliran (sesuai tata guna lahan)
  - c. Menghitung curah hujan rata-rata (ekivalen) daerah dengan menggunakan cara *thiessen*, menghitung hujan harian maksimum dengan metode :
    - *Gumbel*
    - *Iway Kadoya*
    - *Log Pearson* tipe III
  - d. Menghitung distribusi hujan dengan menggunakan metode *Hasper Weduwen*
  - e. Menghitung lengkung intensitas hujan untuk tinggi hujan rencana yang dipilih menggunakan :
    - *Mononobe*
  - f. Analisa hidrologi mengacu pada SNI 2415-2016 tentang Tata cara perhitungan debit banjir rencana
4. Pemilihan bentuk dan bahan saluran
5. Perhitungan potensi pengurangan aliran hujan menggunakan PermenPU 11/2014 tentang Pengelolaan Air Hujan Gedung
6. Perhitungan dimensi saluran dan pemodelan banjir menggunakan *software Microsoft Excel* dan *HEC-RAS (River Analysis System)*
7. Rencana bangunan pelengkap :
  - Pompa dan rumah pompa (bila diperlukan)
  - Bangunan bantu bila diperlukan

8. Gambar-gambar :
- Peta daerah pelayanan dengan pembagian blok pelayanan
  - *Lay out* jaringan saluran air hujan
  - Profil hidrolis saluran

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Drainase**

Drainase secara umum didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air dalam satu konteks pemanfaatan tertentu, baik yang berasal dari hujan, rembesan maupun yang lainnya di suatu kawasan, sehingga fungsi kawasan tidak terganggu (Hasmar, 2012).

Drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalirkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut (Suripin, 2004).

Adapun fungsi drainase menurut R. J Kodoatie adalah :

- a. Membebaskan suatu wilayah (terutama yang padat pemukiman) dari genangan air, erosi dan banjir
- b. Karena aliran lancar maka drainase juga berfungsi memperkecil resiko kesehatan lingkungan bebas dari malaria (nyamuk) dan penyakit lainnya
- c. Kegunaan tanah pemukiman padat akan menjadi lebih baik karena terhindar dari kelembaban
- d. Dengan sistem yang baik tata guna lahan dapat dioptimalkan dan juga memperkecil kerusakan-kerusakan struktur tanah untuk jalan dan bangunan lainnya (Kodoatie, 2005).

#### **2.2 Sistem Drainase**

Sistem drainase ditinjau dari fungsinya dapat dibedakan menjadi 4 macam yaitu sebagai berikut (Kusumo, 2009) :

- a. Drainase Pertanian

Yaitu system pembuangan kelebihan air di permukaan tanah untuk mencegah terjadinya genangan yang mengakibatkan kerusakan atau kematian tanaman.

b. Drainase Perkotaan

Untuk mencegah terjadinya banjir dan genangan yang dapat menimbulkan kerusakan, kerugian dan terganggunya aktivitas kehidupan.

c. Drainase Pusat Industri

Dititik beratkan pada usaha pencegahan terjadinya polusi atau pencemaran air buangan.

d. Drainase Jalan Raya atau Lapangan Terbang

Direncanakan disisi kiri atau kanan jalan raya dan landasan (*run way*) agar tidak terjadi genangan yang mengganggu lalu lintas darat dan udara serta kerusakan konstruksi.

Berdasarkan Permen PU Nomor 12 Tahun 2014, sistem drainase dibedakan menjadi dua macam yaitu :

1. Sistem Teknis

Jaringan drainase perkotaan yang terdiri dari saluran induk/primer, saluran sekunder, saluran tersier, saluran lokal, bangunan peresapan, bangunan tampungan beserta sarana pelengkap yang berhubungan secara sistematis satu dengan yang lainnya.

2. Sistem Non Teknis

Dukungan terhadap system teknis drainase perkotaan yang terkait dengan pembiayaan, peran masyarakat, peraturan perundang-undangan, institusi, social ekonomi dan budaya, dan kesehatan lingkungan pemukiman.

### **2.3 Desain Sistem Drainase**

Pertambahan penduduk serta perkembangan industri menyebabkan bertambahnya kebutuhan air bersih yang sampai saat ini masih banyak yang mengandalkan air tanah, baik air tanah dangkal maupun air tanah dalam.



Ketidakseimbangan antara pengisian dan pengambilan air tanah ini menyebabkan muka air tanah cenderung semakin turun. Bertolak dari permasalahan tersebut, maka konsep dasar pengembangan drainase berkelanjutan adalah meningkatkan daya guna air, meminimalkan kerugian, serta memperbaiki dan konservasi lingkungan. Diperlukan usaha-usaha yang komprehensif dan integratif yang meliputi seluruh proses, baik yang bersifat struktural maupun non struktural untuk mencapai tujuan tersebut (Suripin, 2004). Pada Gambar 2.1. berikut ini ditunjukkan desain sistem drainase yang berwawasan lingkungan.



Gambar 2. 1 Desain Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan  
(sumber : Permen PU Nomor 12 Tahun 2014)

Untuk perencanaan dan pembangunan suatu kota sebagai habitat manusia maka sangat penting untuk mempertimbangan hubungan mental manusia didalamnya. Aspek psikologi lingkungan khususnya pada perilaku manusia dan interaksinya dengan alam adalah komponen utama dari hubungan antara manusia, binatang dan kelestarian lingkungan (Giffort, 2013).

Sistem drainase berwawasan lingkungan adalah hasil dari pendekatan hubungan antara kawasan perkotaan dengan siklus air di alam, menjadikan kedua hal ini sebagai bagian yang sama. Sayangnya, pendekatan ini masih dalam gagasan panjang antar berbagai entitas yang mengatur dan memisah satu sama lain untuk melayani kenyamanan suatu permintaan dan organisasi. Pemikiran seperti ini berpengaruh besar pada hilangnya konsep drainase berwawasan

lingkungan walaupun sirkulasi air menjadi salah satu proses penting di alam khususnya lingkungan perkotaan (Ahern, 2007).

## 2.4 Saluran Drainase

Bentuk dan jenis saluran disesuaikan dengan keadaan lingkungan. Dan tipe saluran sebagai berikut (Suripin, 2004) :

### a. Saluran tertutup

Sistem ini cukup bagus digunakan di daerah perkotaan terutama untuk kota yang tinggi kepadatannya seperti kota Metropolitan dan kota-kota besar lainnya. Lahan yang tersedia sudah begitu terbatas dan mahal harganya, sehingga kadang-kadang tidak memungkinkan lagi untuk membuat sistem saluran terbuka. Walaupun tertutup sifat alirannya merupakan sifat aliran pada saluran terbuka yang mengalir secara gravitasi.

Untuk keperluan pengawasan pemeliharaannya, pada setiap belokan, perubahan dimensi atau bentuk dan pada setiap pertemuan saluran serta pada setiap jarak 25 – 50 m dibuat bangunan pemeriksa (*manhole*). Dengan sistem saluran tertutup ini kemungkinan terhadap penyalahgunaan saluran drainase yang biasanya terjadi seperti tempat pembuangan sampah dapat dihindari serta memungkinkan pemanfaatan permukaan tanah untuk keperluan-keperluan lain. Berikut ini adalah gambar saluran tertutup :



Gambar 2. 2 Saluran Tertutup

(sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id))

b. Saluran terbuka

Dibandingkan dengan sistem saluran tertutup biaya pembuatan sistem saluran terbuka lebih rendah dan tidak memerlukan teknologi yang begitu rumit sehingga sistem ini cenderung lebih sering digunakan sebagai alternatif pilihan dalam penanganan masalah drainase perkotaan mengingat sistem pemeliharaannya relatif mudah dilakukan. Saluran terbuka cocok dipakai apabila masih tersedia lahan yang cukup.

Sistem saluran terbuka ini biasanya direncanakan hanya untuk menampung dan mengalirkan air hujan (sistem terpisah). Namun kebanyakan sistem saluran ini berfungsi sebagai saluran campuran (gabungan) dimana misalnya sampah dan limbah penduduk dibuang ke saluran tersebut. Berikut ini adalah gambar saluran terbuka :



Gambar 2. 3 Saluran Terbuka

(sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id))

Saluran terbuka di dalam kota harus diberi lining dengan beton, pasangan batu (*masonry*) ataupun dengan pasangan bata. Penampang saluran ini biasanya dibuat berbentuk trapesium. Namun kadang-kadang mengingat kondisi lapangan misalnya karena keterbatasan lahan yang tersedia sudah tidak

memungkinkan lagi maka penampang saluran dibuat persegi. Dasar saluran dapat berupa setengah lingkaran atau datar maupun kombinasi keduanya. Apabila diperlukan, saluran ini dapat juga ditutup dengan plat beton. Tetapi harus dibuat lubang celah pemasukan (*drain inlet*) agar air dapat mengalir ke dalam saluran.

Sedangkan macam-macam bentuk penampang saluran drainase dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 1 Potongan Melintang Saluran Drainase

No	Tipe Selokan Samping	Potongan Melintang	Bahan yang dipakai
1.	Bentuk trapesium		Tanah asli
2.	Bentuk segitiga		Pasangan batu kali atau tanah asli
3.	Bentuk trapesium		Pasangan batu kali
4.	Bentuk segi empat		Pasangan batu kali
5.	Bentuk segi empat		Beton bertulang pada bagian dasar diberi lapisan pasir ± 10 cm
6.	Bentuk segi empat		Beton bertulang pada bagian dasar diberi lapisan pasir ± 10 cm pada bagian atas ditutup dengan plat beton bertulang
7.	Bentuk segi empat		Pasangan batu kali pada bagian dasar diberi lapisan pasir ± 10 cm pada bagian atas ditutup dengan plat beton bertulang.
8.	Bentuk setengah lingkaran		Pasangan batu kali atau beton bertulang.

(sumber : Modul Drainase Jalan ITS, 2009)

Untuk perencanaan saluran bentuk segi empat dianjurkan perbandingan antara lebar dasar saluran (b) dan tinggi air (h) sebagai berikut

Tabel 2. 2 Tabel Perbandingan Dimensi Saluran Drainase

Q dalam m <sup>3</sup> /det	b : h
0 - 0,5	1,0
0,5 - 1,0	1,5
1,0 - 1,5	2,0
1,5 - 3,0	2,5
3,0 - 4,5	3,0
4,5 - 6,0	3,5
6,0 - 7,5	4,0
7,5 - 9,0	4,5
9,0 - 11	5,0

(sumber : Dasar-dasar Perencanaan Drainase Jalan, 2005)

## 2.5 Bangunan Pelengkap

### 2.5.1 Pompa

Pada dasarnya pompa drainase mempunyai karakteristik debit besar dan head relatif rendah. Secara umum klasifikasi pompa untuk keperluan pompa drainase dapat diklasifikasikan menjadi 2, yaitu pompa ulir (pompa aliran permukaan bebas) dan pompa *impeller* (pompa aliran pipa bertekanan) seperti digambarkan sebagai berikut (Tata Cara Perencanaan, Pelaksanaan, dan O&P Pompa, 2013) :

- Pompa ulir/*screw* (pompa aliran permukaan bebas)  
Pompa ulir/*screw* terdiri dari rotor tipe ulir/*screw* dengan poros miring dan sudu helical yang dilekatkan pada poros dan selubung/*casing* setengah lingkaran. Pompa ulir digunakan untuk mendapatkan debit besar dengan head rendah serta air yang dipompakan terdapat sampah.
- Pompa *impeller* (pompa aliran pipa bertekanan)

Pompa *impeller* berdasarkan bentuk *impeller* dan selubung pompanya diklasifikasikan dalam tiga tipe utama, yaitu pompa aliran aksial, pompa aliran radial (sentrifugal) dan pompa aliran campur. Pompa aliran aksial dijalankan oleh motor sebagai penggerak utama yang memutar poros *impeller* sehingga sudu sudu *impeller* berputar dan memaksa cairan masuk kedalam gerakan berputar yang cepat. Pompa aksial merupakan pompa dengan karakteristik berkapasitas besar dan biasanya digunakan untuk memompa dengan head kecil dengan debit yang besar sehingga banyak digunakan sebagai pompa banjir.

Pompa aliran radial atau sentrifugal biasanya diproduksi untuk memenuhi kebutuhan head medium sampai tinggi dengan kapasitas aliran medium. Dalam aplikasinya pompa sentrifugal banyak digunakan untuk kebutuhan proses pengisian ketel dan pompa-pompa rumah tangga.

Pompa aliran campur merupakan peralihan antara pompa *radial flow* dan pompa *axial flow*. Cara kerja pompa ini hampir sama dengan cara kerja pompa sentrifugal. Pompa aliran campuran biasanya digunakan pada pemompaan dengan head dan debit menengah.

- Pompa *Submersibel*

Pompa *submersible* memiliki motor penggerak yang digabungkan menjadi satu kesatuan dengan *impeller* dan selubung *impeller* pompa yang secara keseluruhan dapat terendam air. Sedangkan jenis *impeller* bisa dari jenis aliran radial, aliran aksial atau aliran campur.

- Pompa Lumpur

Pompa lumpur atau *sludge pump* pada dasarnya adalah pompa *submersible* dengan spesifikasi khusus untuk pemompaan lumpur. Pada instalasi system pompa drainase, pompa lumpur ditempatkan di kolam pompa (*pump sump*) untuk membersihkan lumpur yang dapat mengganggu fungsi pompa drainase.

### 2.5.2 *Box culvert*

*Box culvert* adalah bangunan drainase yang berfungsi untuk (Dasar-dasar Perencanaan Drainase Jalan, 2005) :

1. Memberi jalan kepada air yang mengalir dari parit atau sungai kecil yang mengalir melintasi jalan
2. Mengalirkan air yang telah terkumpul di dalam bak-bak penampung selokan samping untuk dibuang keluar ke tempat pembuangan
3. Meneruskan air dari kolam penampung (*pond*) ke saluran pembuangan
4. Meneruskan aliran dari lahan melalui alur-alur di permukaan tanah

Penampang melintang gorong-gorong yang lazim digunakan antara lain sebagai berikut :

#### a. Lingkaran

Bentuk ini adalah bentuk yang paling sering dipakai. Ditinjau dari segi struktur, relatif efisien untuk kebanyakan kondisi muatan. Bisa dibuat dari beton bertulang dengan diameter (D) : 60 cm, 80 cm, 100 cm, 120 cm, 140 cm) atau dari baja (D) : < 2 m

#### b. Ellips

Biasanya dipakai sebagai pengganti bentuk lingkaran. Jika terdapat keterbatasan tinggi timbunan. Dibandingkan dengan bentuk lingkaran, bentuk pipa lengkung maupun ellips lebih mahal (pada kondisi debit yang harus ditampung sama)

#### c. Kotak (*Box Culvert*)

Direncanakan untuk menampung debit yang relative besar. Bentuk ini biasanya paling cocok digunakan jika posisi tinggi muka air yang diijinkan rendah. Berikut ini adalah gambar dari *Box Culvert*.



Gambar 2. 4 Gorong-gorong box culvert

(sumber : Modul Drainase Jalan ITS, 2009)

d. Lengkung

Bentuk ini dipakai jika kondisi tanah cukup baik. Perlu pertimbangan desain yang lebih teliti

e. *Multiple Barrels*

Dipakai pada kondisi kanal yang agak lebar melintasi jalan. Terdiri dari dua atau lebih *barrels*. Barrels bisa berupa lingkaran atau kotak

Data-data yang diperlukan untuk perencanaan gorong-gorong adalah: 1) debit yang akan dilewatkan ke gorong-gorong, 2) muka air di hulu (saluran, lahan, kolam), 3) muka air di hilir (saluran, laut), 4) jaringan saluran (irigasi), 5) konstruksi jalan yang akan bersilangan dengan gorong-gorong. Berikut ini disajikan tabe; macam-macam bentuk penampang melintang gorong-gorong (Modul Drainase Jalan ITS, 2009) :

Tabel 2. 3 Bentuk Penampang Melintang Gorong-gorong

Tipe	Penampang Melintang	Material
Pipa, tunggal atau lebih dari satu		Metal bergelombang, beton pratekan, besi tuang
Pipa lengkung tunggal atau lebih dari satu		Metal bergelombang
Bentuk box, tunggal atau lebih dari satu		Beton pratekan
Gorong-gorong jembatan, tunggal atau lebih dari satu		Beton pratekan
Lengkung		Beton pratekan, metal bergelombang, pasangan batu diatas pondasi beton



### **2.5.3 Street Inlet**

Pemasangan street inlet memiliki ketentuan sebagai berikut (Modul Drainase Jalan ITS, 2009) :

1. Tempat yang tidak menyebabkan gangguan terhadap lalu lintas maupun pejalan kaki
2. Daerah yang rendah, dimana limpasan air hujan menuju ke arah tersebut
3. Air yang masuk melalui street inlet harus dapat secepatnya masuk ke saluran
4. Jumlah street inlet harus cukup untuk menangkap limpasan air hujan pada jalan yang bersangkutan

### **2.5.4 Kolam (*Pond*)**

Kolam retensi, kolam detensi dan kolam tandon digunakan untuk melindungi daerah bagian hilir saluran dari kerusakan yang disebabkan karena kondisi saluran sebelah hilir tidak mampu menampung debit dari saluran sebelah hulu, kelebihan debit tersebut ditampung dalam kolam. Berdasarkan hal tersebut maka tahapan perencanaan kolam (*pond*) tergantung dari lokasi penempatan kolam (Suripin, 2004).

### **2.5.5 Bak Kontrol (*Manholes*)**

Manholes adalah tempat yang digunakan untuk keperluan pemeliharaan pengawasan, bertemunya lebih dari satu saluran, perubahan dimensi saluran dan tempat penyesuaian perubahan kemiringan saluran. Pertemuan jalan seringkali dipilih untuk menempatkan manholes. Manholes tidak ditempatkan di lapisan perkerasan jalan. Jarak maksimum antar satu manholes dengan yang lain adalah 90-120 m. Untuk saluran besar yang dapat dilalui satu orang, jarak manholes > 150 m (Modul Drainase Jalan ITS, 2009).

## **2.6 Sistem Informasi Geografis (SIG)**

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan gabungan dari tiga unsur pokok yaitu system, informasi dan geografis. Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan alat atau media untuk memasukkan, menyimpan, mengambil, memanipulasi, menganalisa dan menampilkan data-data beratribut geografis (data spasial) yang berguna untuk mendukung proses pengambilan keputusan dalam perencanaan dan manajemen sumber daya alam, lingkungan, transportasi, masalah perkotaan dan administratif (Kirom, 2014).

Sistem Informasi Geografis menghasilkan aspek data spasial dan non spasial. Data geografi yang sudah komputerisasi berperan penting menemukan perubahan bagaimana menggunakan dan mengetahui informasi tentang bumi. Pembuatan peta dengan cara tradisional telah dikembangkan dalam suatu sistem yang memiliki kemampuan pemakai secara langsung bisa melihat informasi yang dipilih (Prahasta, 2001).

## **2.7 Piranti Perangkat Lunak (*Software*)**

### **2.7.1 *AutoCAD***

*AutoCAD* adalah sebuah program *Computer Aided Design (CAD)* untuk membuat gambar-gambar dua dimensi maupun model-model dalam bentuk tiga dimensi dan berwarna. *AutoCAD* dibuat oleh perusahaan bernama *Autodesk*. *AutoCAD* dilengkapi dengan beberapa macam fasilitas untuk membuat gambar-gambar dan pandangan-pandangan dengan ketepatan yang tinggi (Sari, 2009). *Software* ini akan digunakan untuk mendesain penampang saluran drainase (*box ditch*) dan kolam detensi pada penelitian ini.

### **2.7.2 *Quantum GIS (QGIS)***

*Quantum GIS (QGIS)* adalah perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis *open source* dengan lisensi dibawah *GNU General*

*Public License* yang dapat dijalankan dalam berbagai sistem operasi. *QGIS* memiliki beberapa kelebihan diantaranya (Nurrizqi, 2017) :

- a. Gratis, tidak membutuhkan biaya untuk proses instalasi dan penggunaan program
- b. Bebas, dapat menambah dan memodifikasi fungsi dalam *QGIS*
- c. Terus berkembang, setiap orang dapat menambah fitur baru dan penyempurnaan aplikasi
- d. Ketersediaan dokumen panduan dan pertolongan, pendukung panduan dan bantuan terhadap permasalahan tersedia online dan dapat diunduh dalam bentuk dokumen.
- e. Dapat digunakan di semua sistem operasi computer

Program ini akan digunakan untuk memetakan tata guna lahan dengan bantuan citra satelit *Sentinel* dan satelit lainnya untuk mendapatkan data yang relevan dan paling mutakhir. Selain itu, pemetaan topografi, pemetaan jaringan saluran drainase dan blok pelayanan juga akan memakai *software* ini.

### **2.7.3 HEC-RAS (River Analysis System)**

*HEC-RAS* merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran air di sungai, *River Analysis System (RAS)* yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resource (IWR)* dibawah *US Army Corps of Engineers (USACE)*. *HEC-RAS* memiliki 4 komponen model satu dimensi (1D) dan dua dimensi (2D) yaitu : 1) (1D) hitungan profil muka air aliran permanen, 2) (1D) dan (2D) simulasi aliran tak permanen, 3) hitungan transport sedimen dan 4) hitungan kualitas air. Satu elemen penting dalam *HEC-RAS* adalah keempat komponen tersebut memakai data geometri yang sama, routine hitungan hidrolika yang sama, serta beberapa fitur desain hidraulik yang dapat diakses setelah hitungan profil muka air berhasil dilakukan. *HEC-RAS* merupakan program aplikasi yang mengintegrasikan fitur graphical user interface, analisis hidraulik, manajemen dan penyimpanan data, grafik, pemetaan (*HEC-RAS Mapper*) serta pelaporan (Istiarto, 2014).

Program ini akan digunakan untuk melakukan pemodelan satu dimensi (1D) saluran drainase primer.

## 2.8 Review Hasil Penelitian Sebelumnya

Fitra Andika Parse (2018) dalam penelitiannya yang berjudul “Perencanaan Saluran Drainase dengan Analisis Debit Banjir Metode Rasional (Studi Kasus Desa Petapahan Kecamatan Gunung Toar Kabupaten Kuantan Singingi Provinsi Riau)” bertujuan untuk merencanakan dimensi saluran drainase di Desa Petapahan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah perhitungan secara manual sesuai dengan metode rasional untuk menghitung debit banjir dan rumus Manning untuk kecepatan saluran. Setelah dilakukan perhitungan debit banjir periode ulang 5 tahun maka didapat dimensi saluran ekonomis untuk saluran drainase utama adalah dengan lebar dasar ( $b$ ) = 0,6 meter dan tinggi saluran ( $h$ ) = 0,8 meter dengan penampang melintang saluran berbentuk persegi empat.

Ayu Humaidatun Nisa (2018) dalam penelitiannya yang berjudul “Penataan Pemukiman Bantaran Sungai, Sistem Drainase pada Kawasan Semanggi Kota Surakarta” bertujuan untuk merencanakan penataan rumah yang sesuai dengan peraturan tata ruang yang ada dan sistem drainase. Metode pengamatan dilakukan untuk mengumpulkan data mengenai kondisi fisik eksisting kemudian dilakukan analisa pada penataan pemukiman. Hasil akhir yang didapatkan dilakukan penataan rumah pada bantaran sungai dengan tipe yang beragam, sarana jalan dan ruang terbuka hijau. Sistem drainase menggunakan bahan beton, berpenampang persegi dengan ukuran bervariasi antara 0,3 meter x 0,3 meter sampai 0,8 meter x 0,8 meter. Total semua debit 38,79 m<sup>3</sup>/detik. Semua aliran dari saluran drainase akan dibuang menuju ke Sungai Bengawan Solo.

Untuk mengetahui perbandingan dengan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 4 Perbandingan Hasil Penelitian

Peneliti	Fitra Andika Parse (2018)	Ayu Humaidatun Nisa (2018)	Harybudhy Rachmadi (2020)
Judul	Perencanaan Saluran Drainase dengan Analisis Debit Banjir Metode Rasional (Studi Kasus Desa Petapahan Kecamatan Gunung Toar Kabupaten Kuantan Singingi Provinsi Riau)	Penataan Pemukiman Bantaran Sungai, Sistem Drainase pada Kawasan Semanggi Kota Surakarta	Perencanaan Sistem Drainase di Kawasan Madegondo Solo Baru Kabupaten Sukoharjo
Tujuan	Merencanakan dimensi saluran drainase di Desa Petapahan	Merencanakan penataan rumah yang sesuai dengan peraturan tata ruang yang ada dan sistem drainase	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Melakukan pemetaan tutupan lahan dan jaringan saluran drainase</li> <li>2. Melakukan analisis hidrologi dan hidrolika</li> <li>3. Melakukan analisis penampang saluran dengan HEC-RAS</li> <li>4. Mendesain penampang saluran gorong-gorong dan kolam detensi</li> </ol>
Metode	Perhitungan secara manual sesuai dengan metode rasional untuk menghitung debit banjir dan rumus manning untuk kecepatan saluran	Pengamatan dilakukan untuk mengumpulkan data mengenai kondisi fisik eksisting kemudian dilakukan analisa pada penataan pemukiman	Perhitungan analisis hidrologi menggunakan data curah hujan yang ada. Selain saluran drainase, juga akan dilakukan analisis hidrolika gorong-gorong

<p>Hasil</p>	<p>Setelah dilakukan perhitungan debit banjir periode ulang 5 tahun maka didapat dimensi saluran ekonomis untuk saluran drainase utama adalah dengan lebar dasar (b) = 0,6 meter dan tinggi saluran (h) = 0,8 meter dengan penampang melintang saluran berbentuk persegi empat</p>	<p>Hasil akhir yang didapatkan dilakukan penataan rumah pada bantaran sungai dengan tipe yang beragam, sarana jalan dan ruang terbuka hijau. Sistem drainase menggunakan bahan beton, berpenampang persegi dengan ukuran bervariasi antara 0,3 meter x 0,3 meter sampai 0,8 meter x 0,8 meter. Total semua debit 38,79 m<sup>3</sup>/detik. Semua aliran dari saluran drainase akan dibuang menuju ke Sungai Bengawan Solo</p>	<p>Hasil yang ingin dicapai :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Peta Tutupan Lahan Kawasan Madegondo Solo Baru</li> <li>- Peta Jaringan Saluran Drainase dan Gorong-gorong</li> <li>- Desain Saluran Gorong-gorong dan Kolam Detensi</li> </ul>
--------------	--	--	--

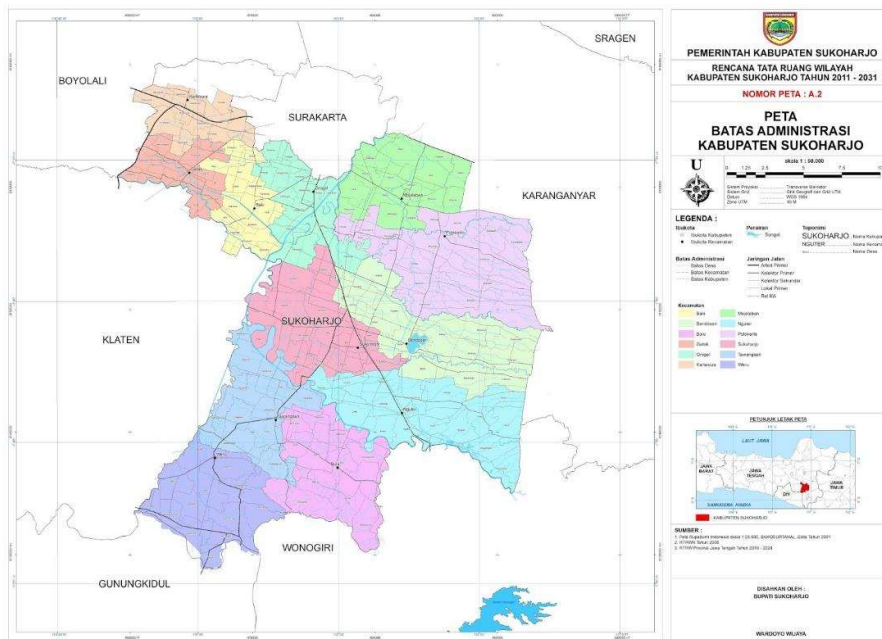
# BAB III

## GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN

### 3.1 Keadaan Geografis

Desa Madegondo merupakan salah satu desa yang terkena dampak besar dari pengembangan wilayah kawasan Solo Baru. Desa Madegondo sendiri terletak di Kecamatan Grogol, Kabupaten Sukoharjo. Dan desa ini merupakan desa yang mendapatkan dampak perubahan-perubahan dari adanya pembangunan kawasan Solo Baru yang terus berkembang serta letak desa yang strategis yaitu dilalui jalan Solo-Sukoharjo.

Kabupaten Sukoharjo terletak di bagian tenggara Provinsi Jawa Tengah dengan luas wilayah 444.600 hektare yang secara geografis terletak pada koordinat 110° 42'06, 79' -110 57'33,7' Bujur Timur dan 7° 32' 17''- 49' 32' Lintang Selatan. Keadaan topografi berupa daerah yang rendah (Sukoharjo dalam Angka, 2018). Berikut ini disajikan gambar Peta Administrasi Kabupaten Sukoharjo (RTRW Kab. Sukoharjo 2011-2031).



Gambar 3. 1 Peta Administrasi Kabupaten Sukoharjo

Batas-batas wilayah Kabupaten Sukoharjo disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 3. 1 Batas-batas Wilayah Kabupaten Sukoharjo

Arah	Wilayah
Utara	Kota Surakarta
Selatan	Kabupaten Wonogiri
Timur	Kabupaten Karanganyar
Barat	Kabupaten Klaten

Perumahan baru ternyata banyak dibangun di kawasan elit Solo Baru seluas 500 hektare di Kecamatan Grogol. Kawasan mandiri ini dimaksudkan sebagai penyangga Kota Surakarta. Di kawasan ini terdapat berbagai fasilitas umum dan social seperti gedung bioskop, gelanggang renang, *waterboom*, kompleks pertokoan, pusat perbelanjaan, rumah sakit hingga rumah mewah. Kecamatan Grogol memiliki potensi industri besar dan menengah mengingat lokasi perdagangan di Kota Surakarta yang semakin padat. Kecamatan Grogol secara administratif memiliki 14 desa. Adapun batas-batas wilayah Kecamatan Grogol dapat dilihat pada tabel dibawah ini (Kecamatan Grogol dalam Angka, 2018).

Tabel 3. 2 Batas-batas Wilayah Kecamatan Grogol

Arah	Wilayah
Utara	Kota Surakarta
Selatan	Kec. Mojolaban & Polokarto
Timur	Kec. Sukoharjo
Barat	Kec. Baki & Sidowarno



Desa Madegondo terletak sekitar 7 km ke arah barat dari pusat kota Kabupaten Sukoharjo dan tepat berada di tengah-tengah pusat Kota Solo Baru. Dengan luas sekitar 144 hektare, desa ini termasuk kedalam desa yang cukup luas. Desa Madegondo terbagi menjadi 3 padukuhan atau dusun dengan 8 RW dan 40 RT didalamnya. Berikut ini tabel batas-batas wilayah Desa Madegondo (Kecamatan Grogol dalam Angka, 2018).

Tabel 3. 3 Batas-batas Wilayah Desa Madegondo

Arah	Wilayah
Utara	Kota Surakarta
Selatan	Desa Langenharjo
Timur	Desa Grogol
Barat	Desa Gedangan & Kwarasan

### 3.2 Iklim

Desa Madegondo terletak pada daerah yang beriklim tropis dengan temperatur rata-rata 26 derajat *Celcius*. Curah hujan sebagaimana kondisi iklim di wilayah tropis adalah cukup tinggi dan pertukaran arah angin setiap 6 bulan yang menandakan peralihan antara bulan basah dan kering. Dan curah hujan per tahun 183 mm (Kecamatan Grogol dalam Angka, 2018).

### 3.3 Topografi

Menurut topografinya sendiri, wilayah Desa Madegondo merupakan daerah yang relatif datar, yaitu terletak pada ketinggian antara 90-100 meter di atas permukaan air laut dengan kemiringan lereng antara 0% sampai 4% pada bagian tengah dan kurang dari 7% pada bagian tenggara dan barat laut (Kecamatan Grogol dalam Angka, 2018).

### 3.4 Kebencanaan

Di Desa Madegondo tidak memiliki potensi bencana alam yang serius seperti misalnya : gunung meletus, tanah longsor, dan tsunami. Namun, setiap kali musim hujan beberapa titik lokasi di Desa Madegondo dan sekitarnya mengalami banjir dan banyak genangan air. Banjir yang terjadi berskala 50 tahunan yang merata hampir di seluruh wilayah Kecamatan Grogol bagian utara dan tengah. Dan sering terjadi genangan akibat pendangkalan sungai dan sampah (Dokumen SSK Sukoharjo, 2015).

### 3.5 Kepadatan Penduduk

Kepadatan penduduk di Desa Madegondo pada tahun 2017 jumlahnya telah mencapai 7.210 jiwa/km<sup>2</sup> sedangkan jumlah populasi penduduk di tahun yang sama adalah 10.382 jiwa. Sebagian besar mata pencaharian penduduk desa Madegondo ialah wiraswasta. Sebelum adanya pembangunan kawasan strategis Solo Baru, penduduk desa Madegondo banyak yang berprofesi sebagai petani. Namun setelah adanya pembangunan di wilayah mereka yang diawali dengan masuknya PT. Pondok Solo Permai (PSP) sebagai pengembangnya, banyak tanah penduduk yang dijual kepada pihak pengembang dengan harga relatif tinggi sehingga banyak penduduk yang rela melepaskan tanahnya (Kecamatan Grogol dalam Angka, 2018). Pada tabel berikut ini ditunjukkan jenis penggunaan tanah di Desa Madegondo.

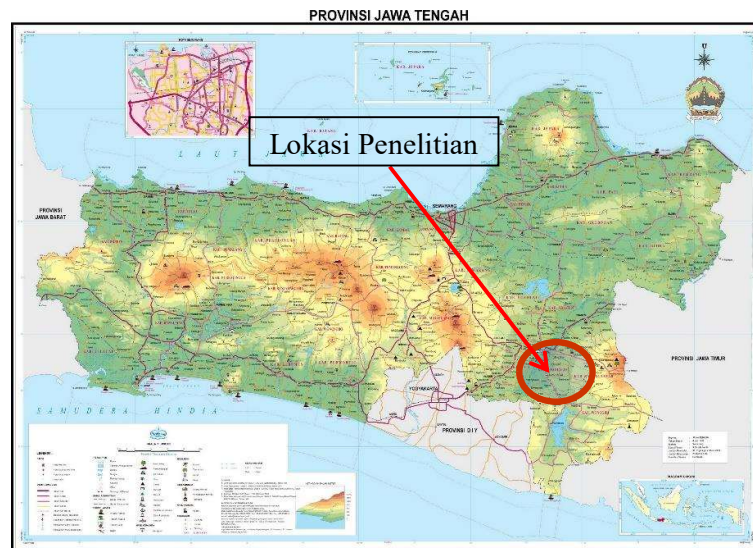
Tabel 3. 4 Jenis Penggunaan Tanah Desa Madegondo

Jenis Tanah	Luas (ha)
Tanah Sawah	6
Tanah Tegall	0
Pekarangan	133
Hutan Negara	0
Lainnya	5
Jumlah	144

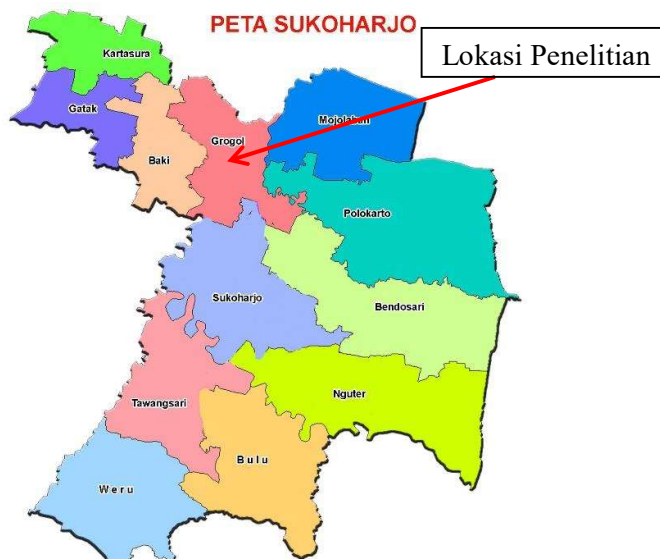
## BAB IV METODE PENELITIAN DAN KRITERIA PERENCANAAN

### 4.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Desa Madegondo, Kecamatan Grogol, Kabupaten Sukoharjo. Penelitian dimulai pada bulan Maret 2020 sampai bulan Juni 2020.



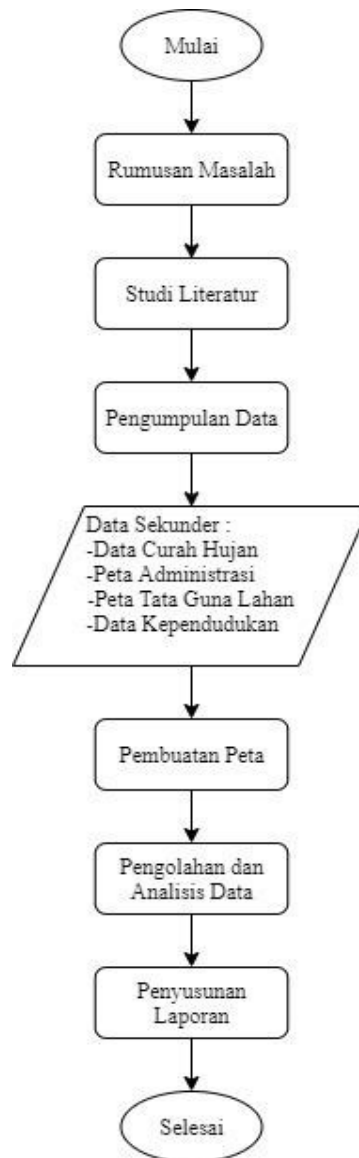
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian Secara Regional



Gambar 4. 2 Lokasi Penelitian Secara Administratif

## 4.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data hidrologi dengan mengumpulkan data curah hujan dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo. Sampel dipilih karena lokasi penelitian termasuk ke dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo. Pemetaan dilakukan dengan menggunakan metode Sistem Informasi Geografis (GIS). Diagram alir penelitian dapat dilihat di Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Diagram Alir Penelitian

### 4.3 Kriteria Perencanaan

Dalam penelitian ini kriteria perencanaan yang digunakan meliputi analisis data curah hujan, analisis koefisien limpasan (*run off*) berdasarkan tata guna lahan serta analisis debit banjir metode rasional.

#### 4.3.1 Analisis Data Curah Hujan

Proses analisis data curah hujan yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.3.

##### 1. Pengumpulan data curah hujan

Data curah hujan dikumpulkan selama 8 tahun kebelakang di daerah penelitian yaitu dari tahun 2012-2019.

##### 2. Curah hujan rata-rata

Curah hujan rata-rata daerah penelitian dihitung dengan metode aritmatik dengan rumus sebagai berikut :

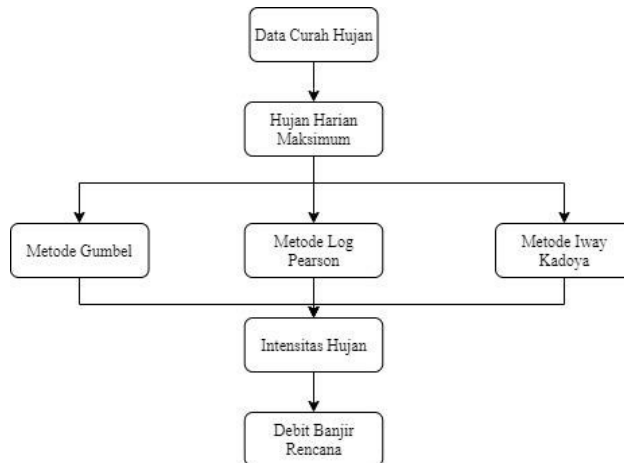
$$R = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots + P_n}{n} \dots \dots \dots (4.1)$$

Keterangan :

R = rerata hujan (mm)

P = curah hujan tiap pos hujan (mm/tahun)

n = jumlah pos hujan



Gambar 4. 4 Diagram Alir Analisis Hidrologi

3. Curah hujan harian maksimum

Dalam menghitung curah hujan harian maksimum dapat dilakukan dengan 3 metode yaitu : metode *Gumbel*, metode *Log Pearson III* dan metode *Iwai Kadoya*.

4. Intensitas hujan

Sebelum menganalisis intensitas hujan pada lokasi penelitian, hal yang terlebih dahulu dilakukan adalah menguji distribusi data curah hujan berdasarkan data curah hujan yang telah didapatkan. Perhitungan distribusi curah hujan menggunakan metode *Hasper Weduwen*. Berikut adalah langkah-langkahnya :

- a. Menentukan curah hujan rencana yang akan dipilih berdasarkan syarat distribusi hujan berikut :

Tabel 4. 1 Syarat distribusi hujan

No.	Jenis Distribusi	Syarat	
1	Gumbel	$Cs \leq 1,1396$	$Ck \leq 5,4002$
2	Log Normal	$Cs=3Cv+Cv^2,$ $Cs \approx 0,8325$	$Ck = 3$
3	Log Pearson Tipe III	$Cs \neq 0$	$Ck = 1,5 Cs + 3,$ $Ck \approx 3,873$

Sumber : Sri Harto, 1993

b. Perhitungan waktu aliran limpasan

$$t_o = \frac{108 \times 0,015 \times L^{0,33}}{S^{0,2}} \text{ jika } L > 300 \text{ m} \dots\dots\dots(4.2)$$

$$t_o = \frac{3,26 \times (1,1-C_{gab})^{1/2}}{S^{1/3}} \text{ jika } L < 300 \text{ m} \dots\dots\dots(4.3)$$

Keterangan :

$t_o$  = waktu aliran limpasan (menit)

$L$  = panjang saluran (m)

$S$  = kemiringan lereng

$C_{gab}$  = koefisien gabungan

c. Perhitungan waktu aliran di saluran

$$t_d = \frac{L}{v \times 60} \dots\dots\dots(4.4)$$

Keterangan :

L = panjang saluran (m)

v = kecepatan run off (m/s)

d. Perhitungan waktu konsentrasi

$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots(4.5)$$

e. Perhitungan intensitas curah hujan metode *Mononobe*

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (4.6)$$

Keterangan :

I = intensitas hujan (mm/jam)

R<sub>24</sub> = intensitas hujan per hari (mm/hari)

t<sub>c</sub> = waktu konsentrasi (menit)

## 5. Debit limpasan

Perhitungan debit aliran limpasan menggunakan metode rasional.

Persamaan matematik metode rasional dinyatakan dalam bentuk :

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (4.7)$$

Keterangan :

C = koefisien limpasan

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (ha)

### 4.3.2 Pemetaan Tutupan Lahan

Klasifikasi tutupan lahan (*land cover*) pada citra satelit dapat dilakukan dengan metode *supervised classification* dan *unsupervised classification*. *Supervised classification* adalah klasifikasi yang dilakukan dengan arahan analis dimana kriteria pengelompokan kelas ditetapkan berdasarkan penciri kelas (*class signature*) yang diperoleh melalui pembuatan area contoh (*training area*). Sedangkan *unsupervised classification* merupakan klasifikasi dengan pembentukan kelasnya sebagian besar dikerjakan oleh computer. Kelas-kelas atau kluster-kluster yang terbentuk dalam klasifikasi ini sangat bergantung kepada data itu sendiri, yaitu dikelompokkannya piksel-piksel berdasarkan kesamaan atau kemiripan spektralnya (Riswanto, 2009). Berikut disajikan tabel perbandingan metode *supervised classification* dan metode *unsupervised classification* (Septiani, 2019).

Tabel 4. 2 Perbandingan metode pemetaan tutupan lahan

Metode	Supervised Classification	Unsupervised Classification
Kelebihan	1. Kontrol informasi baik karena didukung operator 2. Keakuratan data lebih baik dibanding metode lain	1. Minim kesalahan operator 2. Klasifikasi data otomatis
Kekurangan	1. Interpretasi data kadang dipaksakan 2. Pemilihan data kurang representatif 3. Adanya data yang tidak teridentifikasi	1. Klasifikasi data terbatas 2. Kelas <i>spectral</i> data satelit tidak jelas 3. Terlalu mengandalkan kinerja komputer



### 4.3.3 Pemetaan Topografi dan Kontur

Dalam perencanaan saluran drainase sangat penting untuk mengetahui tinggi elevasi di daerah perencanaan yang digunakan untuk mencari kemiringan lereng (*slope*) saluran drainase yang direncanakan sehingga perlu dilakukan pemetaan topografi dan kontur. Data kemiringan lereng (*slope*) digunakan dalam analisis kecepatan hingga analisis profil hidrolis saluran. Pemetaan topografi dilakukan dengan cara mengunduh lembar peta *DEMNAS* (*Digital Elevation Modelling Nasional*) di situs inageoportal (lihat Lampiran 1). Data yang didapat berupa file raster yang kemudian diolah menggunakan *software Q.GIS 3.10* untuk menampilkan titik elevasi dan garis kontur. Dari data inilah kemudian dapat dibuat suatu peta topografi dan kontur berskala.

Berikut ini adalah persamaan untuk mencari kemiringan lereng (*slope*) :

$$S = \text{beda tinggi (m)}/\text{jarak (m)} \dots\dots\dots(4.8)$$

### 4.3.4 Koefisien Limpasan

Metode yang digunakan untuk menghitung debit puncak banjir adalah metode rasional dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = 0,00278.C.I.A \dots\dots\dots(4.9)$$

Keterangan :

- Q = debit puncak banjir (m<sup>3</sup>/s)
- C = nilai koefisien limpasan
- I = intensitas hujan (mm/jam)
- A = luas daerah aliran (ha)

Nilai koefisien limpasan adalah nilai perbandingan antara jumlah limpasan permukaan dengan jumlah hujan yang jatuh (SNI 2415:2016). Berikut ini adalah tabel beberapa nilai koefisien limpasan dari berbagai sumber.

Tabel 4. 3 Koefisien limpasan dan presentase kedap air

Tata guna lahan	Karakteristik	C	Im (%)	Keterangan
Pusat perbelanjaan dan perkantoran		0,90	100	
Industri	Bangunan penuh	0,80	80	Berkurang untuk bangunan tidak penuh
Pemukiman (kepadatan menengah – tinggi)	20 rmh/ha	0,48	30	Bandingkan daerah kedap air dengan daerah lain
	30 rmh/ha	0,55	40	
	40 rmh/ha	0,65	60	
	60 rmh/ha	0,75	75	
Pemukiman (kepadatan rendah)	10 rmh/ha	0,40	< 20	CN =85 (Curve Number)
Taman	Daerah datar	0,30	0	
Pedesaan	Tanah berpasir		0	C = 0,20; CN = 60
	Tanah berat (heavy soil)		0	C = 0,35; CN = 75
	Daerah irigasi		0	C = 0,50; CN = 85

(sumber: US Department of Agriculture, 1986)

Tabel 4. 4 Koefisien aliran

Jenis Daerah	Koefisien Aliran	Kondisi Permukaan	Koefisien Aliran		
Daerah Perdagangan Kota Sekitar kita	0,70-0,95	Jalan Aspal	0,75-0,95		
	0,50-0,70	Aspal dan beton Batu bata dan batako			
Daerah Pemukiman	0,30-0,50	Atap Rumah	0,70-0,95		
		Halaman berumput, tanah pasir	0,05-0,10 0,10-0,15 0,15-0,20		
	Banyak Rumah,terpisah	Datar, 2%			
	Banyak Rumah, rapat	Rata-rata, 2-7 %			
	Pemukiman, pinggiran Kota	Curam, 7 % atau lebih			
Apartemen	0,50-0,70				
Daerah Industri	0,50-0,80	Halaman berumput,tanah pasir padat	0,13-0,17 0,18-0,22 0,25-0,35		
				0,60-0,90	Datar, 2 %
	0,10-0,25				Rata-Rata, 2-7 %
				Halaman, kuburan dan sejenisnya	0,20-0,35
	Halaman, jalan kereta api dan sejenisnya				
	Lahan tidak terpelihara			0,10-0,30	

(sumber : Schwab, et.al 1981, arsyad 2006)

#### 4.3.5 Kolam Detensi

Kolam detensi direncanakan mampu menampung debit banjir puncak dan mengalirkannya kembali dalam jangka waktu 2 jam setelah pintu air ditutup. Berdasarkan *Detention Basin Guidelines* 2018, ukuran dimensi kolam direncanakan perbandingan panjang:lebar adalah 2:1. Hal ini bertujuan untuk mempercepat laju aliran air setelah ditampung untuk dialirkan kembali ke badan air penerima sehingga tidak memerlukan pompa. Selain itu, digunakan juga untuk menjaga estetika kawasan karena semakin



$$b = 2 \times h$$

d. Luas penampang saluran

$$A = Q \text{ rencana} / v \text{ rencana} \dots\dots\dots(4.12)$$

e. Keliling basah saluran

$$R = \frac{A}{b + 2 \times h} \dots\dots\dots(4.13)$$

f. *Freeboard* (tinggi jagaan)

$$Fb = \sqrt{0,5 \times h} \dots\dots\dots(4.14)$$

#### 4.3.7 Gorong-gorong

Gorong-gorong (*box culvert*) harus direncanakan mampu untuk melewati debit banjir rencana daerah pengaliran. Gorong-gorong jalan lokal dan jalan kolektor direncanakan mampu mengalirkan debit banjir rencana dengan periode ulang 5-7 tahunan yang disesuaikan dengan fungsi jalan tempat gorong-gorong berada. Berikut adalah tabel fungsi jalan dan periode ulang perencanaan gorong-gorong (Mulyono, 2017).

Tabel 4. 5 Periode ulang gorong-gorong

Fungsi Jalan	Periode Ulang (T)
Jalan Tol	25 Tahun
Jalan Arteri	10 Tahun
Jalan Kolektor	7 Tahun
Jalan Lokal	5 Tahun

Perpindahan aliran air dari saluran/sungai kecil ke dalam gorong-gorong memerlukan bangunan transisi tanah atau pasangan di sisi hulu (*inlet*) dan hilir (*outlet*) gorong-gorong. Fungsi bangunan transisi adalah mengatur perubahan kecepatan secara berangsur-angsur sehingga tidak terlalu banyak terjadi kehilangan tekan (*headloss*). Kecepatan aliran yang dipakai dalam perencanaan gorong-gorong terutama tergantung pada jenis bangunan transisi yang dipilih agar tidak terjadi erosi, geometri bangunan transisi serta jumlah kehilangan tekan yang diharapkan terjadi. Berikut

adalah tabel kecepatan gorong-gorong dengan kondisi material saluran (Mulyono, 2017).

Tabel 4. 6 Kecepatan gorong-gorong

Kondisi Material Dasar Saluran	V maksimum, (m/detik)
Lumpur	<0,3
Pasir halus	<0,3
Pasir kasar	0,4 – 0,6
Kerikil (Gravel)	
>6 mm	0,6 – 0,9
>25 mm	1,3 – 1,5
>100 mm	2,0 – 3,0
Lempung	
Lunak	0,3 – 0,9
Kenyal	1,0 – 1,2
Keras	1,5 – 2,0
Batu-batuan	
>150 mm	2,5 – 3,0
>300 mm	4,0 – 5,0

Perbedaan kecepatan saluran/sungai kecil dan gorong-gorong serta gesekan mengakibatkan aliran air di gorong-gorong akan menyebabkan terjadinya kehilangan tekan. Kehilangan tekan pada gorong-gorong terjadi pada 3 bagian yaitu :

1. Bagian transisi *inlet* (H-in)
2. Bagian transisi *outlet* (H-out)
3. Di sepanjang aliran gorong-gorong (Hf gesek)

Kehilangan tekan pada bagian transisi inlet dan outlet dapat dihitung dengan menggunakan “Rumus Borda” (DPU, 2005c; DPU, 1986) menggunakan persamaan berikut :

$$\Delta H_{inlet} = \varepsilon(in) \frac{(v_a - v_1)^2}{2g} \dots\dots\dots(4.15)$$

$$\Delta H_{outlet} = \varepsilon(out) \frac{(v_a - v_2)^2}{2g} \dots\dots\dots(4.16)$$

$$\Delta H_f \text{ gesek} = S \times L \dots\dots\dots(4.17)$$

Keterangan :

$\varepsilon$  = koefisien kehilangan energi,  $v_a$  = kecepatan gorong-gorong (m/s),

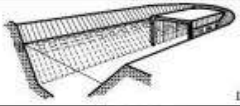
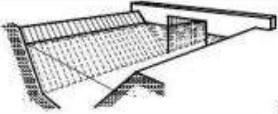

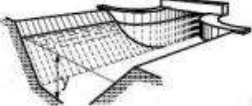
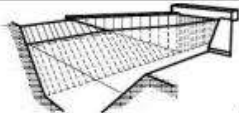
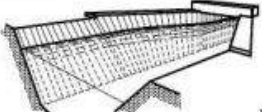
$S$  = slope

$L$  = panjang saluran (m),  $v_2$  = kecepatan saluran/sungai kecil (m/s),

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

Berikut ini adalah tabel koefisien kehilangan energi dengan gambar ilustrasi gorong-gorong (*Bos & Reinink, 1981; Idel’Cik,1960; DPU,1986*).

Tabel 4. 7 Koefisien kehilangan energi

Deskripsi Peralihan	Gambar Ilustrasi	Kehilangan Energi	
		$E_{masuk}$	$E_{ketuar}$
Pipa gorong-gorong sampai ke Peralihan Samping Saluran	 I	0,50	1,00
Pipa gorong-gorong sampai di dinding hulu melalui saluran (Dianjurkan)	 II	0,50	1,00
peralihan punggung patah dengan sudut pelebaran 1:1 atau 1:2	 III	0,30	0,60
Dinding hulu dengan peralihan yang di bulatkan dengan jari-jari lebih dari 0,1 y. (Dianjurkan)	 IV	0,25	0,50
Peralihan punggung patah dengan sudut pelebaran sekitar 1:5 (Dianjurkan)	 V	0,20	0,40
Peralihan berangsur antara potongan melintang segi empat dan trapesium	 VI	0,10	0,20

#### 4.3.8 Street Inlet

Tiap street inlet diberikan jarak antara 90-120 meter, dengan jarak yang lebih pendek untuk kemiringan memanjang yang kecil dengan perumusan sebagai berikut (Modul Drainase Jalan ITS, 2009) :

$$D = \frac{280 \times S^{1/2}}{w} \dots\dots\dots (4.18)$$

Keterangan :

S = *slope*

W = lebar jalan (m)

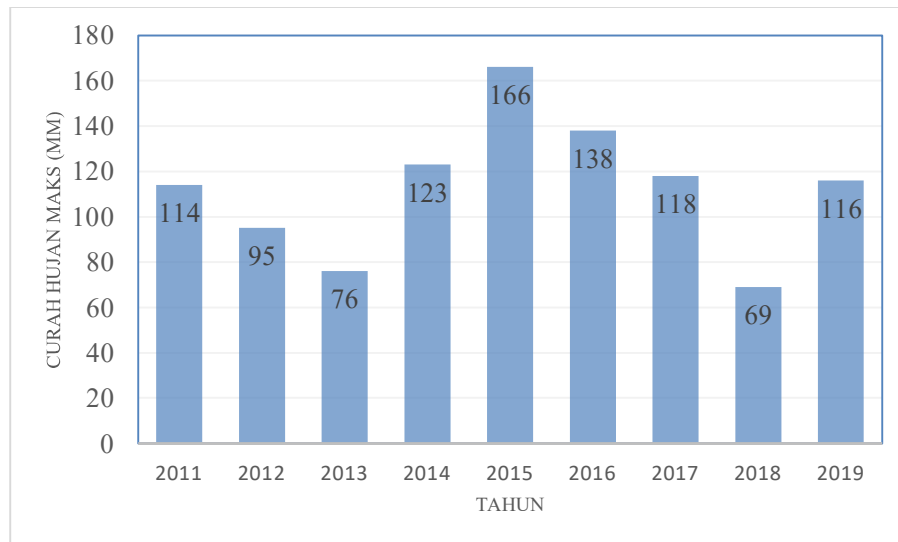
D = jumlah *street inlet* (buah)

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Analisis Data Curah Hujan

Dalam penelitian ini digunakan satu pos hujan dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo yaitu pos hujan Pabelan (Lampiran 4). Pemilihan pos hujan didasarkan pada cakupan wilayah. Karena lokasi penelitian hanya satu desa (<500 ha) dan data curah hujan dari pos-pos hujan di sekitar lokasi tidak lengkap maka hanya dipilih satu pos hujan saja dengan metode aritmatik. Berikut ini disajikan grafik curah hujan maksimum per tahun. Untuk perhitungan lebih lanjut dapat dilihat di (Lampiran 5)

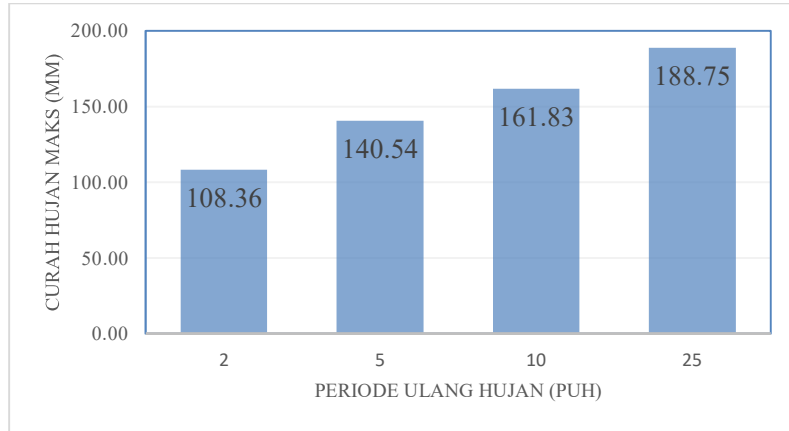


Gambar 5. 1 Grafik curah hujan maksimum

#### 5.1.1 Curah Hujan Harian Maksimum

##### A. Metode *Gumbel*

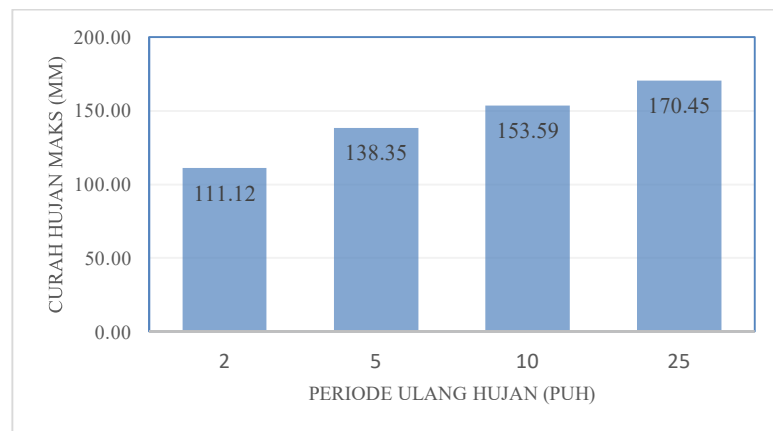
Berikut ini adalah grafik curah hujan harian maksimum dengan metode *Gumbel*.



Gambar 5. 2 Grafik curah hujan maksimum metode *Gumbel*

### B. Metode *Log Pearson* Tipe III

Berikut ini adalah grafik curah hujan harian maksimum dengan metode *Log Pearson* Tipe III.

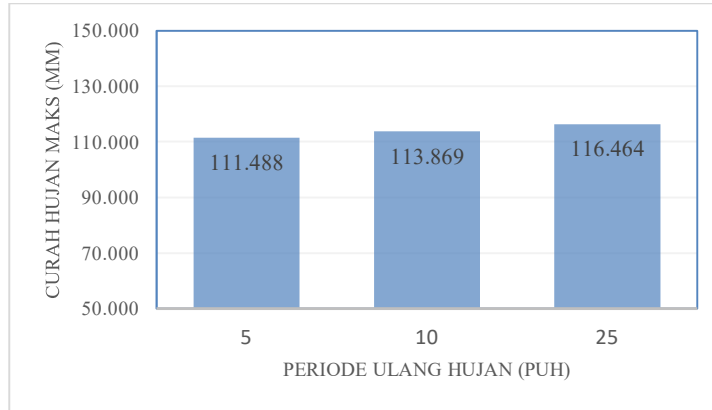


Gambar 5. 3 Grafik curah hujan maksimum metode *Log Pearson*

### C. Metode *Iwai Kadoya*

Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan curah hujan harian maksimum dengan metode *Iwai Kadoya*.

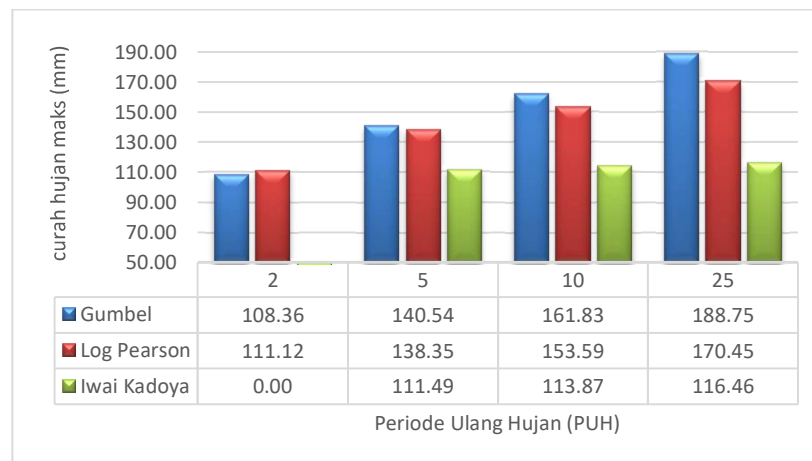




Gambar 5. 4 Grafik curah hujan maksimum metode *Iwai Kadoya*

#### D. Perbandingan Nilai Curah Hujan

Berikut ini disajikan grafik perbandingan nilai curah hujan maksimum dengan metode *Gumbel*, *Log Pearson*, dan *Iwai Kadoya*.

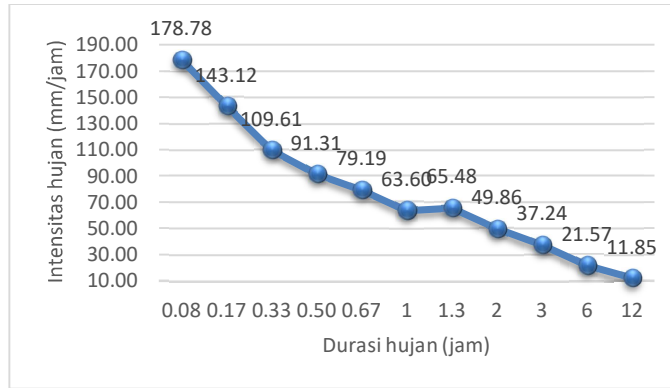


Gambar 5. 5 Grafik perbandingan nilai curah hujan

Berdasarkan tabel diatas, maka metode yang dipilih untuk analisis distribusi curah hujan dan intensitas hujan adalah metode *Gumbel* karena memiliki nilai curah hujan tertinggi. Serta periode ulang hujan (PUH) yang dipilih adalah PUH 5 Tahun sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Drainase.

### 5.1.2 Distribusi Curah Hujan

Perhitungan distribusi curah hujan yang dilakukan menggunakan metode *Hasper Weduwen*. Berikut ini disajikan grafik distribusi curah hujan rata-rata.



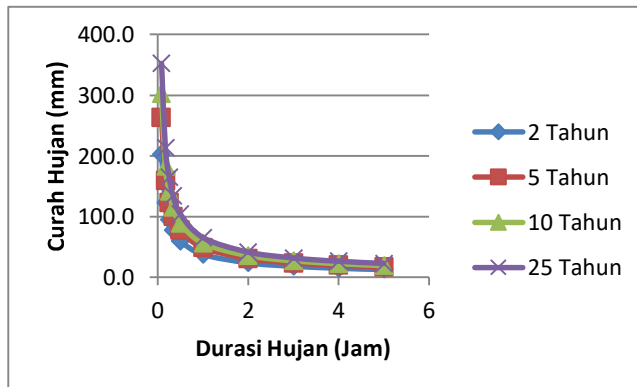
Gambar 5. 6 Grafik distribusi hujan rata-rata

### 5.1.3 Intensitas Hujan

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Drainase untuk menganalisis intensitas hujan digunakan metode *Mononobe*. Berikut ini adalah tabel perhitungan intensitas hujan metode *Mononobe*. Untuk mengetahui lebih detail tentang perhitungan analisis data curah hujan dapat dilihat di (Lampiran 7).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (5.2)$$

Dibawah ini disajikan gambar grafik intensitas hujan metode *Mononobe*.



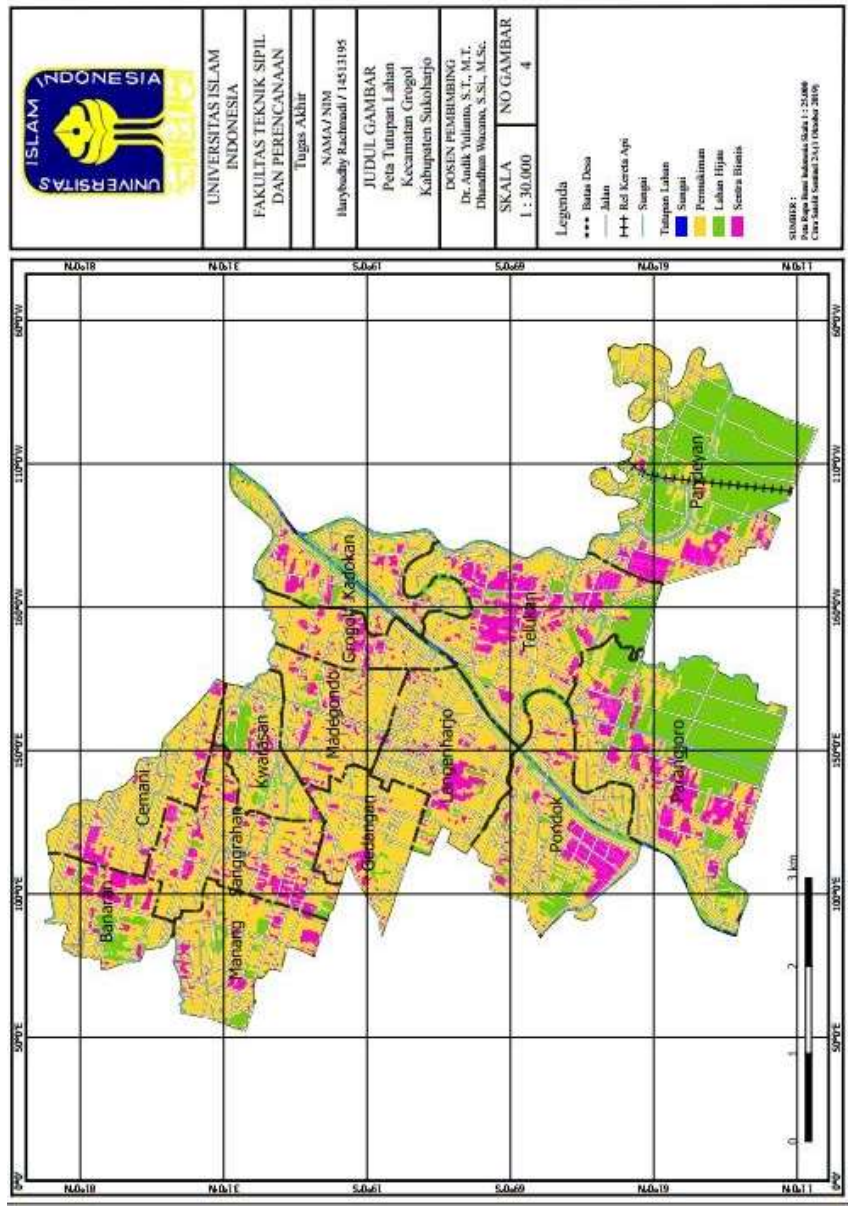
Gambar 5. 7 Grafik intensitas hujan

## 5.2 Perencanaan Sistem Drainase

### 5.2.1 Pemetaan Tutupan Lahan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *supervised classification* karena dari segi keakuratan dan *output* data lebih baik dibanding metode lain. Di samping itu, data *raster* dari satelit diproses dengan baik karena didukung oleh operator sebagai data *controller* dan komputer sebagai alat pengolah data (*data analysis tool*). Untuk nilai koefisien limpasan pada perencanaan ini didasarkan pada peta tutupan lahan Kecamatan Grogol (Lampiran 6) dengan menggunakan citra satelit *Sentinel 2A*. Gambar udara yang didapat berasal dari tangkapan citra satelit tanggal 1 Oktober 2019 dengan ketebalan awan  $< 3\%$  diolah menggunakan perangkat lunak *QGIS 3.10*. Berikut ini disajikan gambar peta tutupan lahan Kecamatan Grogol.

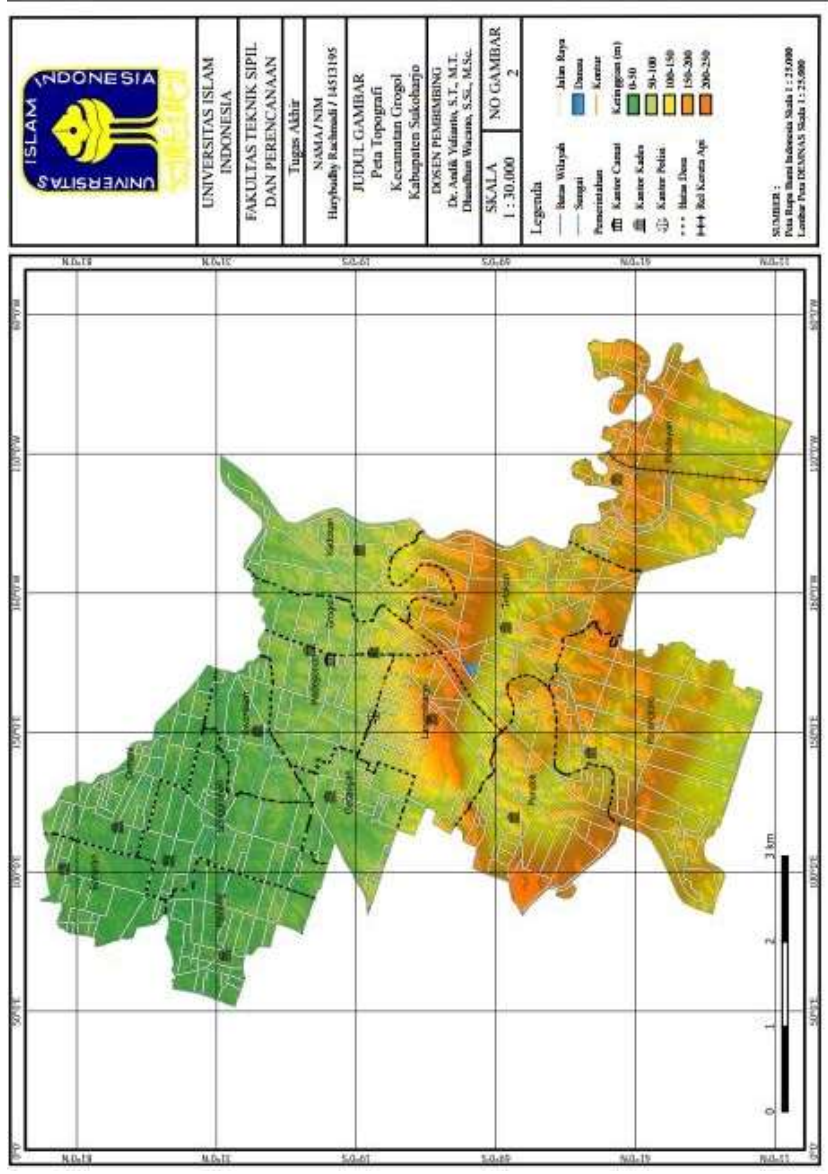
Berdasarkan peta dibawah ini, terlihat bahwa Desa Madegondo memiliki karakteristik wilayah pinggiran kota (*peri urban*) dengan ciri khas tutupan lahan berupa permukiman . Hal itu dapat meningkatkan koefisien pengaliran pada daerah tersebut sehingga akan memperbesar debit banjir rencana.



Gambar 5. 8 Peta tutupan lahan Kecamatan Grogol

### 5.2.2 Pemetaan Topografi

Dari data raster lembar peta DEMNAS yang telah diolah menggunakan *Q.GIS 3.10* kemudian dibuat menjadi dua peta (Lampiran 3) yaitu peta topografi Kecamatan Grogol dan peta kontur Desa Madegondo yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Pada gambar peta baik peta topografi maupun peta kontur terlihat bahwa Desa Madegondo memiliki ketinggian antara 0-100 mdpl dengan kemiringan lereng antara 6%-7%. Kemiringan lereng yang tinggi memang sangat membantu dalam proses perencanaan sistem drainase karena tidak akan memerlukan bantuan pompa. Namun demikian, perlu diingat bahwa kemiringan lereng (*slope*) yang curam juga akan memperbesar kecepatan saluran sehingga dapat merusak struktur penampang saluran drainase yang dibangun. Di bawah ini disajikan peta topografi Kecamatan Grogol dan peta kontur Desa Madegondo.



Gambar 5. 9 Peta topografi Kecamatan Grogol



### 5.2.3 Pembagian Sub Sistem Drainase

Dalam perencanaan ini, Desa Madegondo dibagi menjadi 7 sub sistem drainase berdasarkan kesamaan karakteristik tutupan lahan. Pembagian ini bertujuan untuk mempermudah proses perhitungan debit banjir rencana sehingga akan didapat nilai koefisien limpasan gabungan yang lebih akurat untuk tiap sub sistem. Ketujuh sub sistem tersebut antara lain adalah sebagai berikut :

1) Sub sistem Pandawa 1

Karakteristik tutupan lahan pada sub sistem ini adalah perumahan elit dan apartemen mini

2) Sub sistem Pandawa 2

Dalam sub sistem ini didominasi oleh perumahan elit dengan beberapa pertokoan dan sekolah

3) Sub sistem Parahyangan

Perumahan besar dengan kualitas untuk masyarakat menengah kebawah ada dalam sub sistem ini yang sedikit menyisakan lahan hijau

4) Sub sistem Sentra Niaga

Pusat-pusat perbelanjaan seperti *mall*, hotel, *showroom* mobil, restoran mewah, supermarket, dan kantor pemerintahan ada dalam sub sistem ini

5) Sub sistem Taman Viena

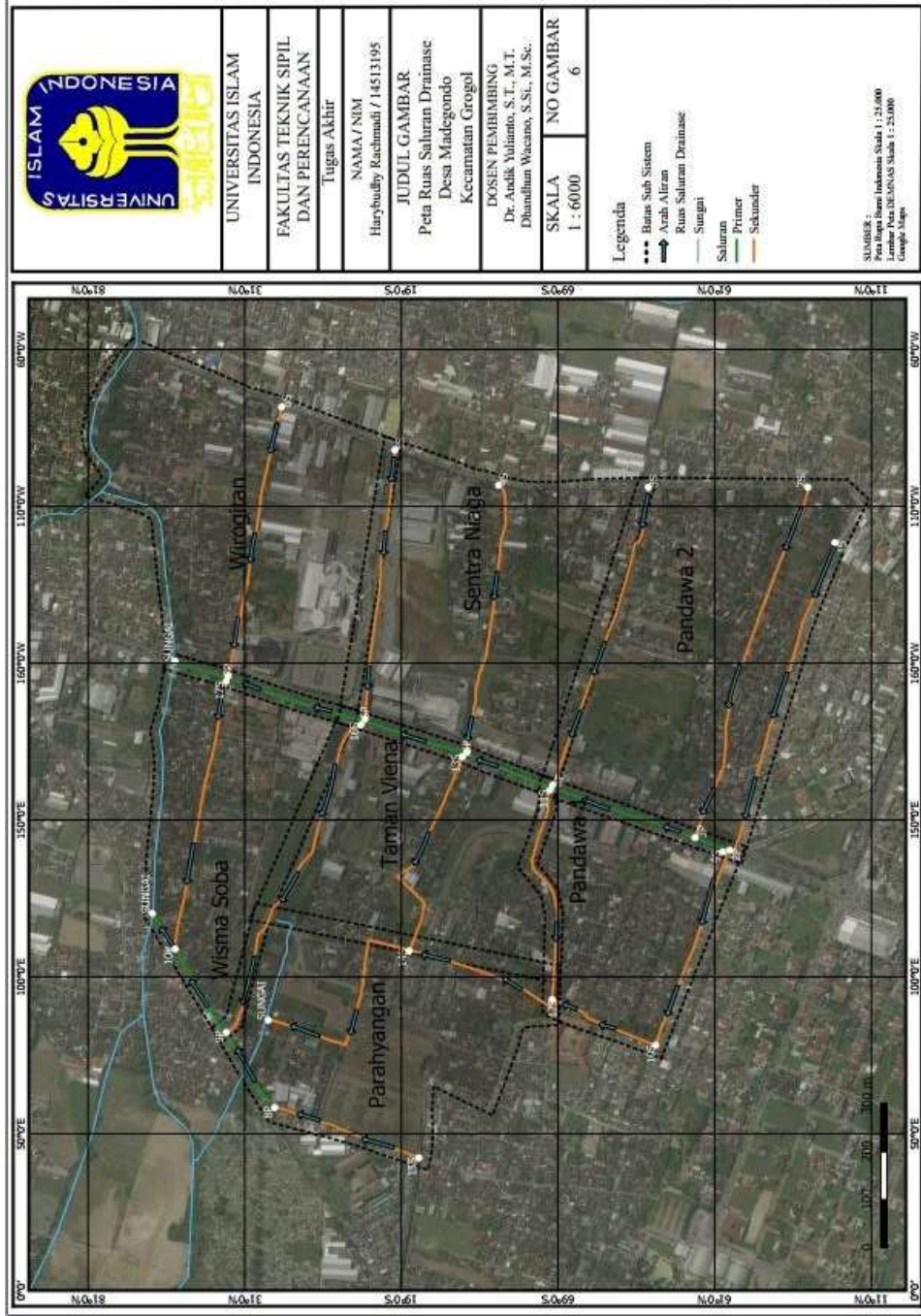
Sub sistem ini diisi oleh permukiman padat penduduk, *dealer* mobil, kafe dan memiliki Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang bernama Taman Viena

6) Sub sistem Wirogitan ; 7) Sub sistem Wisma Soba

Pada sub sistem ini memiliki karakteristik tutupan lahan yang mirip namun sub sistem Wisma Soba memiliki kerapatan permukiman yang lebih tinggi

Dibawah ini disajikan peta ruas saluran drainase dengan pembagian tiap sub sistem. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di (Lamp.7).

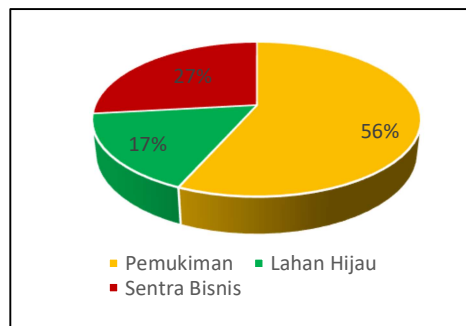




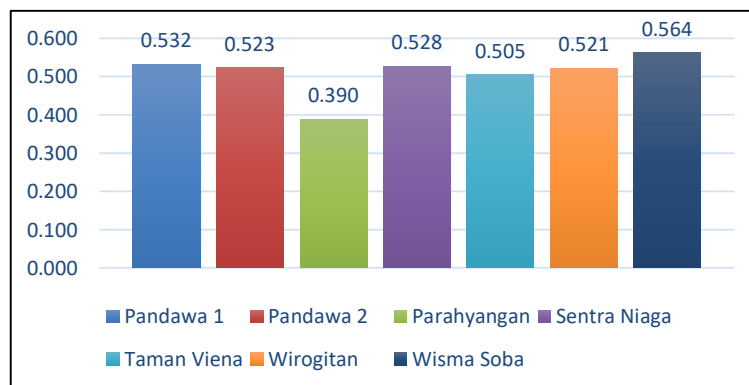
Gambar 5. 11 Peta ruas saluran drainase

#### 5.2.4 Koefisien Limpasan

Dari pemetaan yang dilakukan dihasilkan bahwa tutupan lahan disekitar lokasi perencanaan didominasi oleh permukiman dan perkantoran serta industri sehingga koefisien limpasan yang dihasilkan sangat besar. Akibat koefisien limpasan yang besar inilah debit banjir rencana menjadi sangat besar sehingga perlu dilakukan pengelolaan sistem drainase berwawasan lingkungan berupa kolam detensi (penahan air). Berikut ini disajikan presentase tutupan lahan dan jumlah koefisien limpasan gabungan pada tiap sub sistem disajikan dalam grafik dibawah ini. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di (Lampiran 8).



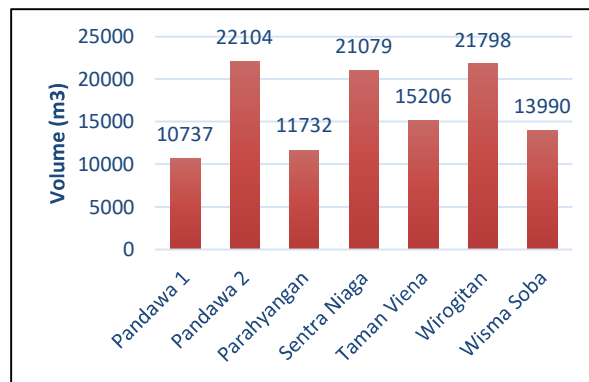
Gambar 5. 12 Presentase tutupan lahan



Gambar 5. 13 Grafik koefisien gabungan

### 5.2.5 Perencanaan Kolam Detensi

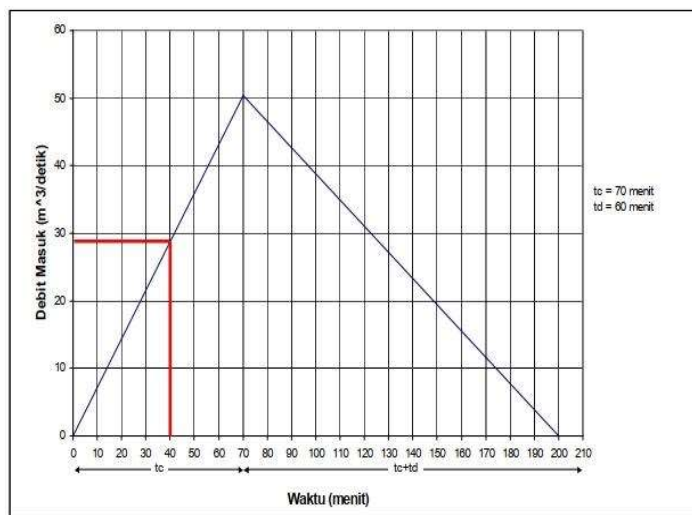
Akibat rendahnya daya resapan tanah pada lokasi perencanaan (permeabilitas tanah < 0,5 cm/jam) (Budiarti, 2017) menjadikan kolam detensi sebagai pilihan teknologi yang tepat untuk mengurangi debit banjir rencana. Kolam ini direncanakan mampu mereduksi debit banjir sebesar 67%. Selain digunakan untuk mengendalikan banjir dan genangan, kolam detensi juga berfungsi sebagai bangunan penyimpanan air (*reservoir*) yang dapat dijadikan sebagai sumber air baku setelah diolah. Berikut ini disajikan grafik volume tiap sub sistem. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat di (Lampiran 8).



Gambar 5. 14 Grafik volume limpasan tiap sub sistem

Dari grafik tersebut didapat total volume air limpasan sebesar 116646 m<sup>3</sup>. Dalam perencanaan kolam detensi harus dibuat hidrograf untuk menghitung volume kumulatif yang masuk dari saluran pembawa menuju ke kolam sehingga membutuhkan pengukuran langsung yang lebih detail. Karena tidak ada data primer yang dapat membantu pembuatan hidrograf maka dalam perencanaan ini menggunakan grafik hidrograf dan gambar tabel perhitungan volume kumulatif yang sudah ada dengan mengasumsikan selang waktu tiap aliran masuk sebesar 20 menit dan luas daerah tangkapan (*catchment area*) sebesar 500 hektare.

Berikut ini disajikan grafik hidrograf dan tabel perhitungan volume kumulatif kolam dari modul “Panduan dan Petunjuk Praktis Pengelolaan Drainase Perkotaan”.



Gambar 5. 15 Grafik hidrograf

Kumulatif Waktu (menit)	Aliran Masuk (m <sup>3</sup> /detik)	Rata-rata Aliran Masuk (m <sup>3</sup> /detik)	At (detik)	Volume (m <sup>3</sup> )	Kumulatif Volume (m <sup>3</sup> )
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
0	0				0
20	14.4	7.2	1200	8640	8640
40	28.8	21.6	1200	25920	34560
60	43.2	36	1200	43200	77760
80	46.522	44.861	1200	53833.2	131593.2
100	38.768	42.645	1200	51174	182767.2
120	31.014	34.891	1200	41869.2	224636.4
140	23.26	27.137	1200	32564.4	257200.8
160	15.506	19.383	1200	23259.6	280460.4
180	7.752	11.629	1200	13954.8	294415.2
200	0	3.876	1200	4651.2	299066.4

Gambar 5. 16 Volume kumulatif kolam detensi

Karena presentase reduksi ditargetkan dapat mereduksi debit banjir rencana sebesar 67% dengan volume total limpasan tiap sub sistem 116646 m<sup>3</sup> maka volume total tampungan kolamnya adalah 77760 m<sup>3</sup> dengan waktu konsentrasi (tc) saluran pembawa menuju ke kolam detensi sebesar 60 menit (lihat Gambar 5.15). Dari volume total inilah yang nantinya akan digunakan untuk menghitung dimensi kolam detensi.

Perencanaan dimensi kolam detensi dalam penelitian ini berdasarkan pada kriteria desain embung (SEMEN-PUPR Nomor 07 Tahun 2018). Pedoman dalam peraturan ini dipilih karena menyajikan data geoteknik yang mudah dipahami dibandingkan dengan pedoman/modul yang lain. Berikut ini adalah gambar tabel ukuran embung untuk berbagai volume.

Tabel 5. 1 Kriteria desain embung

Volume	Kolam embung			Bak pengendap		Pelimpah	
	Panjang rata-rata	Lebar rata-rata	Tinggi	Panjang	Tinggi	Lebar	Tinggi
m <sup>3</sup>	m	m	m	m	m	m	m
500	25	10	2,0	0,5	0,3	4	0,3
500	20	10	2,5	0,5	0,3	4	0,3
1.000	25	20	2,0	0,5	0,3	4	0,3
1.500	30	25	2,0	0,5	0,4	4	0,3
2.000	40	25	2,0	0,5	0,4	5	0,3
2.500	40	25	2,5	1,0	0,5	5	0,5
3.000	50	30	2,0	1,0	0,5	5	0,5
3.000	40	25	3,0	1,0	0,5	5	0,5

Tahap awal perencanaan dimensi kolam detensi adalah dengan membuat tabel perbandingan panjang : lebar kolam embung dan perbandingan dimensi bak pengendap dan pelimpah berdasarkan volume dari tabel kriteria desain ukuran embung diatas. Berikut ini adalah tabel perbandingan panjang, lebar dan tinggi kolam embung

Tabel 5. 2 Tabel perbandingan dimensi kolam tiap volume

Kolam Embung			Bak Pengendap		Pelimpah	
V	P	L	P	T	L	T
500	2.5	1	1.7	1	13	1
500	2	1	1.7	1	13	1
1000	1.25	1	1.7	1	13	1
1500	1.2	1	1.3	1	13	1
2000	1.6	1	1.3	1	17	1
2500	1.6	1	2	1	10	1
3000	1.67	1	2	1	10	1
3000	1.6	1	2	1	10	1

Untuk mengetahui lebih jelas tentang perhitungan pada tabel diatas dapat dilihat pada (Lampiran 8). Tahap selanjutnya adalah melakukan *trial and error* berdasarkan tabel diatas untuk menentukan dimensi kolam detensi. Di bawah ini adalah hasil akhir perencanaan dimensi dan volume kolam detensi serta ukuran bak pengendap dan ambang pelimpah.

Tabel 5. 3 Volume total kolam detensi

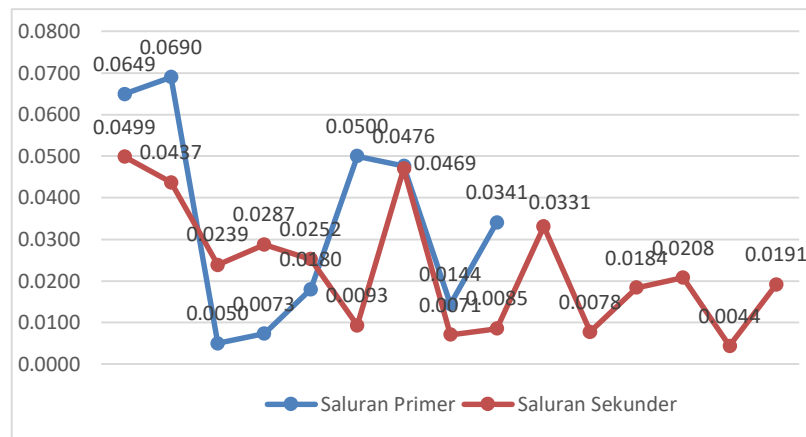
Volume limpasan (m <sup>3</sup> )	Dimensi Kolam Detensi (m)			Volume (m <sup>3</sup> )	Jumlah kolam (buah)	Volume total (m <sup>3</sup> )	A kolam (m <sup>2</sup> )	% reduksi (%)
	P	L	T					
116646	75.2	47	11	38878	2	77757	3534	67%

Tabel 5. 4 Ukuran bak pengendap dan ambang pelimpah kolam detensi

Dimensi Kolam Detensi (m)				Bak Pengendap		Pelimpah	
V	P	L	T	P	T	L	T
38878	75.2	47	11	5	3	15	2

### 5.2.6 Kemiringan Lereng

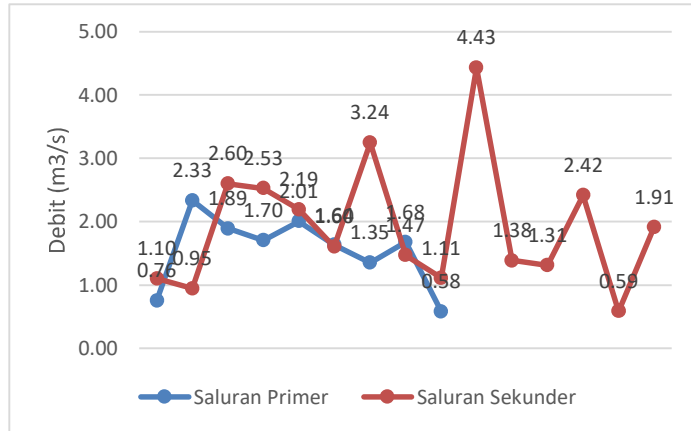
Perhitungan kemiringan lereng (*slope*) didasarkan pada peta topografi dan elevasi (Lampiran 3). Hasil yang didapat digunakan untuk menghitung kecepatan saluran dan elevasi saluran yang dibutuhkan untuk menganalisis profil hidrolis saluran. Berikut disajikan grafik fluktuasi *slope* tiap saluran drainase. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di (Lampiran 8).



Gambar 5. 17 Grafik fluktuasi *slope*

### 5.2.7 Debit Banjir Rencana

Perhitungan debit banjir rencana dilakukan menggunakan metode rasional (lihat persamaan 4.7) dimana koefisien limpasan (C) dikalikan dengan nilai intensitas hujan (I) dan luas *catchment area* (A). Perhitungan debit dilakukan pada semua jenis saluran drainase setelah dikurangi presentase reduksi dari hasil perencanaan kolam detensi. Berikut ini disajikan grafik fluktuasi debit tiap saluran drainase. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat di (Lampiran 8).



Gambar 5. 18 Grafik fluktuasi debit

### 5.2.8 Dimensi Saluran Gorong-gorong

Saluran drainase samping/selokan (*side ditch*) yang biasanya hanya menggunakan *u-ditch* terbuka/tertutup dalam perencanaan ini digunakan bentuk saluran gorong-gorong (*box ditch*) untuk memaksimalkan kapasitas tampungan air limpasan. Hal ini dikarenakan daerah perencanaan merupakan kawasan pinggiran kota (*peri urban*) sehingga memerlukan bentuk saluran yang besar seperti *box ditch* karena selain berfungsi sebagai saluran drainase, pada permukaan atas *box ditch* (saluran gorong-gorong) juga dapat digunakan sebagai trotoar/bahu jalan dan sesuai untuk daerah perencanaan dengan tingkat mobilitas pembangunan serta alih fungsi lahan yang tinggi seperti Desa Madegondo karena *box ditch* memiliki kapasitas tampungan air yang lebih besar serta bentuk yang lebih padat dan kuat dibandingkan dengan bentuk saluran drainase lainnya. Hal ini sangat menguntungkan karena pihak pengelola dalam hal ini Dinas Sumber Daya Air (SDA) tidak akan terlalu sering mengganti saluran drainase akibat sudah tidak mampu menampung debit air limpasan sehingga dapat meminimalisir anggaran operasi dan pemeliharaan (O&P) saluran drainase. Tabel dimensi tiap ruas saluran gorong-gorong dan gambar potongan precast box dapat dilihat di (Lampiran 8).



Karena gorong-gorong yang digunakan berfungsi sebagai saluran drainase samping (*side ditch*) maka kehilangan tekan (*headloss*) tidak perlu dihitung karena perhitungan headloss hanya digunakan pada gorong-gorong (*box culvert*) yang dibangun sebagai bangunan perlintasan air yang melewati jalan terutama ketika bentuk penampang antar salurannya berbeda. Untuk kecepatan yang digunakan (*v rencana*) sesuai dengan kriteria desain gorong-gorong (*culvert*) berdasarkan pada kondisi material dasar saluran (lihat Tabel 4.6). Dari *v rencana* itulah kemudian akan didapat luas penampang basah saluran (*A*) untuk menghitung dimensi saluran secara detail. Hasil dari perhitungan dimensi inilah yang nantinya akan disesuaikan dengan ukuran saluran drainase dari pabrik (*precast*) yang ada sehingga dapat mempermudah analisis *HEC-RAS* pada tahap selanjutnya. Di bawah ini adalah tabel hasil penyesuaian dimensi tiap ruas saluran drainase dengan dimensi standar pabrik (*precast*).

Tabel 5. 5 Tipe *precast* saluran primer

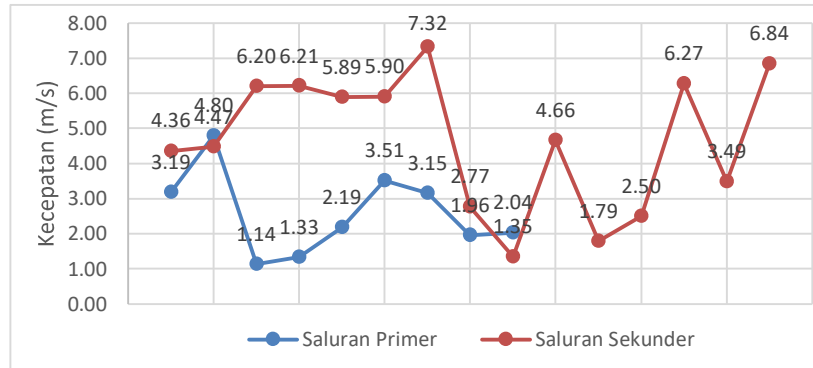
Saluran Primer	Tipe <i>precast</i> (cm)
2P--3P	80x80x100
3P--4P	100x100x100
4P--5P	80x80x80
5P--6P	80x80x80
6P--7P	80x80x80
7P-- SUNGAI	80x80x80
8P--9P	80x80x80
9P--10P	80x80x80
10P-- SUNGAI	80x80x80

Tabel 5. 6 Tipe *precast* saluran sekunder

Saluran Sekunder	Tipe <i>precast</i> (cm)
1S--2P	100x100x100
2S--3P	100x100x100
3S--4P	200x200x100
4S--5P	180x180x100
5S--6P	150x150x100
6S--7P	120x120x100
9S--10S	200x200x100
11S--12S	120x120x100
13S--14S	100x100x100
10S--12S	300x300x120
12S--14S	100x100x100
14S-- SUNGAI	120x120x100
15S--8P	180x180x100
16S--9P	80x80x100
17S--10P	150x150x100

### 5.2.9 Kecepatan Saluran

Analisis kecepatan saluran dilakukan untuk mengetahui kecepatan aliran air limpasan pada penampang saluran drainase. Kecepatan saluran dipengaruhi oleh kondisi kemiringan lereng tanah (*slope*). Semakin curam kemiringan lereng maka kecepatan salurannya akan semakin besar. Perhitungan kecepatan saluran menggunakan rumus *Manning* (lihat persamaan 4.10). Kecepatan saluran sangat penting untuk dihitung karena aliran air yang terlalu cepat akan merusak kondisi penampang saluran drainase yang dapat memperpendek umur saluran. Sebaliknya, kecepatan saluran yang terlalu lambat akan menyebabkan genangan air disekitarnya. Berikut ini disajikan grafik fluktuasi kecepatan saluran tiap jenis saluran drainase. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di (Lampiran 8).



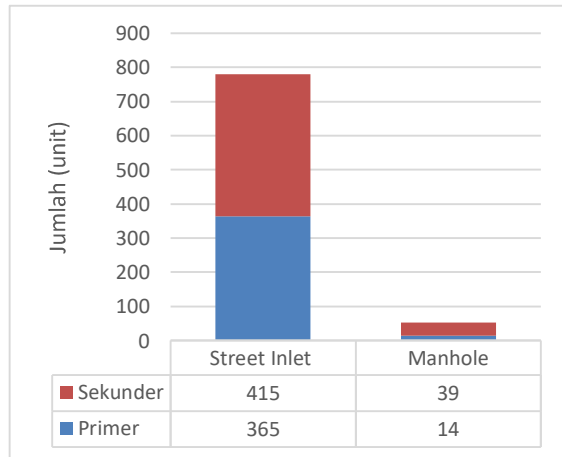
Gambar 5. 19 Grafik fluktuasi kecepatan saluran

Dari grafik diatas terlihat bahwa kecepatan saluran sangat tinggi. Hal ini disebabkan karena data elevasi yang didapat dari peta kontur Desa Madegondo kurang akurat. Dari analisis pemetaan tersebut didapat bahwa kemiringan lereng rata-rata Desa Madegondo berkisar antara 6%-7% padahal dari beberapa referensi ditemukan bahwa kemiringan lereng untuk daerah Surakarta dan sekitarnya hanya 0%-4%. Karena kemiringan lereng yang curam (6%-7%) inilah yang menyebabkan hasil perhitungan kecepatan saluran menjadi sangat tinggi.

### 5.2.10 Street Inlet dan Manhole

*Street inlet* dalam perencanaan ini dibuat di sepanjang jalan yang dilalui oleh saluran primer dan saluran sekunder. *Street inlet* digunakan sebagai bangunan penangkap air hujan pada bahu jalan. Sementara itu, *manhole* yang direncanakan dalam penelitian ini hanyalah tutupnya saja (*drainage manhole cover*) karena *manhole* drainase berbeda dengan *manhole* saluran air limbah (*sewer*) yang harus dibuat struktur bangunannya. *Manhole* drainase cukup menggunakan struktur saluran gorong-gorong (*box ditch*) karena hanya digunakan untuk membersihkan sedimen yang mengendap dan sampah.

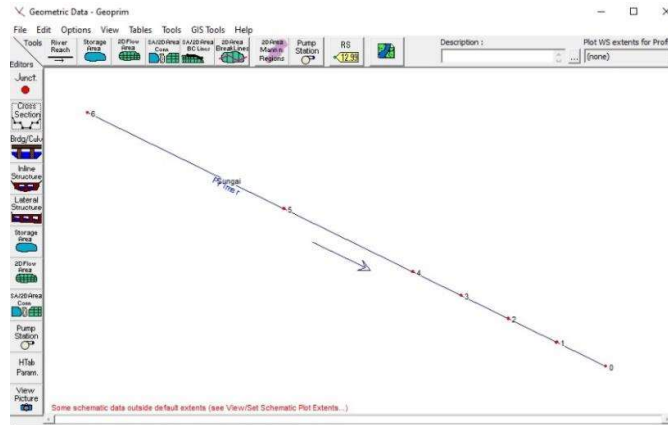
Berikut ini disajikan grafik jumlah *street inlet* dan *manhole* tiap-tiap ruas pada saluran primer dan sekunder. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat di (Lampiran 8).



Gambar 5. 20 Jumlah *street inlet* dan *manhole*

### 5.3 Analisis *HEC-RAS*

Hasil perhitungan hidrolika berupa debit banjir rencana, dimensi saluran, elevasi muka tanah dan elevasi dasar saluran menggunakan *Microsoft Excel* dianalisis menggunakan *HEC-RAS*. Analisis ini bertujuan untuk melihat penampang dasar saluran dan profil hidrolis saluran secara detail sehingga dapat terlihat jelas apakah saluran dapat menampung aliran air dari debit yang direncanakan atau tidak. Ukuran dimensi yang digunakan adalah dimensi saluran gorong-gorong sesuai spesifikasi ukuran pabrik (*precast*). Sedangkan elevasi yang digunakan sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya (lihat Lampiran 8). Berikut ini disajikan gambar pola geometri saluran drainase primer ruas saluran (2P—Sungai) dalam *HEC-RAS*.



Gambar 5. 21 Pola geometri saluran

Setelah dibuat pola geometri saluran, maka tahap selanjutnya adalah dengan memasukkan input data :

- 1) *Station* (lebar saluran)
- 2) *Elevation* (elevasi muka tanah & elevasi dasar saluran)
- 3) *Downstream reach lengths* (panjang ruas saluran)
- 4) *Manning's value* (koefisien manning)
- 5) *Main channel bank stations* (lebar saluran)

Berikut ini adalah tabel input data dimensi yang harus dimasukkan dalam *HEC-RAS* di ruas saluran penampang hulu (2P).

Cross Section Data - Geoprism

Exit Edit Options Plot Help

River: Primer Apply Data

Reach: Sungai River Sta.: 6

Description: 2P

Cross Section Coordinates		Downstream Reach Lengths		
Station	Elevation	LOB	Channel	ROB
1	0	682.	682.	682.
2	0			
3	0.8			
4	0.8			
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				

Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB
0.013	0.013	0.013

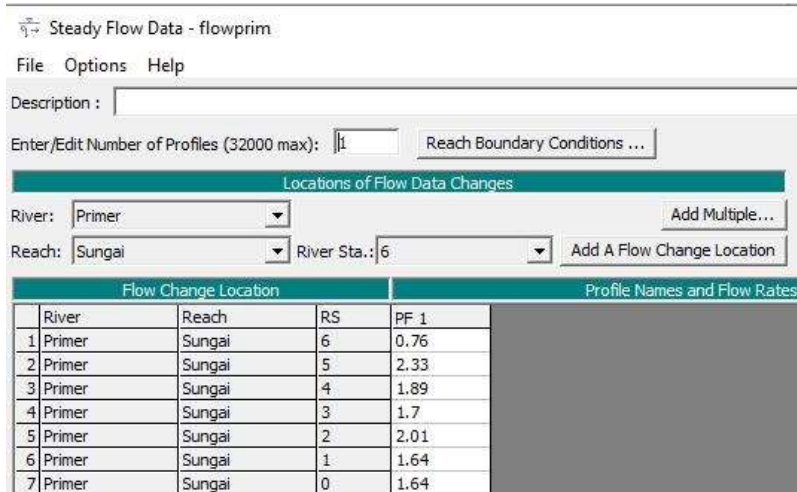
Main Channel Bank Stations	
Left Bank	Right Bank
0	0.8

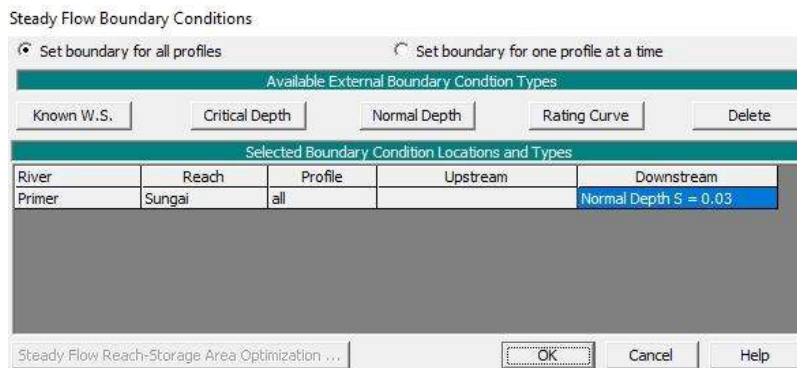
Cont'Exp Coefficient (Steady)	
Contraction	Expansion
0.1	0.3

Gambar 5. 22 Input data dimensi *HEC-RAS*

Langkah selanjutnya adalah memasukkan debit banjir rencana ruas saluran (2P—Sungai) dan slope seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

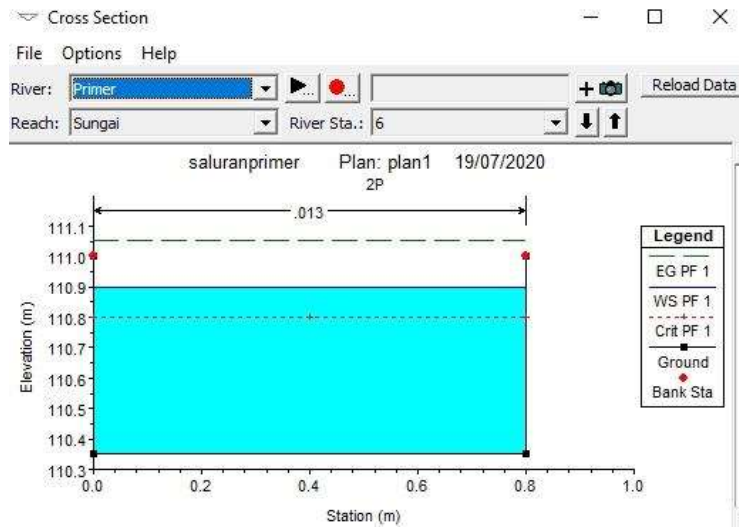


Gambar 5. 23 Input debit *HEC-RAS*

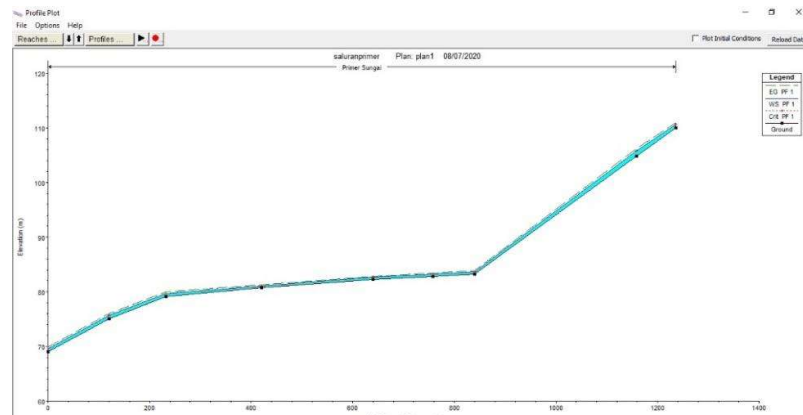


Gambar 5. 24 Input *slope HEC-RAS*

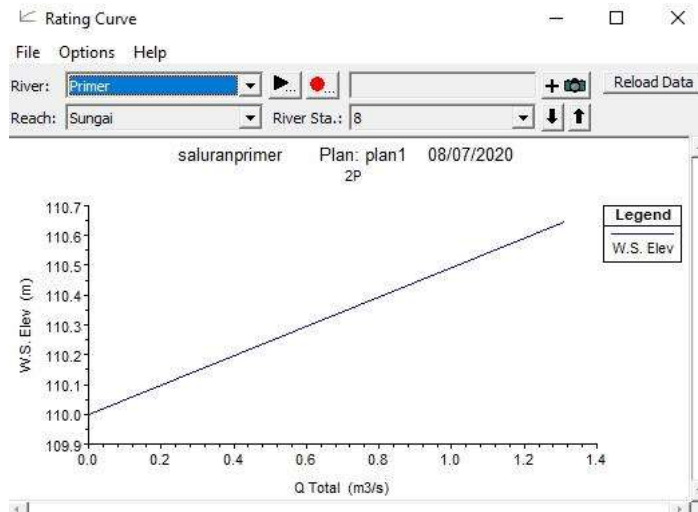
Setelah semua data-data yang dibutuhkan berhasil diinput maka langkah terakhir adalah dengan melakukan running program sesuai dengan data geometri dan aliran yang telah diinput. Berikut ini adalah gambar output data yang dihasilkan.



Gambar 5. 25 Penampang saluran 2P



Gambar 5. 26 Profil hidrolis saluran 2P--Sungai



Gambar 5. 27 Lengkung debit saluran (2P--Sungai)

Dari gambar 5.23 terlihat jelas bahwa profil muka air (kotak warna biru) tidak melebihi tinggi saluran yang direncanakan (dua titik warna merah) sehingga dapat disimpulkan bahwa dimensi saluran drainase yang direncanakan dinilai mampu untuk melewati debit banjir rencana pada ruas saluran tersebut. Berikut ini disajikan gambar tabel hasil akhir analisis hidrolika menggunakan *HEC-RAS* untuk penampang saluran 2P.

The figure shows a 'Cross Section Output' window with the following parameters: River: Primer, Profile: PF 1, Reach: Sungai, RS: 6, Plan: 01. The table below summarizes the output data:

Plan: 01 Primer Sungai RS: 6 Profile: PF 1		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	111.05				
Vel Head (m)	0.15	Wt. n-Val.		0.013	
W.S. Elev (m)	110.90	Reach Len. (m)	682.00	682.00	682.00
Crit W.S. (m)	110.80	Flow Area (m <sup>2</sup> )		0.44	
E.G. Slope (m/m)	0.003580	Area (m <sup>2</sup> )		0.44	
Q Total (m <sup>3</sup> /s)	0.76	Flow (m <sup>3</sup> /s)		0.76	
Top Width (m)	0.80	Top Width (m)		0.80	
Vel Total (m/s)	1.73	Avg. Vel. (m/s)		1.73	
Max Chl Dpth (m)	0.55	Hydr. Depth (m)		0.55	
Conv. Total (m <sup>3</sup> /s)	12.7	Conv. (m <sup>3</sup> /s)		12.7	
Length Wtd. (m)	682.00	Wetted Per. (m)		1.90	
Min Ch El (m)	110.35	Shear (N/m <sup>2</sup> )		8.12	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		14.07	
Frctn Loss (m)	4.56	Cum Volume (1000 m <sup>3</sup> )		1.25	
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m <sup>2</sup> )		1.89	

Gambar 5. 28 Hasil akhir analisis penampang saluran 2P



## DAFTAR PUSTAKA

- AON. 2019. **Global Catastrophe Recap: March 2019**. Aon Plc. London.
- Ahern, J. 2007. **Green Infrastructure For Cities: The Spatial Dimension**.  
**In: V. Novotny & P.Brown, Hrsg. Cities of The Future: Towards Integrated Sustainable Water and Landscape Management. IWA Publisihing**, Hal 267-283.
- BAPPENAS. 2007. **Laporan Perkiraan Kerusakan dan Kerugian Pasca Banjir Awal Februari di Wilayah Jabodetabek**. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2018. **Kabupaten Sukoharjo Dalam Angka**. Sukoharjo.
- Badan Pusat Statistik. 2018. **Kecamatan Grogol Dalam Angka**. Sukoharjo.
- BBC Indonesia, 2020, **Kerugian Banjir di Jakarta dan Sekitarnya Diperkirakan Melebihi Rp10 Triliun- Kata Pengamat**, melalui <https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-50982184>. Diakses pada tanggal 15 April 2020
- Bos, M., & Reinink, Y. 1981. **Required Head Loss Over Long-Throated Flumes**. *Journal Of Irrigation and Drainage Division*, Hal. 87-102.
- BR, Sri Harto. 1993. **Analisis Hidrologi**. Gramedia Pustaka. Jakarta.
- Budiarti, Wiwin. 2017. **Upaya Mitigasi Banjir di Sub DAS Samin Melalui Pengembangan Masyarakat Tangguh Bencana**. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol.18, Hal.241-250.
- City of El Centro. 2018. **Stormwater Detention and Retention Basins Guidelines**. San Diego. U.S.
- Deutsche Welle, 2013, **Floods In Germany- A Sign Of Climate Change?**, melalui <https://www.dw.com/en/floods-in-germany-a-sign-of-climate-change/a-16860917>. Diakses pada tanggal 15 April 2020
- Direktorat Jenderal Tata Perkotaan dan Pedesaan. 2003. **Panduan Pengelolaan dan Petunjuk Praktis Drainase Perkotaan**. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. Jakarta

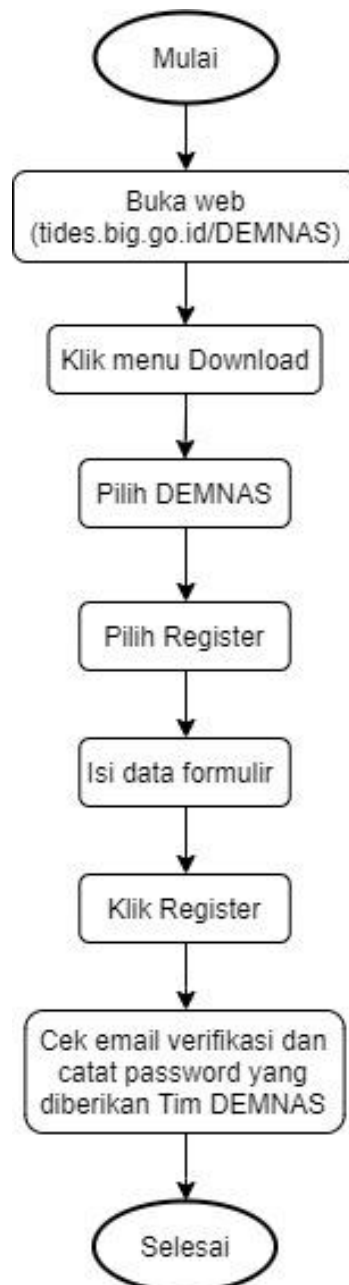
- DPU. 1986. **Standar Perencanaan Irigasi: Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP- 04 Bangunan**. Direktorat Jenderal Sumber Daya Air- Departemen PU. Jakarta.
- DPU. 2005c. **Manual: Hidrolika Untuk Pekerjaan dan Jembatan**. Direktorat Jenderal Bina Marga- Departemen PU. Jakarta.
- DPU. 2005. **Dasar-dasar Perencanaan Drainase Jalan**. PUSBIN Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- DPU. 2006. **Perencanaan Sistem Drainase Jalan**. PUSBIN Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Fauzan, Wildani Miftahul dkk. 2017. **Transformasi Fisik Wilayah Peri Urban di Kelurahan Madegondo Kecamatan Grogol Kabupaten Sukoharjo**, *Jurnal Planologi* Vol.6 Hal.195-204.
- Giffort, R. 2013. **Environmental Psychology Matters. Annual Review Of Psychology**, Vol.65 Hal. 541-579.
- Hasmar, H.A Halim. 2012. **Drainase Terapan**. UII Press. Yogyakarta.
- Idel'Cik, I. 1960. **Memento Des Pertes de Charge**. Paris.
- Istiarto. 2014. **Modul Pelatihan HEC-RAS**. UGM Press. Yogyakarta
- Kodoatie. 2005. **Rekayasa dan Manajemen Banjir Kota**. Andi Offset. Yogyakarta.
- Kelompok Kerja Sanitasi Kabupaten Sukoharjo. 2015. **Dokumen Sanitasi Kabupaten Sukoharjo 2015**. Sukoharjo.
- Kementrian PUPR. **Tata Cara Perencanaan, Pelaksanaan dan Pemeliharaan Pompa**. Jakarta.
- Kirom, M. 2014. **Sistem Informasi Geografis Pemetaan Suara Pemilukada Berbasis Open Source di Kabupaten Jombang**. *Jurnal Ilmiah Edutic*, Vol.1, Hal 1.
- Kusnaedi. 2011. **Sumur Resapan Untuk Permukiman Perkotaan dan Pedesaan**. Penebar Swadaya. Jakarta.

- Kusumo, W. 2009. **Penanganan Sistem Drainase Kecamatan Jati Kabupaten Kudus**. Universitas Diponegoro.Semarang.
- Melbourne Water. 2015. **Flood Management Strategy Port Philip and Westernport**. Melbourne Water Corp. Victoria.
- Mulyono, Tri. 2015. **Modul Perencanaan Drainase Jalan**. Program D3 Transportasi Fakultas Teknik UNJ. Jakarta.
- Nisa, Ayu Humaidatun. 2018. **Penataan Pemukiman Bantaran Sungai, Sistem Drainase Pada Kawasan Semanggi Kota Surakarta**. Politeknik Negeri Malang. Malang.
- Nurrizqi, dkk. 2017. **Modul Pemetaan Menggunakan QGIS**. USAID. Jakarta.
- Parse, Fitra Andika. 2018. **Perencanaan Saluran Drainase Dengan Analisis Debit Banjir Metode Rasional: Studi Kasus Desa Petapahan Kecamatan Gunung Toar**. *Jurnal Perencanaan, Sains, Teknologi, dan Komputer*, Vol.1, Hal.31-43.
- Prahasta, Eddy. 2001. **Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografi**. Informatika. Bandung.
- Sari, Rina Dewi Indah. 2009. **Modul Autocad Sampai Mahir**. STMIK Asia. Malang.
- Septiani, Rosi. 2019. **Perbandingan Metode Supervised Classification dan Unsupervised Classification terhadap Penutup Lahan di Kabupaten Buleleng**. *Jurnal Geografi*, Vol.16, Hal.90-96.
- Solopos, 2017, **Banjir Sukoharjo: Warga Madegondo Mengungsi Ke Pinggir Jalan**, melalui <https://www.solopos.com/banjir-sukoharjo-warga-madegondo-mengungsi-ke-pinggir-jalan-797919>.Diakses pada tanggal 15 April 2020
- Republik Indonesia. **Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 11 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Air Hujan Gedung**.

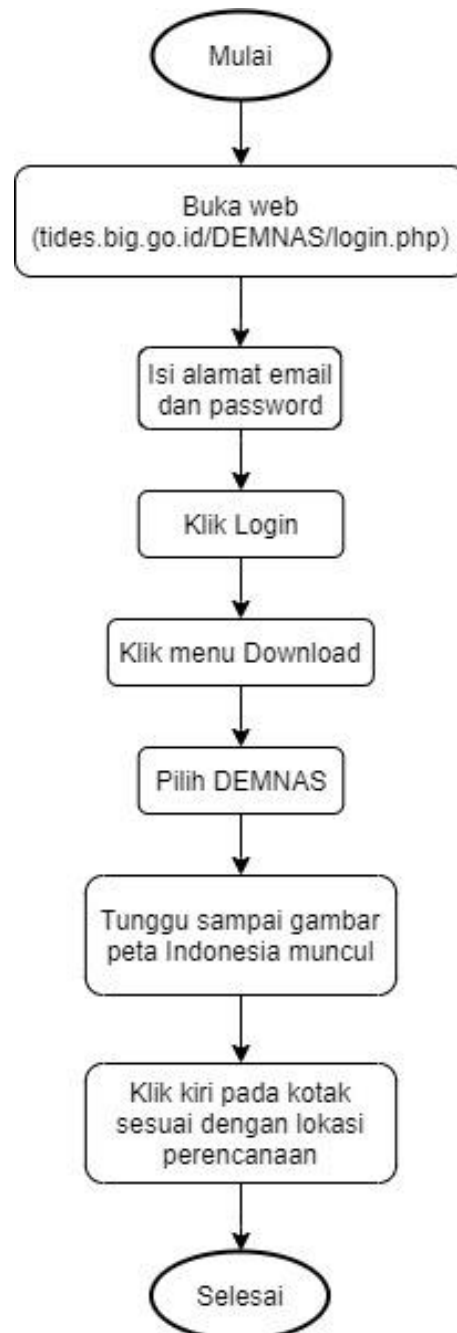
- Republik Indonesia. **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Drainase.**
- Republik Indonesia. **Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 07 Tahun 2018 Tentang Pedoman Pembangunan Embung Kecil dan Bangunan Penampung Air Lainnya.**
- Riswanto, E. 2009. **Evaluasi Akurasi Klasifikasi Penutup Lahan Menggunakan Citra Alos Palsal Resolusi Rendah.** Tugas Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Sapir, Debarati Guha. 2015. **Estimating Populations Affected by Disasters: A review of methodological issues and research gaps.** UCL. Brussels.
- Soewarno. 2003. **Hidrologi : Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisis Data.** Nova. Bandung.
- Suripin. 2004. **Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan.** Andi Offset. Yogyakarta.
- US Department of Agriculture. 1986. **Natural Resources Conservation Service.** Washington D.C.

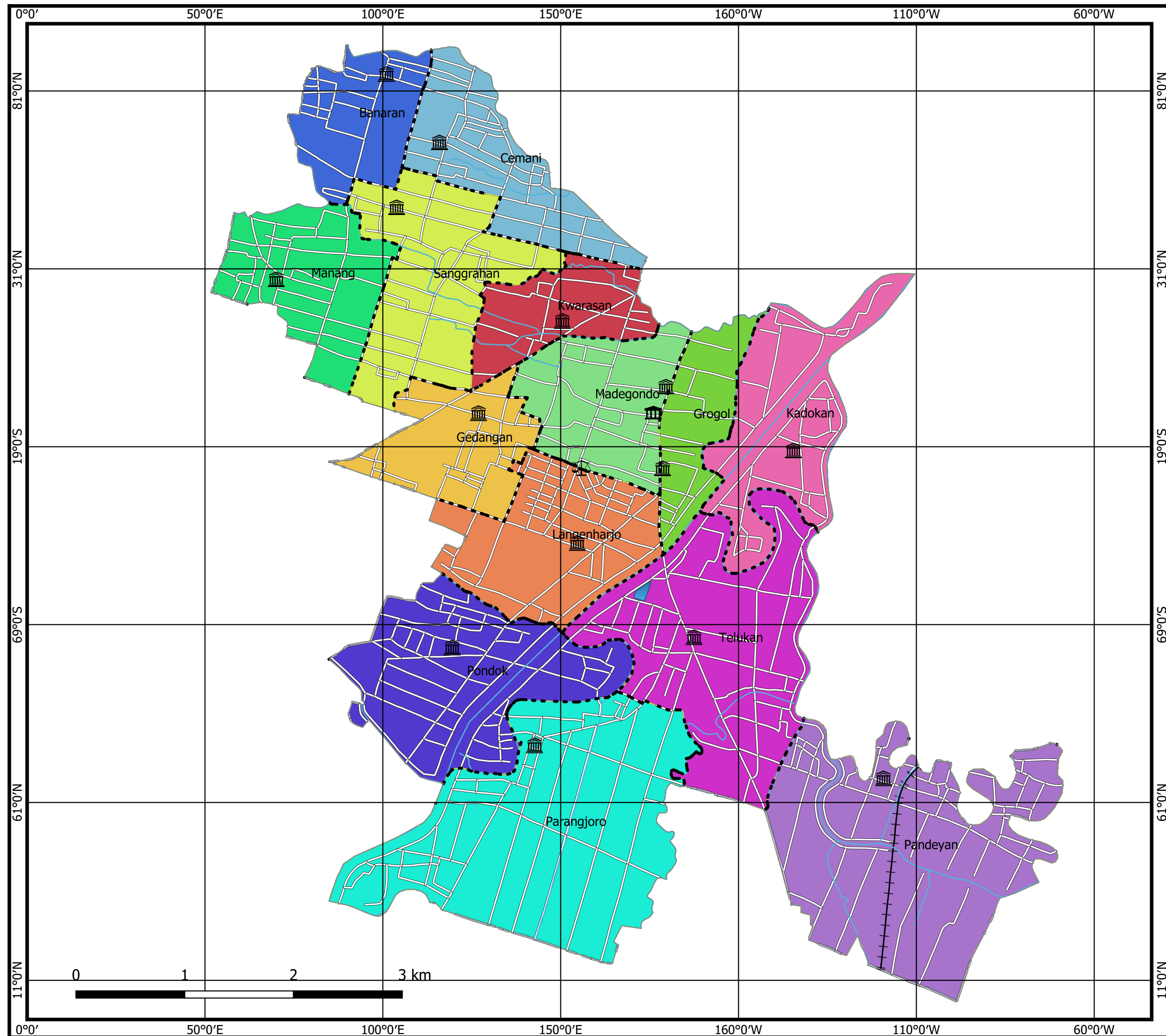
## LAMPIRAN 1 Diagram alir pengambilan peta DEMNAS

### 1) Registrasi akun baru



## 2) Pengambilan lembar peta DEMNAS





UNIVERSITAS ISLAM  
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN

Tugas Akhir

NAMA / NIM  
Harybudhy Rachmadi / 14513195

JUDUL GAMBAR  
Peta Batas Administrasi  
Kecamatan Grogol  
Kabupaten Sukoharjo

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.  
Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc.

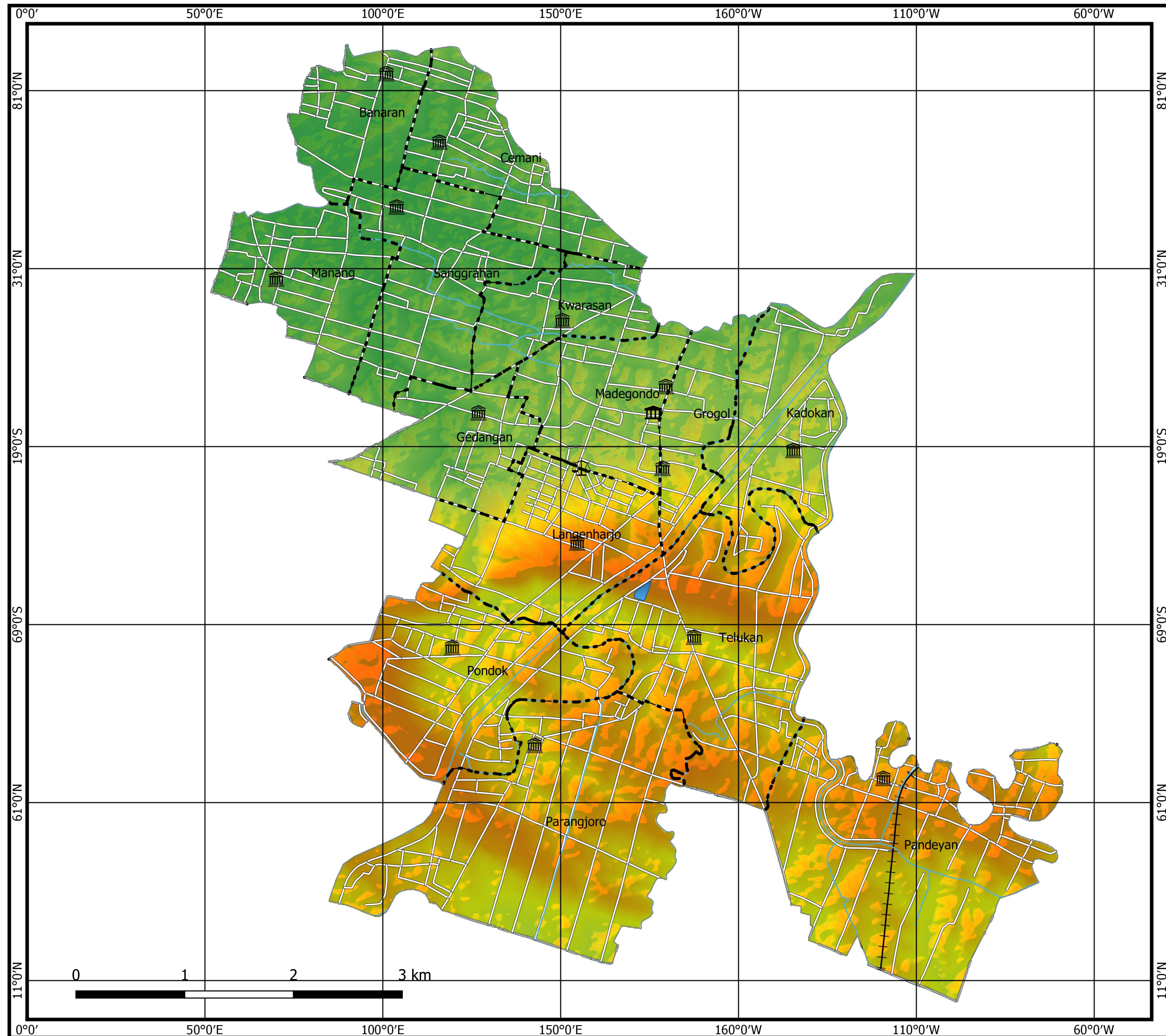
SKALA  
1 : 30.000

NO GAMBAR  
1

Legenda

- Batas Wilayah
- Sungai
- Pemerintahan
- ⌚ Kantor Camat
- ⌚ Kantor Kades
- ⚖ Kantor Polisi
- Batas Desa
- +++ Rel Kereta Api
- Jalan Raya
- Danau
- Kontur

SUMBER :  
Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1 : 25.000



UNIVERSITAS ISLAM  
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN

Tugas Akhir

NAMA / NIM  
Harybudhy Rachmadi / 14513195

JUDUL GAMBAR  
Peta Topografi  
Kecamatan Grogol  
Kabupaten Sukoharjo

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.  
Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc.

SKALA  
1 : 30.000

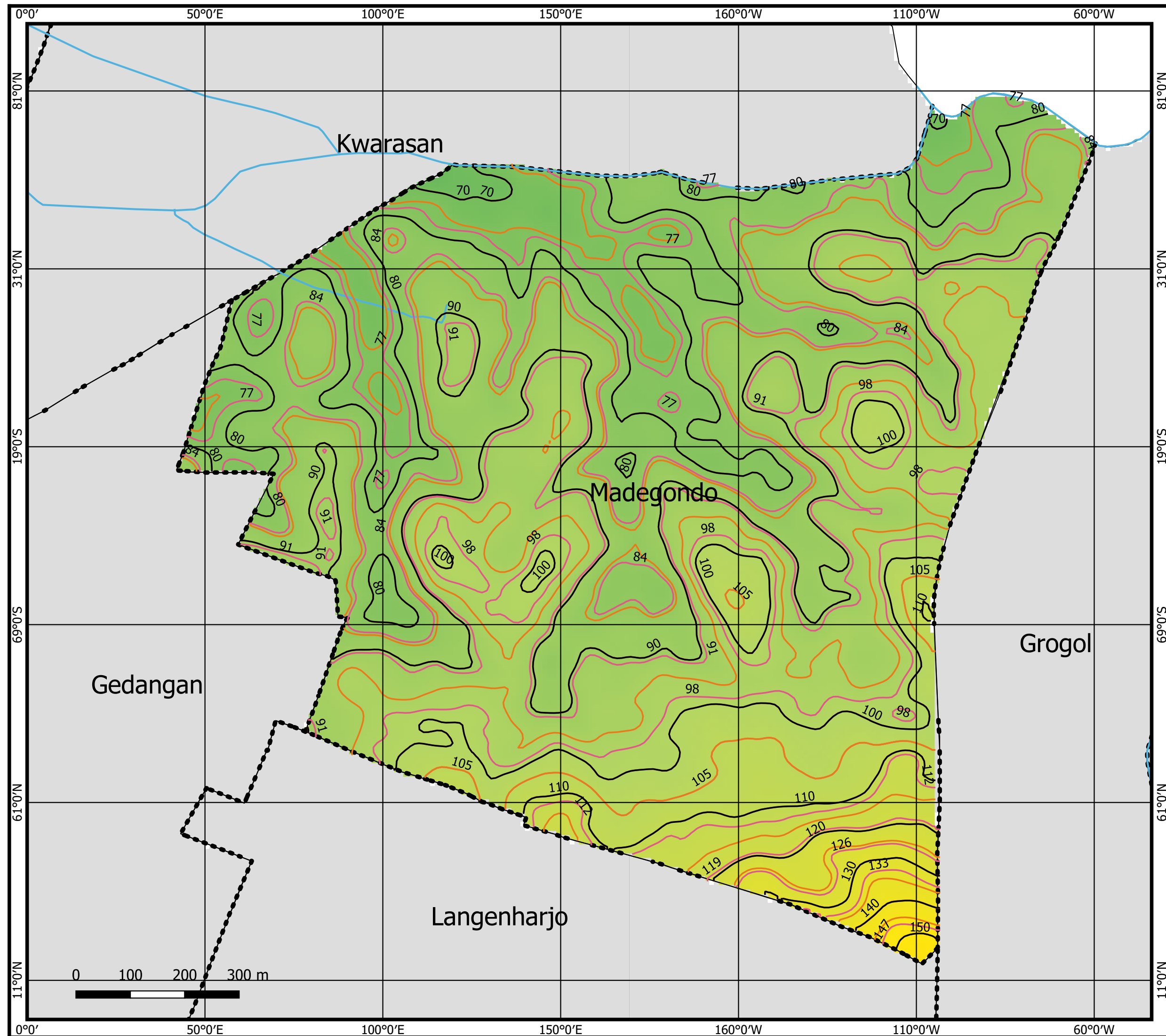
NO GAMBAR  
2

Legenda

- |                   |                |
|-------------------|----------------|
| — Batas Wilayah   | — Jalan Raya   |
| — Sungai          | ■ Danau        |
| Pemerintahan      | — Kontur       |
| ⌚ Kantor Camat    | Ketinggian (m) |
| ⌚ Kantor Kades    | ■ 0-50         |
| ⌚ Kantor Polisi   | ■ 50-100       |
| - - - Batas Desa  | ■ 100-150      |
| ⊕⊕ Rel Kereta Api | ■ 150-200      |
|                   | ■ 200-250      |

SUMBER :  
Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1 : 25.000  
Lembar Peta DEMNAS Skala 1 : 25.000





UNIVERSITAS ISLAM  
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN

Tugas Akhir

NAMA / NIM  
Harybudhy Rachmadi / 14513195

JUDUL GAMBAR  
Peta Kontur  
Desa Madegondo  
Kecamatan Grogol

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.  
Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc.

SKALA  
1 : 6000

NO GAMBAR  
3

Legenda

- Sungai
- Batas Desa
- Interval**
- 5 meter
- 7 meter
- 10 meter

- Ketinggian (m)
- 0-50
  - 50-100
  - 100-150

SUMBER :  
Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1 : 25.000  
Lembar Peta DEMNAS Skala 1 : 25.000

POS HUJAN PABELAN

Tahun	Curah Hujan (mm)												Jumlah	CH maks
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des		
2011	108	65	83	22	10	6	53	0	5	84	37	114	587	114
2012	75	77	53	95	65	0	0	0	0	36	38	70	509	95
2013	73	65	69	76	61	0	21	1	0	69	27	49	511	76
2014	41	25	0	0	64	123	26,7	13	0	0	61	107,5	461,2	123
2015	87	77	166	112	61	25	0	0	0	0	0	44	572	166
2016	66	97	59	76	94,5	131	138	41,5	61	99,8	87,5	60	1011,3	138
2017	73,5	114	78	94,5	57	54	3,5	0	55	76	71,5	118	795	118
2018	49	68,5	69	30,5	28,5	50	0	0	27	8	46,5	33	410	69
2019	96,5	75,5	116	95	42,5	0	0	0	0	0	38,0	79,8	543,3	116
												Total	5399,8	1015

Titik Koordinat Pos Hujan
110.7689006,-7.5618244

Alamat
Jalan Solo-Sukoharjo Km.7, Pabelan, Kartasura, Sukoharjo

## LAMPIRAN 5 Perhitungan Hidrologi

### 1) Perhitungan Curah Hujan Metode Gumbel

No	Tahun	Max Hujan	R - $\bar{R}$	(R - $\bar{R}$ ) <sup>2</sup>
		R (mm)		
*1	*2	*3	*4 = *3 - $\bar{R}$	*5 = *4 <sup>2</sup>
1	2011	114	1,2	1,5
2	2012	95	-17,8	316
3	2013	76	-36,8	1352,6
4	2014	123	10,2	104,5
5	2015	166	53,2	2832,6
6	2016	138	25,2	636,2
7	2017	118	5,2	27,3
8	2018	69	-43,8	1916,5
9	2019	116	3,2	10,4
<b>JUMLAH</b>		1015	0,0	7198
<b>Rata - Rata</b>		113	0,0	800

a. Menghitung besarnya harga standar deviasi

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{7198}{9-1}} = 29,9$$

b. Mencari nilai  $Y_n$  dan  $S_n$  (dilihat dari tabel gumbel)  $n = 9$

$$Y_n = 0,5220$$

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.8396	0.5403	0.5410	0.5418	0.5424	0.5436
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.0558	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600	0.5602	0.5603	0.5604	0.5606	0.5607	0.5608	0.5609	0.5610	0.5611

Sumber: Suripin. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. 2004

$$S_n = 1,0565$$

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1080
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.1226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065	1.2069	1.2073	1.2077	1.2081	1.2084	1.2087	1.2090	1.2093	1.2096

Sumber: Suripin. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. 2004

c. Menghitung nilai  $Y_t$

$$Y_t = -\ln\left(\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right)$$

PUH	$Y_t$
10	2,2502
5	1,4999
2	0,3665

\*Contoh Perhitungan Yt untuk PUH 5 :

$$Y_t = -\ln\left(\ln\left(\frac{5}{5-1}\right)\right) = 1,4999$$

PUH	NILAI		
	Yt (a)	Yn	Sn
	*1	*2	*3
2	0,3665	0,522	1,0565
5	1,4999	0,522	1,0565
10	2,2502	0,522	1,0565
25	3,1985	0,522	1,0565

d. Menghitung nilai k

\*Contoh perhitungan nilai k, pada PUH 5 ;

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{s_n} = \frac{1,4999 - 0,5220}{1,0565} = 0,926$$

e. Menghitung nilai Xt

\*Contoh perhitungan nilai Xt, pada PUH 5 ;

$$\begin{aligned} X_T &= \bar{X} + (S_d \times k) \\ &= 113 + (29,99 \times 0,926) = 140,54 \text{ mm} \end{aligned}$$

PUH	Yt	Yn	Sn	K	R	SD	XT
*1	*2	*3	*4	*5 = (*2 - *3) / *4	*6	*7	*8 = *6 + (*5 . *7)
2	0,3665	0,522	1,0565	-0,147	113	29,99	108,36
5	1,4999	0,522	1,0565	0,926	113	29,99	140,54
10	2,2502	0,522	1,0565	1,636	113	29,99	161,83
25	3,1985	0,522	1,0565	2,533	113	29,99	188,75
<b>JUMLAH</b>							599,49
<b>RATA-RATA</b>							149,87

2) Perhitungan Curah Hujan Metode Iway Kadoya

Adapun tahapan perhitungan curah hujan maksimum dengan metode Iway Kadoya, yaitu :

- a. Menghitung curah hujan rata - rata

$$\bar{X} = \frac{\Sigma \text{data curah hujan}}{n} = \frac{1015}{9} = 133 \text{ mm}$$

- b. Mengurutkan data dari terkecil hingga terbesar  
 c. Mencari 2 data terbesar dan terkecil (dapat dilihat pada tabel)  
 d. Mencari nilai Bi dengan menggunakan rumus:

$$b_i = \frac{R_b \cdot R_c - R_{\text{rerata}}^2}{2 \times R_{\text{rerata}} - (R_b + R_c)}$$

No	Xs	Xt	Xs . Xt	Xs + Xt	Xo	Xo <sup>2</sup>	Xs . Xt - Xo <sup>2</sup>	2 Xo - (Xs + Xt)	Bt
*1	*2	*3	*4 = *2 . *3	*5 = *2 + *3	*6 = 10 ^ Xi	*7 = *6 ^ 2	*8 = *4 - *7	*9 = (2. *6) - *5	*10 = *8 / *9
1	166	69	11454	235	109	11881	-427	-17	25,1
2	138	76	10488	214	109	11903	-1415,4	4,2	-336,6
<b>JUMLAH</b>									-311,4

- e. Mengubah curah hujan rata – rata (Xi) ke dalam bentuk logaritma  
 $X = \log Xi$   
 f. Menghitung nilai Ri+b  
 g. Menghitung nilai Log (Ri+b)  
 h. Menghitung (Log (Ri+b))<sup>2</sup>

No	Tahun	Rerata Hujan	Xi=log R	Z = R + b	Log (Z)	(Log Z) <sup>2</sup>
		R (mm)				
*1	*2	*3	*4 = log *3	*5 = *3 + 9,7	*6 = log *5	*7 = *6 <sup>2</sup>
1	2011	114	2,057	114	2,057	4,231
2	2012	95	1,978	95	1,978	3,911
3	2013	76	1,881	76	1,881	3,537
4	2014	123	2,090	123	2,090	4,368
5	2015	166	2,220	166	2,220	4,929
6	2016	138	2,140	138	2,140	4,579
7	2017	118	2,072	118	2,072	4,293
8	2018	69	1,839	69	1,839	3,381
9	2019	116	2,064	116	2,064	4,262
<b>JUMLAH</b>		1015	18,341	1015	18,341	37,491
<b>Rata - Rata</b>		113	2,038	113	2,038	4,166

i. Mencari nilai  $\xi$  pada tabel

Tabel 3-4 Variabel normal  $\xi$  yang sesuai pada  $W(x)$  utama.

T	$W(x) = 1/T$	$\xi$	T	$W(x) = 1/T$	$\xi$
500	0,002 00	2,035 2	30	0,033 33	1,297 1
400	0,002 50	1,984 0	25	0,040 00	1,237 9
300	0,003 33	1,922 7	20	0,050 00	1,163 1
250	0,004 00	1,875 3	15	0,066 67	1,061 4
200	0,005 00	1,821 4	10	0,100 00	0,906 2
150	0,006 67	1,749 9	8	0,125 00	0,813 4
100	0,010 00	1,645 0	5	0,200 00	0,595 1
80	0,012 50	1,585 1	4	0,250 00	0,476 9
60	0,016 67	1,504 9	3	0,333 33	0,304 5
50	0,020 00	1,452 2	2	0,500 00	
40	0,025 00	1,385 9			

j. Menghitung nilai  $\frac{1}{c}$

$$\frac{1}{c} = \sqrt{\frac{2n}{n-1} \times ((\text{Log}(R_i+b))^2 - \text{Log}(R_i+b)^2)}$$

k. Menghitung  $(1/c)\xi$

l. Menghitung  $\text{Log}(R_i+b) + \frac{1}{c} \times \xi$

m. Menghitung nilai  $X_t$

$$X_t = \text{antilog } X_o + \frac{1}{c} \times \zeta$$

PUH	$\zeta$	I/C	I/C * $\zeta$	Log $\check{Z}$	Log $\check{Z} + (I/C * \zeta)$	Antilog (Log $\check{Z} + (I/C * \zeta)$ )	$X_t$
*1	*2	*3	*4 = *2 . *3	*5	*6 = *4 + *5	*7 = $10 \wedge *6$	*8 = *7 - *6
2	-	-	-	-	-	-	-
5	0,5951	0,0291	0,0173	2,0378	2,055	113,54	111,48
10	0,9062	0,0291	0,0264	2,0378	2,064	115,93	113,87
25	1,2379	0,0291	0,0360	2,0378	2,074	118,54	116,46
<b>JUMLAH</b>							341,82
<b>RATA-RATA</b>							113,94

### 3) Perhitungan Curah Hujan Metode Log Pearson III

Dalam menghitung curah hujan maksimum dengan metode log person III terdapat beberapa tahapan, yaitu :

- Memproyeksi data yang terbesar dan yang terkecil
- Menghitung rata – rata curah hujan

$$\bar{X} = \frac{\Sigma \text{data curah hujan}}{n}$$

- Mengubah curah hujan rata – rata ( $X_i$ ) ke dalam bentuk logaritma

$$X_i = \log R_i$$

- Menghitung nilai  $X_i$  rata – rata

$$X_{\text{rata – rata}} = \frac{\Sigma \log X_i}{n}$$

- Menghitung Nilai  $(X-x)^1, (X-x)^2, (X-x)^3$



No	Tahun	R (mm)	X=logR	(X- $\bar{X}$ )	(X- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>	(X- $\bar{X}$ ) <sup>3</sup>
*1	*2	*3	*4 = log *3	*5	*6 = *5 ^ 2	*7 = *5 ^ 3
1	2011	114	2,057	0,019	0	0
2	2012	95	1,978	-0,060	0,004	0
3	2013	76	1,881	-0,157	0,025	-0,004
4	2014	123	2,090	0,052	0,003	0
5	2015	166	2,220	0,182	0,033	0,006
6	2016	138	2,140	0,102	0,010	0,001
7	2017	118	2,072	0,034	0,001	0,000
8	2018	69	1,839	-0,199	0,040	-0,008
9	2019	116	2,064	0,027	0,001	0
<b>JUMLAH</b>		1015	18,341	0,000	0,116	-0,005
<b>Rata - Rata</b>		113	2,038	0,000	0,013	-0,001

f. Menghitung Nilai  $\sigma_x$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$= 0,12$$

g. Menghitung Nilai Koefisien Kemiringan (Cs)

$$C_s = \frac{n \sum (X_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)(\sigma_x)^3}$$

$$= -0,42$$

h. Menentukan Nilai K dari Cs dengan Melihat Tabel Log Pearson III

**Tabel 5.8 Nilai K untuk Distribusi Log Pearson Tipe III**

Koef. G	Periode Ulang					
	2	5	10	25	50	100
	Persentase Peluang Terlampaui					
	50	20	10	4	2	1
2	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.380
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.700	3.271
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149
1	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.998	2.453	2.891
0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755
0.5	-0.083	0.806	1.323	1.910	2.311	2.686
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615
0.3	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400
0	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326
-0.1	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.68	1.945	2.178
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.89	2.104
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.843	2.029
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.594	1.660
-1	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197

Sumber : Soewarno, Hidrologi Aplikasi Metode, 2003

i. Menghitung Nilai  $K_x \cdot \sigma_x$

j. Menghitung Nilai  $X_t$

$$X_t = X_i + (K_x \cdot \sigma_x)$$

k. Menghitung Nilai  $R_t$

$$R_t = 10^{X_t}$$

PUH	K	Sx	K.Sx	XT=X + K.Sx	RT = antilog XT
*1	*2	*3	*4 = *2 . *3	*6 = *4 + *5	*7 = 10 ^ *6
2	0,066	0,121	0,008	2,046	111,12
5	0,855	0,121	0,103	2,141	138,35
10	1,231	0,121	0,149	2,186	153,59
25	1,606	0,121	0,194	2,232	170,45
<b>JUMLAH</b>					573,509
<b>RATA-RATA</b>					143,377

#### 4) Perhitungan Distribusi Hujan

Perhitungan distribusi hujan menggunakan metode hasper weduwen dengan menggunakan data curah hujan harian masimum metode gumbel.

Berikut adalah langkah-langkahnya:

- Menentukan T rencana yang akan dipilih berdasarkan Metode Gumbel
- Menentukan Interval Waktu t (menit)
- Menentukan nilai R1 untuk  $0 < t < 1$  jam, dengan persamaan:

$$R1 = Xt \frac{1218.t+59}{Xt(1-t)+1272.t}$$

- Menentukan Nilai Rt

Untuk  $0 < t < 1$  jam, Rt dapat dicari dengan persamaan :

$$Rt = \sqrt{\frac{11300.t}{t+3.12}} \cdot \frac{R1}{100}$$

Untuk  $1 \text{ jam} < t < 24 \text{ jam}$ , Rt dapat dihitung dengan persamaan :

$$Rt = \sqrt{\frac{11300.t}{t+3.12}} \cdot \frac{Xt}{100}$$

- Menentukan nilai I dengan persamaan :

$$I = \frac{Rt}{t}$$

PUH	Yt	Yn	Sn	K	R	SD	XT
*1	*2	*3	*4	*5 = (*2 - *3) / *4	*6	*7	*8 = *6 + (*5 . *7)
2	0,3665	0,5202	1,0565	-0,147	113	29,99	108,59
5	1,4999	0,5202	1,0565	0,926	113	29,99	140,76
10	2,2502	0,5202	1,0565	1,636	113	29,99	162,06
25	3,1985	0,5202	1,0565	2,533	113	29,99	188,98
<b>JUMLAH</b>							600,38
<b>RATA-RATA</b>							150,10

No	T (menit)	T (jam)	XT	Ri	R	I
*1	*2	*3 = *2 / 60	*4	*5	*6	*7 = *6 / *3
1	5	0,08	150,10	86,89	14,90	178,78
2	10	0,17	150,10	99,65	23,85	143,12
3	20	0,33	150,10	110,62	36,54	109,61
4	30	0,50	150,10	115,56	45,65	91,31
5	40	0,67	150,10	118,36	52,79	79,19
6	60	1,00	150,10	121,44	63,60	63,60
7	80	1,33	150,10	123,09	87,30	65,48
8	120	2,00	150,10	124,82	99,72	49,86
9	180	3,00	150,10	126,02	111,71	37,24
10	360	6,00	150,10	127,27	129,41	21,57
11	720	12,00	150,10	127,90	142,14	11,85

No	T (menit)	T (jam)	PUH 5 Tahun Perencanaan			
			XT	Ri	R	I
*1	*2	*3 = *2 / 60	*4	*5	*6	*7 = *6 / *3
1	5	0,08	140,76	93,13	15,97	191,61
2	10	0,17	140,76	109,86	26,30	157,78
3	20	0,33	140,76	125,04	41,30	123,59
4	30	0,50	140,76	132,12	52,20	104,39
5	40	0,67	140,76	136,21	60,76	91,13
6	60	1,00	140,76	140,76	73,72	73,72
7	80	1,33	140,76	143,23	81,88	61,41
8	120	2,00	140,76	145,85	93,52	46,76
9	180	3,00	140,76	147,67	104,76	34,92
10	360	6,00	140,76	149,85	121,37	20,23
11	720	12,00	140,76	150,56	133,30	11,11

#### 5) Perhitungan Intensitas Hujan

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Drainase maka metode yang dipilih untuk menghitung intensitas hujan adalah metode Mononobe. Data curah hujan harian maksimum yang dipilih adalah menggunakan metode Gumbel karena memiliki tingkat curah hujan tertinggi dibanding metode yang lain sehingga sesuai untuk perencanaan saluran drainase.

PUH	CHM
2	108,36
5	140,54
10	161,83
25	188,75

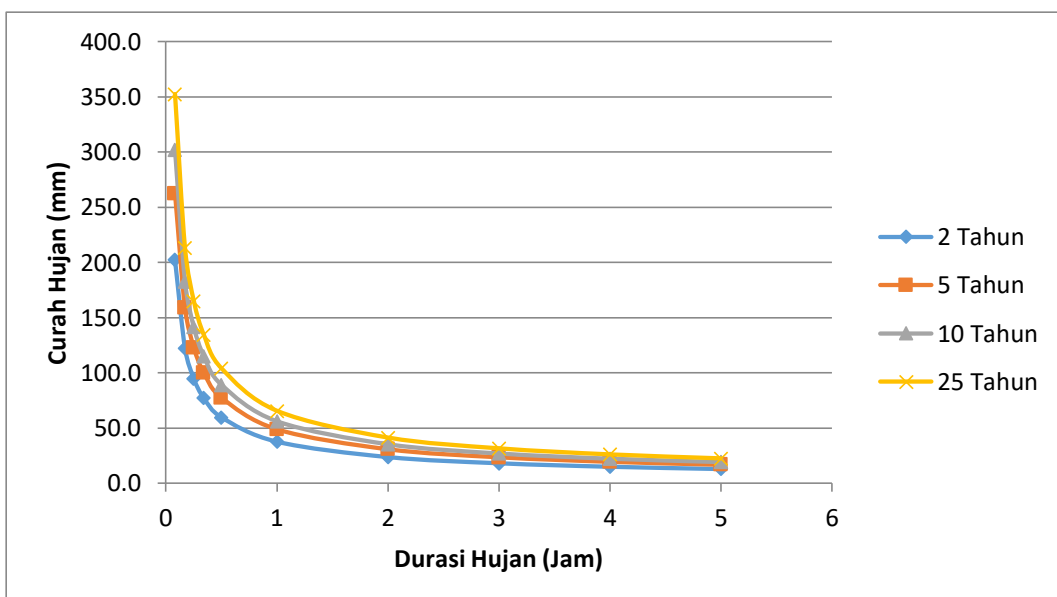
Durasi Hujan (jam)	2 Tahun	5 Tahun	10 Tahun	25 Tahun
0,08	202,3	262,4	302,2	352,5
0,17	122,4	158,8	182,8	213,2
0,25	94,7	122,8	141,4	164,9
0,34	77,1	100	115,2	134,3
0,5	59,6	77,3	89,1	103,9
1	37,6	48,7	56,1	65,4
2	23,7	30,7	35,3	41,2
3	18,1	23,4	27	31,5
4	14,9	19,3	22,3	26
5	12,8	16,7	19,2	22,4

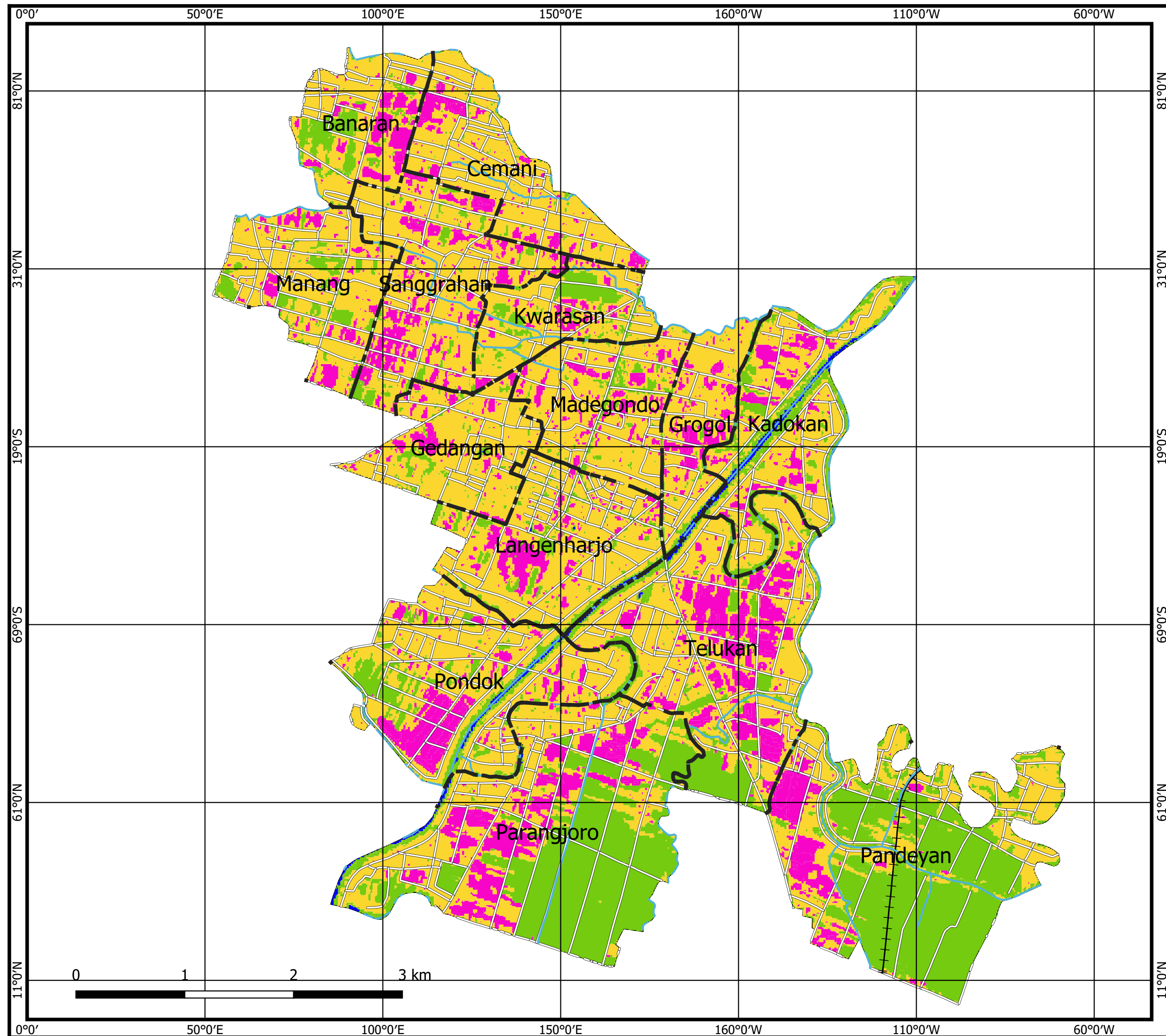
Contoh perhitungan :

Durasi hujan 1 jam untuk PUH 5 Tahun

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \\
 &= \frac{140,54}{24} \left( \frac{24}{1} \right)^{\frac{2}{3}} \\
 &= 48,7 \text{ mm/jam}
 \end{aligned}$$

#### 6) Lengkung Intensitas Hujan





UNIVERSITAS ISLAM  
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN

Tugas Akhir

NAMA / NIM  
Harybudhy Rachmadi / 14513195

JUDUL GAMBAR  
Peta Tutupan Lahan  
Kecamatan Grogol  
Kabupaten Sukoharjo

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.  
Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc.

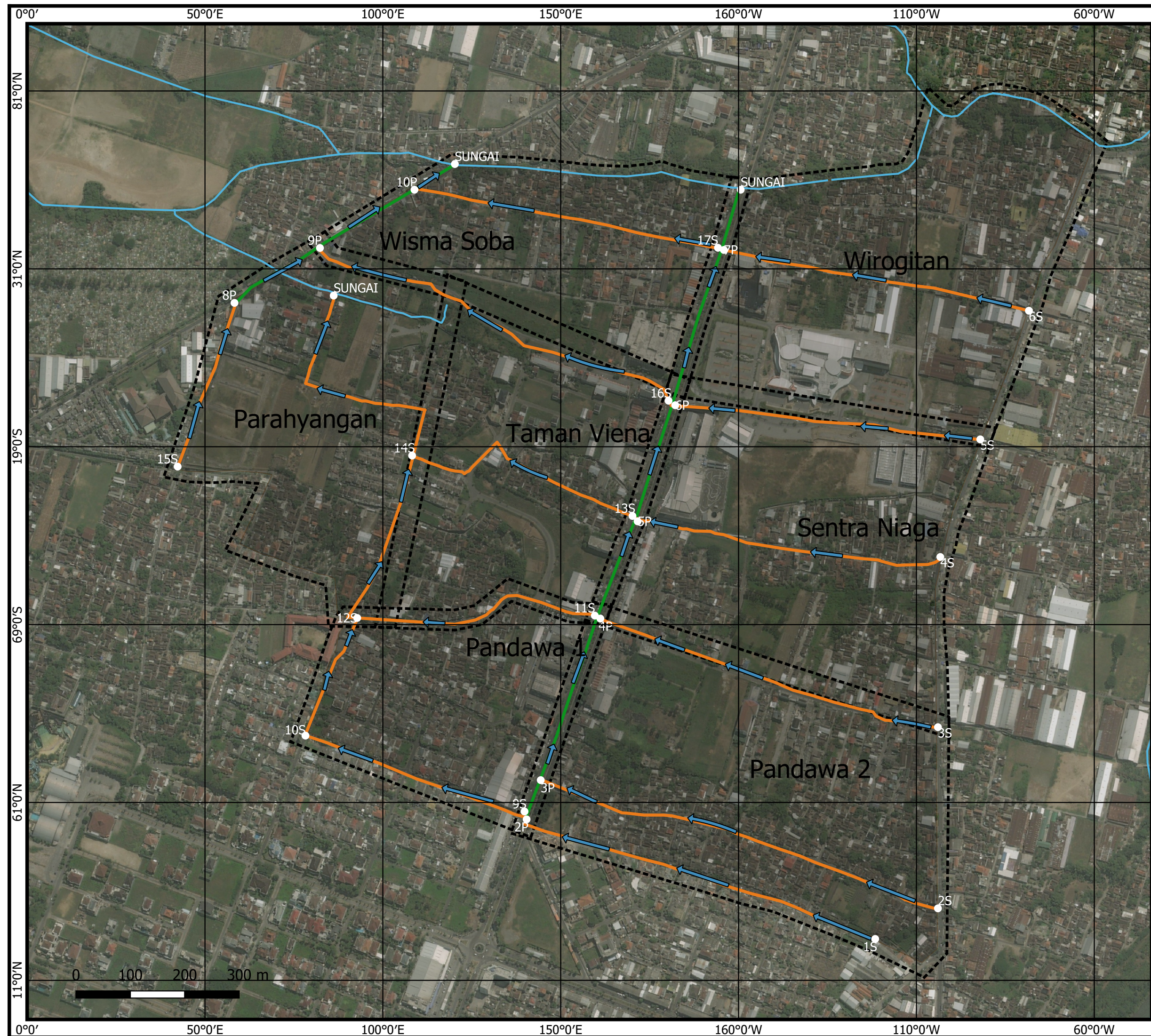
SKALA  
1 : 30.000

NO GAMBAR  
4

Legenda

- Batas Desa
- Jalan
- +++ Rel Kereta Api
- Sungai
- Tutupan Lahan
- Sungai
- Permukiman
- Lahan Hijau
- Sentra Bisnis

SUMBER :  
Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1 : 25.000  
Citra Satelit Sentinel 2A (1 Oktober 2019)



UNIVERSITAS ISLAM  
INDONESIA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN

Tugas Akhir

NAMA / NIM  
Harybudhy Rachmadi / 14513195

JUDUL GAMBAR  
Peta Ruas Saluran Drainase  
Desa Madegondo  
Kecamatan Grogol

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.  
Dhandhun Wacano, S.Si., M.Sc.

SKALA  
1 : 6000

NO GAMBAR  
6

Legenda

- Batas Sub Sistem
- ➔ Arah Aliran
- Ruas Saluran Drainase
- Sungai
- Saluran
  - Primer
  - Sekunder

SUMBER :  
Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1 : 25.000  
Lembar Peta DEMNAS Skala 1 : 25.000  
Google Maps



## Lampiran 8 Perhitungan Hidrolika Saluran

### 1) Perhitungan Koefisien Limpasan Gabungan

No	Sub Sistem	Luas (Ha)	Fungsi Area	C	% Fungsi	C Fungsi	C gabungan
1	Pandawa 1	14,367	Pemukiman	0,65	61%	0,40	0,532
			Lahan Hijau	0,05	13%	0,01	
			Sentra Bisnis	0,5	27%	0,13	
2	Pandawa 2	30,063	Pemukiman	0,65	70%	0,45	0,523
			Lahan Hijau	0,05	18%	0,01	
			Sentra Bisnis	0,5	12%	0,06	
3	Parahyangan	21,412	Pemukiman	0,65	36%	0,24	0,390
			Lahan Hijau	0,05	37%	0,02	
			Sentra Bisnis	0,5	27%	0,14	
4	Sentra Niaga	28,412	Pemukiman	0,65	47%	0,30	0,528
			Lahan Hijau	0,05	9%	0,00	
			Sentra Bisnis	0,5	44%	0,22	

5	Taman Viena	21,407	Pemukiman	0,65	60%	0,39	0,505
			Lahan Hijau	0,05	19%	0,01	
			Sentra Bisnis	0,5	21%	0,11	
6	Wirogitan	29,767	Pemukiman	0,65	49%	0,32	0,521
			Lahan Hijau	0,05	11%	0,01	
			Sentra Bisnis	0,5	40%	0,20	
7	Wisma Soba	17,651	Pemukiman	0,65	73%	0,47	0,564
			Lahan Hijau	0,05	10%	0,01	
			Sentra Bisnis	0,5	17%	0,09	

Contoh perhitungan :

$C \text{ fungsi} = \% \text{ fungsi} \times C$

$C \text{ gabungan} = C \text{ fungsi} (\text{Pemukiman} + \text{Lahan Hijau} + \text{Industri} + \text{Perkantoran})$

Contoh perhitungan :

$C \text{ fungsi (pemukiman) Pandawa 1} = 61\% \times 0,65$   
 $= 0,4$

$C \text{ gabungan Pandawa 1} = 0,4 + 0,01 + 0 + 0,13 = 0,532$

2) Perhitungan Kemiringan Lereng (Slope)

Saluran Sekunder	L (meter)	Muka Tanah Awal (m)	Muka Tanah Akhir (m)	Slope
*1	*2	*3	*4	*5 = ( *3 - *4 ) / *2
1S--2P	682	145	111	0.0499
2S--3P	778	140	106	0.0437
3S--4P	670	100	84	0.0239
4S--5P	580	99.65	83	0.0287
5S--6P	572	95.83	81.39	0.0252
6S--7P	580	81.39	76	0.0093
9S--10S	426	110	90	0.0469
11S--12S	462	85	81.73	0.0071
13S--14S	490	83.17	79	0.0085
10S--12S	244	89.8	81.73	0.0331
12S--14S	351	81.73	79	0.0078
14S--SUNGAI	490	79	70	0.0184
15S--8P	320	88.72	82.07	0.0208
16S--9P	732	76	72.8	0.0044
17S--10P	575	81	70	0.0191

Saluran Primer	L (meter)	Muka Tanah Awal (m)	Muka Tanah Akhir (m)	Slope
*1	*2	*3	*4	*5 = ( *3 - *4) / *2
2P--3P	77	111	106	0.0649
3P--4P	319	106	84	0.0690
4P--5P	200	84	83	0.0050
5P--6P	220	83	81.39	0.0073
6P--7P	300	81.39	76	0.0180
7P-- SUNGAI	120	76	70	0.0500
8P--9P	189	82	73	0.0476
9P--10P	208	73	70	0.0144
10P-- SUNGAI	88	70	67	0.0341

$$\text{Slope} = \frac{\text{beda tinggi (m)}}{\text{jarak (m)}}$$

Elevasi muka tanah awal-akhir berdasarkan pada peta topografi Kecamatan Grogol dan peta kontur Desa Madegondo. Sedangkan L adalah panjang saluran drainase yang direncanakan dalam satuan meter.

Contoh perhitungan : Saluran Primer (7P-sungai)

$$\text{Slope} = \frac{76-70}{120} = 0,05$$

### 3) Perencanaan Kolam Detensi

Kolam Embung				Bak Pengendap		Pelimpah	
V	P	L	T	P	T	L	T
500	25	10	2	0.5	0.3	4	0.3
500	20	10	2.5	0.5	0.3	4	0.3
1000	25	20	2	0.5	0.3	4	0.3
1500	30	25	2	0.5	0.4	4	0.3
2000	40	25	2	0.5	0.4	5	0.3
2500	40	25	2.5	1	0.5	5	0.5
3000	50	30	2	1	0.5	5	0.5
3000	40	25	3	1	0.5	5	0.5

\*Panjang kolam embung dibuat perbandingan dengan lebarnya, panjang bak pengendap dibandingkan dengan tingginya, sementara lebar ambang pelimpah dibandingkan dengan tingginya. Perbandingan ini dilakukan untuk menganalisis hubungan antara volume kolam embung dengan dimensi kolam, bak pengendap dan ambang pelimpah.

Contoh perhitungan untuk volume 500 m<sup>3</sup> :

$$P : L = 25 : 10 = 2,5 : 1 \text{ (kolam embung)}$$

$$P : T = 0,5 : 0,3 = 1,7 : 1 \text{ (bak pengendap)}$$

$$L : T = 4 : 0,3 = 13 : 1 \text{ (ambang pelimpah)}$$

Kolam Embung			Bak Pengendap		Pelimpah	
V	P	L	P	T	L	T
500	2.5	1	1.7	1	13	1.0
500	2	1	1.7	1	13	1.0
1000	1.25	1	1.7	1	13	1.0
1500	1.2	1	1.3	1	13	1.0
2000	1.6	1	1.3	1	13	1.0
2500	1.6	1	2.0	1	13	1.0
3000	1.67	1	2.0	1	13	1.0
3000	1.6	1	2.0	1	13	1.0

Sub sistem	C gab	I (mm/3jam)	A (ha)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Durasi hujan (s)	V sub sistem (m <sup>3</sup> )	Volume kumulatif (m <sup>3</sup> )
Pandawa 1	0.532	46.85	14.37	0.99	10800	10737	10737
Pandawa 2	0.523	46.85	30.06	2.05	10800	22104	32841
Parahyangan	0.390	46.85	21.41	1.09	10800	11732	44573
Sentra Niaga	0.528	46.85	28.41	1.95	10800	21079	65652
Taman Viena	0.505	46.85	21.41	1.41	10800	15206	80858
Wirogitan	0.521	46.85	29.77	2.02	10800	21798	102656
Wisma Soba	0.564	46.85	17.65	1.30	10800	13990	116646

Volume limpasan (m3)	Dimensi Kolam Detensi (m)			Volume (m3)	Jumlah kolam (buah)	Volume total (m3)	A kolam (m2)	% reduksi (%)
	P	L	T					
116646	75.2	47	11	38878	2	77760	3534	67%

Dimensi Kolam Detensi (m)				Bak Pengendap		Pelimpah	
V	P	L	T	P	T	L	T
38880	75.2	47	11	5	3	15	2

Contoh perhitungan :

$$I = R^{24/24} \times 24/t \times 2/3 = 140,54 \text{ mm (Gumbel PUH 5 Tahun)}/24 \times (24/1 \text{ jam})^{2/3} = 46,8 \text{ mm/jam}$$

$$Q = C \times I \times A \rightarrow Q \text{ sub sistem Pandawa 1} = 0,532 \times 46,8 \times 14,37 = 0,99 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = Q \times T \rightarrow T = \text{asumsi hujan terjadi selama 3 jam penuh} = 3 \times 3600 \text{ s} = 10800 \text{ s}$$

$$\text{Volume sub sistem Pandawa 1} = 0,99 \text{ m}^3/\text{s} \times 10800 \text{ s} = 10737 \text{ m}^3$$

$$\% \text{ reduksi} = (V \text{ total kolam}/V \text{ limpasan}) \times 100\% = (77760 \text{ m}^3/\text{s}/92927 \text{ m}^3/\text{s}) \times 100\% = 67\%$$

4) Perhitungan Debit Banjir Rencana

Saluran Sekunder	L (m)	Slope	Catchment area (Ha)	C gab	tc (mnt)	PUH	I (mm/jam)	Q puncak (m3/s)	% reduksi (67%)	Q rencana (m3/s)
1S--2P	682	0.0499	7.21	0.523	9.41	5	597.62	6.26	4.19	2.07
2S--3P	778	0.0437	7.21	0.523	10.95	5	513.29	5.38	3.60	1.77
3S--4P	670	0.0239	22.27	0.523	12.32	5	456.35	14.77	9.89	4.87
4S--5P	580	0.0287	15.03	0.528	10.27	5	547.41	12.07	8.09	3.98
5S--6P	572	0.0252	13.54	0.528	10.68	5	526.58	10.46	7.01	3.45
6S--7P	580	0.0093	15.93	0.521	15.85	5	354.59	8.18	5.48	2.70
9S--10S	426	0.0469	13.65	0.532	6.70	5	838.98	16.93	11.34	5.59
11S--12S	462	0.0071	13.65	0.532	14.78	5	380.42	7.67	5.14	2.53
13S--14S	490	0.0085	11.13	0.505	14.40	5	390.30	6.09	4.08	2.01
10S--12S	244	0.0331	13.90	0.532	4.99	5	1125.99	23.13	15.50	7.63
12S--14S	351	0.0078	11.13	0.39	11.53	5	487.44	5.88	3.94	1.94
14S--SUNGAI	490	0.0184	11.32	0.39	10.71	5	524.85	6.44	4.31	2.12
15S--8P	320	0.0208	14.32	0.39	7.36	5	764.12	11.86	7.94	3.91
16S--9P	732	0.0044	10.35	0.505	25.35	5	221.72	3.22	2.16	1.06
17S--10P	575	0.0191	14.46	0.564	11.93	5	471.35	10.68	7.15	3.52



Saluran Primer	L (m)	Slope	Catchment area (Ha)	C gab	tc (mnt)	PUH	I (mm/jam)	Q puncak (m3/s)	% reduksi (67%)	Q rencana (m3/s)
2P--3P	77	0.0649	7.21	0.523	1.58	5	3548.40	37.17	24.90	0.55
3P--4P	319	0.0690	22.27	0.523	4.62	5	1215.57	39.33	26.35	1.69
4P--5P	200	0.0050	15.03	0.528	8.87	5	634.07	13.98	9.37	1.15
5P--6P	220	0.0073	13.54	0.528	8.24	5	682.27	13.55	9.08	1.04
6P--7P	300	0.0180	15.93	0.521	7.40	5	759.30	17.51	11.73	1.21
7P--SUNGAI	120	0.0500	14.05	0.521	2.47	5	2280.13	46.37	31.07	1.06
8P--9P	189	0.0476	14.92	0.39	3.56	5	1577.23	25.50	17.08	0.85
9P--10P	208	0.0144	14.58	0.564	6.08	5	925.03	21.13	14.16	1.20
10P--SUNGAI	88	0.0341	5.06	0.564	2.25	5	2498.27	19.81	13.27	0.41

Langkah-langkah perhitungan (Lampiran 1 Permen PU No.12 Tahun 2012) :

- a) Menghitung nilai tc menggunakan rumus Kirpich
- b) Menentukan periode ulang hujan yang dipilih
- c) Menghitung intensitas hujan tiap ruas saluran menggunakan rumus Mononobe
- d) Menghitung debit puncak banjir ( $Q_{peak}$ ) dengan rumus metode rasional
- e) Memasukkan debit reduksi ( $Q_{reduksi}$ ) dari perhitungan % reduksi kolam detensi
- f) Menghitung debit puncak akhir dengan cara ( $Q_{peak}$ ) dikurangi ( $Q_{reduksi}$ )

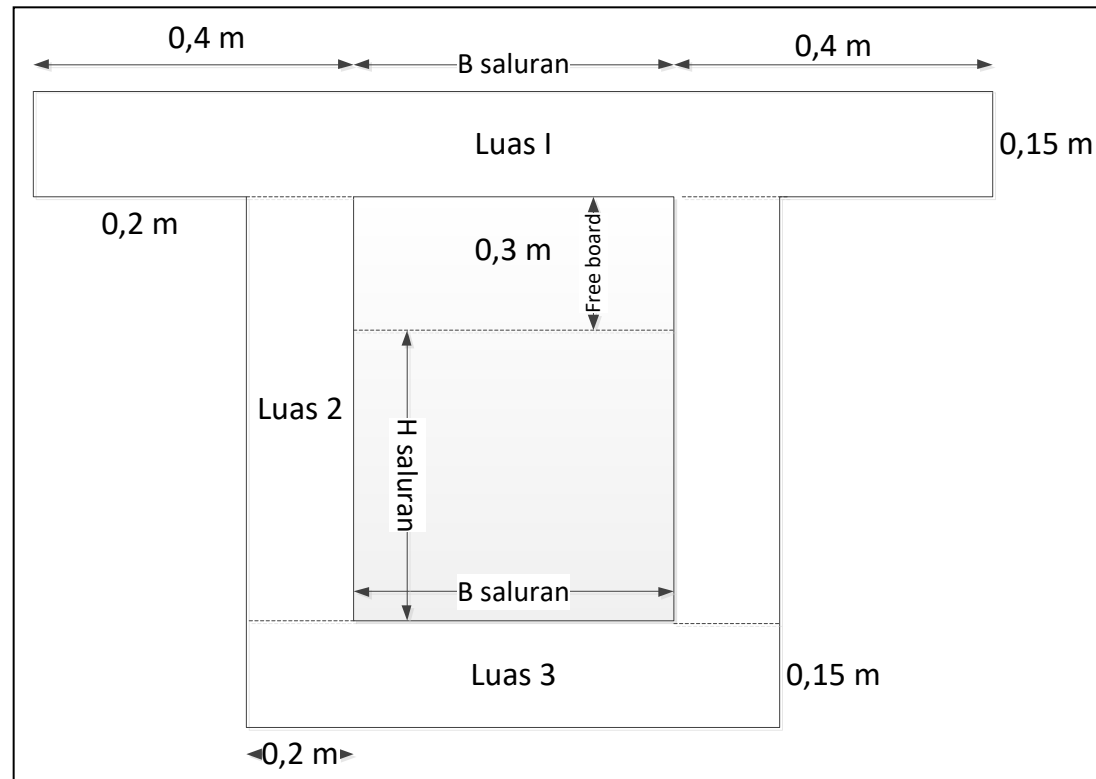
5) Perhitungan Dimensi Saluran Gorong-gorong

Saluran Sekunder	Q rencana (m <sup>3</sup> /s)	Slope	n	v rencana (m/s)	Dimensi Saluran Gorong-gorong							v saluran (m/s)	Q saluran (m <sup>3</sup> /s)	Tipe precast (cm)
					L gorong (m)	A gorong (m <sup>2</sup> )	h gorong (m)	b gorong (m)	R (m)	Fb (m)	H (m)			
1S--2P	2.07	0.0499	0.019	5	682	0.41	0.41	1.02	0.23	0.45	0.86	4.36	1.80	100x100x100
2S--3P	1.77	0.0582	0.019	5	447	0.35	0.38	0.94	0.21	0.43	0.81	4.47	1.59	100x100x100
3S--4P	4.87	0.0595	0.019	5	168	0.97	0.53	1.85	0.34	0.51	1.04	6.20	6.05	200x200x100
4S--5P	3.98	0.0667	0.019	5	165	0.80	0.52	1.55	0.31	0.51	1.02	6.21	4.95	180x180x100
5S--6P	3.45	0.0659	0.019	5	167	0.69	0.48	1.44	0.29	0.49	0.97	5.89	4.06	150x150x100
6S--7P	2.70	0.0765	0.019	5	170	0.54	0.46	1.16	0.26	0.48	0.95	5.90	3.18	120x120x100
9S--10S	5.59	0.0757	0.019	5	185	1.12	0.56	1.98	0.36	0.53	1.10	7.32	8.18	200x200x100
11S--12S	2.53	0.0175	0.019	5	114	0.51	0.45	1.13	0.25	0.47	0.92	2.77	1.40	120x120x100
13S--14S	2.01	0.0049	0.019	5	103	0.40	0.40	1.00	0.22	0.45	0.85	1.35	0.54	100x100x100
10S--12S	7.63	0.0263	0.019	5	57	1.53	0.58	2.62	0.40	0.54	1.12	4.66	7.11	300x300x120
12S--14S	1.94	0.0088	0.019	5	284	0.388	0.39	0.98	0.22	0.44	0.84	1.79	0.70	100x100x100
14S--SUNGAI	2.12	0.0161	0.019	5	436	0.425	0.41	1.03	0.23	0.45	0.87	2.50	1.06	120x120x100
15S--8P	3.91	0.0688	0.019	5	218	0.782	0.51	1.53	0.31	0.51	1.02	6.27	4.91	180x180x100
16S--9P	1.06	0.0494	0.019	5	162	0.212	0.33	0.65	0.16	0.40	0.73	3.49	0.74	80x80x100
17S--10P	3.52	0.0876	0.019	5	137	0.705	0.48	1.45	0.29	0.49	0.98	6.84	4.82	150x150x100

Saluran Primer	Q <sub>peak</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Slope	n	v rencana (m/s)	Dimensi Saluran Gorong-gorong							v saluran (m/s)	Q saluran (m <sup>3</sup> /s)	Ukuran precast (cm)
					L gorong (m)	A gorong (m <sup>2</sup> )	h gorong (m)	b gorong (m)	R (m)	Fb (m)	H (m)			
2P--3P	0.55	0.0649	0.0190	5	77	0.11	0.27	0.41	0.12	0.37	0.64	3.19	0.35	80x80x100
3P--4P	1.69	0.0690	0.0190	5	319	0.34	0.37	0.92	0.20	0.43	0.80	4.80	1.62	100x100x100
4P--5P	1.15	0.0050	0.0190	5	200	0.23	0.34	0.68	0.17	0.41	0.75	1.14	0.26	80x80x100
5P--6P	1.04	0.0073	0.0190	5	220	0.21	0.32	0.64	0.16	0.40	0.72	1.33	0.28	80x80x100
6P--7P	1.21	0.0180	0.0190	5	300	0.24	0.31	0.78	0.17	0.39	0.70	2.19	0.53	80x80x100
7P--SUNGAI	1.06	0.0500	0.0190	5	120	0.21	0.33	0.65	0.16	0.40	0.73	3.51	0.75	80x80x100
8P--9P	0.85	0.0476	0.0190	5	189	0.17	0.34	0.50	0.14	0.41	0.75	3.15	0.53	80x80x100
9P--10P	1.20	0.0144	0.0190	5	208	0.24	0.35	0.69	0.17	0.42	0.76	1.96	0.47	80x80x100
10P--SUNGAI	0.41	0.0341	0.0190	5	88	0.08	0.29	0.29	0.10	0.38	0.67	2.04	0.17	80x80x100

Langkah-langkah perhitungan (Lampiran 1 Permen PU No.12 Tahun 2014) :

- 1) Menentukan nilai n (koefisien manning) berdasarkan jenis material saluran = 0,019 (beton pracetak kualitas sedang)
- 2) Menentukan kecepatan rencana (v rencana) saluran gorong-gorong berdasarkan kondisi material dasar saluran
- 2) Menentukan nilai h (kedalaman air dalam saluran), b (lebar dasar saluran), A (luas penampang saluran), R (keliling basah penampang saluran) serta Fb (tinggi jagaan). Semuanya dalam satuan meter dan meter persegi untuk luas



7) Perhitungan Elevasi Saluran

Saluran Sekunder	Lo	Elevasi Muka Tanah		So	h	Fb	Beda Tinggi	Elevasi Dasar Saluran		Kedalaman		Elevasi Muka Air	
	(m)	Awal (m)	Akhir (m)		(m)		(m)	Awal (m)	Akhir (m)	Awal (m)	Akhir (m)	Awal (m)	Akhir (m)
1S--2P	682	145	111	0.050	0.41	0.45	34	144.14	110.14	0.9	0.9	144.55	110.55
2S--3P	447	140	106	0.058	0.38	0.43	26	139.19	113.19	0.8	0.8	139.57	113.57
3S--4P	168	100	84	0.060	0.53	0.51	10	98.96	88.96	1.0	1.0	99.49	89.49
4S--5P	165	99.65	83	0.067	0.52	0.51	11	98.63	87.63	1.0	1.0	99.14	88.14
5S--6P	167	95.83	81.39	0.066	0.48	0.49	11	94.86	83.86	1.0	1.0	95.34	84.34
6S--7P	170	81.39	76	0.076	0.46	0.48	13	80.44	67.44	0.9	0.9	80.91	67.91
9S--10S	185	110	90	0.076	0.56	0.53	14	108.90	94.90	1.1	1.1	109.47	95.47
11S--12S	114	85	81.73	0.018	0.45	0.47	2	84.08	82.08	0.9	0.9	84.53	82.53
13S--14S	103	83.17	79	0.005	0.40	0.45	0.5	82.32	81.82	0.8	0.8	82.72	82.22
10S--12S	57	89.8	81.73	0.026	0.58	0.54	1.5	88.68	87.18	1.1	1.1	89.26	87.76
12S--14S	284	81.73	79	0.009	0.39	0.44	2.5	80.89	78.39	0.8	0.8	81.29	78.79
14S--SUNGAI	436	79	70	0.016	0.41	0.45	7	78.13	71.13	0.9	0.9	78.55	71.55
15S--8P	218	88.72	82.07	0.069	0.51	0.51	15	87.70	72.70	1.0	1.0	88.21	73.21
16S--9P	162	76	72.8	0.049	0.33	0.40	8	75.27	67.27	0.7	0.7	75.60	67.60
17S--10P	137	81	70	0.088	0.48	0.49	12	80.02	68.02	1.0	1.0	80.51	68.51

Saluran Primer	Lo	Elevasi Muka Tanah		So	h	Fb	Beda Tinggi	Elevasi Dasar Saluran		Kedalaman		Elevasi Muka Air	
	(m)	Awal (m)	Akhir (m)		(m)		(m)	Awal (m)	Akhir (m)	Awal (m)	Akhir (m)	Awal (m)	Akhir (m)
2P--3P	682	111	106	0.065	0.27	0.37	44.29	110.36	66.08	0.64	0.64	110.63	66.35
3P--4P	447	106	84	0.069	0.37	0.43	30.83	105.20	74.38	0.80	0.80	105.57	74.74
4P--5P	168	84	83	0.005	0.34	0.41	0.84	83.25	82.41	0.75	0.75	83.59	82.75
5P--6P	165	83	81.39	0.007	0.32	0.40	1.21	82.28	81.07	0.72	0.72	82.60	81.39
6P--7P	167	81.39	76	0.018	0.31	0.39	3.00	80.69	77.68	0.70	0.70	81.00	78.00
7P--SUNGAI	170	76	70	0.050	0.33	0.40	8.50	75.27	66.77	0.73	0.73	75.60	67.10
8P--9P	185	82	73	0.048	0.34	0.41	8.81	81.25	72.44	0.75	0.75	81.59	72.78
9P--10P	114	73	70	0.014	0.35	0.42	1.64	72.24	70.59	0.76	0.76	72.58	70.94
10P--SUNGAI	103	70	67	0.034	0.29	0.38	3.51	69.33	65.82	0.67	0.67	69.62	66.11

Langkah-langkah perhitungan :

- 1) Memasukkan nilai slope, muka tanah awal dan akhir, panjang saluran, kedalaman air dan freeboard
- 2) Menghitung nilai elevasi dasar saluran, kedalaman awal dan akhir saluran, elevasi muka air awal dan akhir

Rumus-rumus yang digunakan (menggunakan Microsoft Excel 2010) :

- 1) Elevasi dasar saluran awal = elevasi muka tanah awal – h – fb
- 2) Elevasi dasar saluran akhir = elevasi dasar saluran awal – Hf
- 3) Kedalaman saluran awal = h + fb
- 4) Kedalaman saluran akhir = kedalaman saluran awal
- 5) Elevasi muka air awal = h + elevasi dasar saluran awal
- 6) Elevasi muka air akhir = h + elevasi dasar saluran akhir

8) Perhitungan Street Inlet dan Manhole

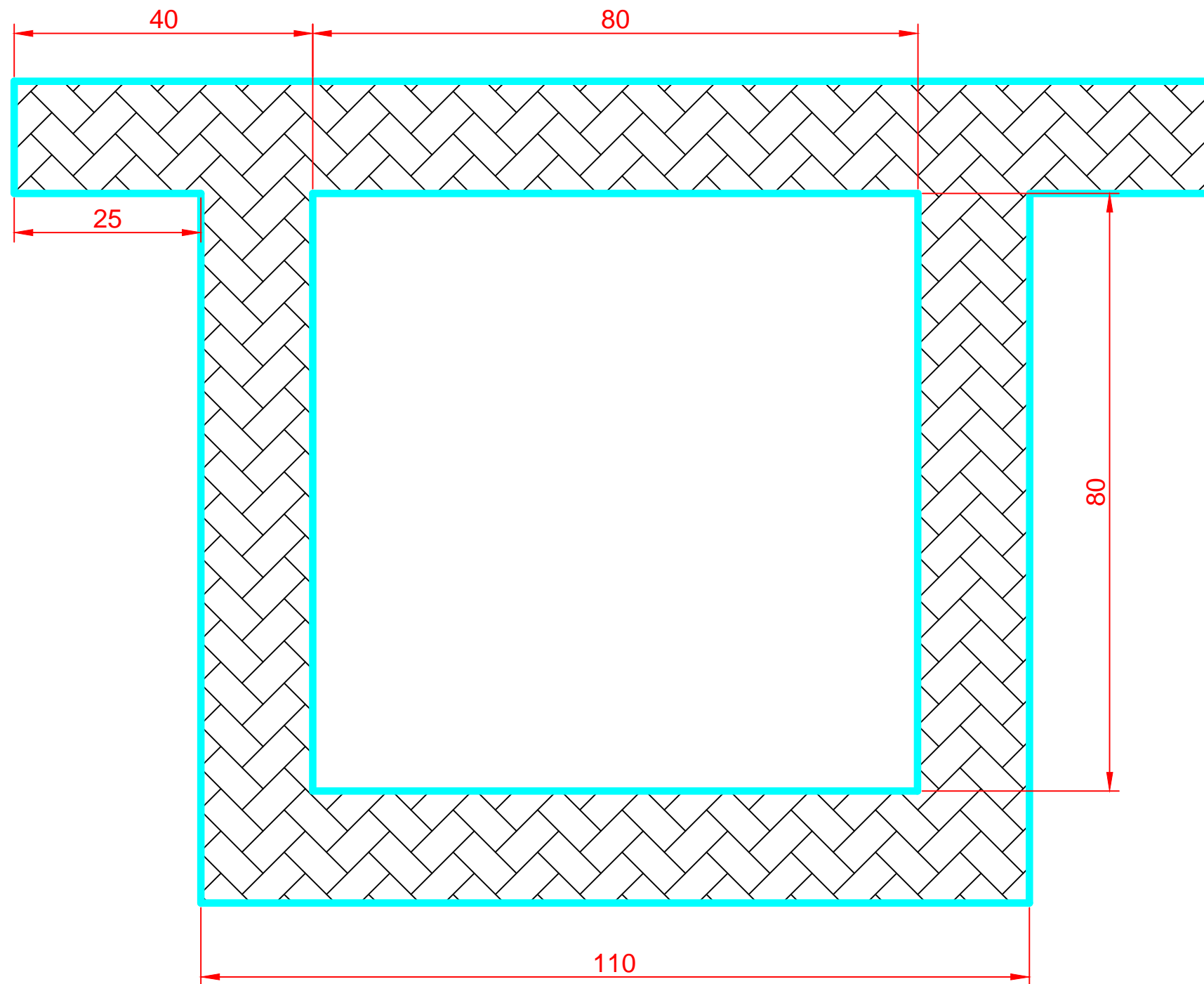
Saluran Sekunder	L (m)	Lebar Jalan (m)	So	Jarak Tiap Street Inlet (m)	Jumlah Street Inlet (buah)	Jumlah Manhole (buah)
1S--2P	682	6	0.0499	10.4	65	8
2S--3P	447	6	0.0582	11.3	40	5
3S--4P	168	6	0.0595	11.4	15	2
4S--5P	165	6	0.0667	12.0	14	2
5S--6P	167	6	0.0659	12.0	14	2
6S--7P	170	6	0.0765	12.9	13	2
9S--10S	185	6	0.0757	12.8	14	2
11S--12S	114	6	0.0175	6.2	18	1
13S--14S	103	6	0.0049	3.3	32	1
10S--12S	57	6	0.0263	7.6	8	1
12S--14S	284	6	0.0088	4.4	65	3
14S--SUNGAI	436	6	0.0161	5.9	74	5
15S--8P	218	6	0.0688	12.2	18	2
16S--9P	162	6	0.0494	10.4	16	2
17S--10P	137	6	0.0876	13.8	10	2
Jumlah total					415	39

Saluran Primer	L (m)	Lebar Jalan (m)	So	Jarak Tiap Street Inlet (m)	Street Inlet	Manhole
2P--3P	77	8	0.0649	8.919	9	1
3P--4P	319	8	0.0690	9.191	35	3
4P--5P	200	8	0.0050	2.475	81	2
5P--6P	220	8	0.0073	2.994	73	2
6P--7P	300	8	0.0180	4.691	64	3
7P--SUNGAI	120	8	0.0500	7.826	15	1
8P--9P	189	8	0.0476	7.638	25	2
9P--10P	208	8	0.0144	4.203	49	2
10P--SUNGAI	88	8	0.0341	6.462	14	1
Jumlah total					365	14

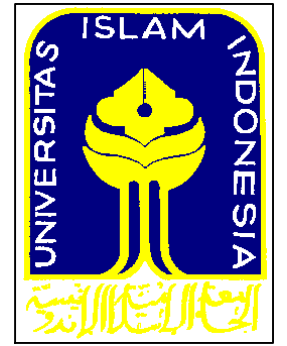
Langkah-langkah perhitungan :

- 1) Memasukkan data panjang saluran drainase dan slope
- 2) Lebar jalan berdasarkan klasifikasi jalan menurut fungsi (PP Nomor 34 Tahun 2006) ; jalan yang dilalui saluran primer drainase menurut fungsinya adalah Jalan Kolektor (lebar jalan >7 m) sedangkan jalan yang dilalui saluran sekunder adalah Jalan Lokal (lebar jalan >5 m)
- 3) Jarak tiap street inlet adalah 280 meter (Modul Drainase Jalan ITS, 2009)
- 4) Jarak tiap manhole adalah 150 meter (Modul Drainase Jalan ITS, 2009)






**TAMPAK DEPAN**



**UNIVERSITAS ISLAM  
INDONESIA**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN**

**Tugas Akhir**

**NAMA / NIM**

HARYBUDHY RACHMADI / 14513195

**JUDUL GAMBAR**

**PENAMPANG SALURAN  
GORONG-GORONG**

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. ANDIK YULIANTO, S.T.,M.T.,  
DHANDHUN WACANO, S.Si.,M.Sc.,

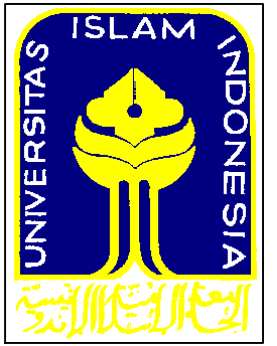
**SATUAN / SKALA**

CENTIMETER (CM) / 1 : 1

**NO GAMBAR**

01

**KETERANGAN :**



**UNIVERSITAS ISLAM  
INDONESIA**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN**

**Tugas Akhir**

**NAMA / NIM**

HARYBUDHY RACHMADI / 14513195

**JUDUL GAMBAR**

KOLAM DETENSI

**DOSEN PEMBIMBING**

Dr. ANDIK YULIANTO, S.T.,M.T.,  
DHANDHUN WACANO, S.Si.,M.Sc.,

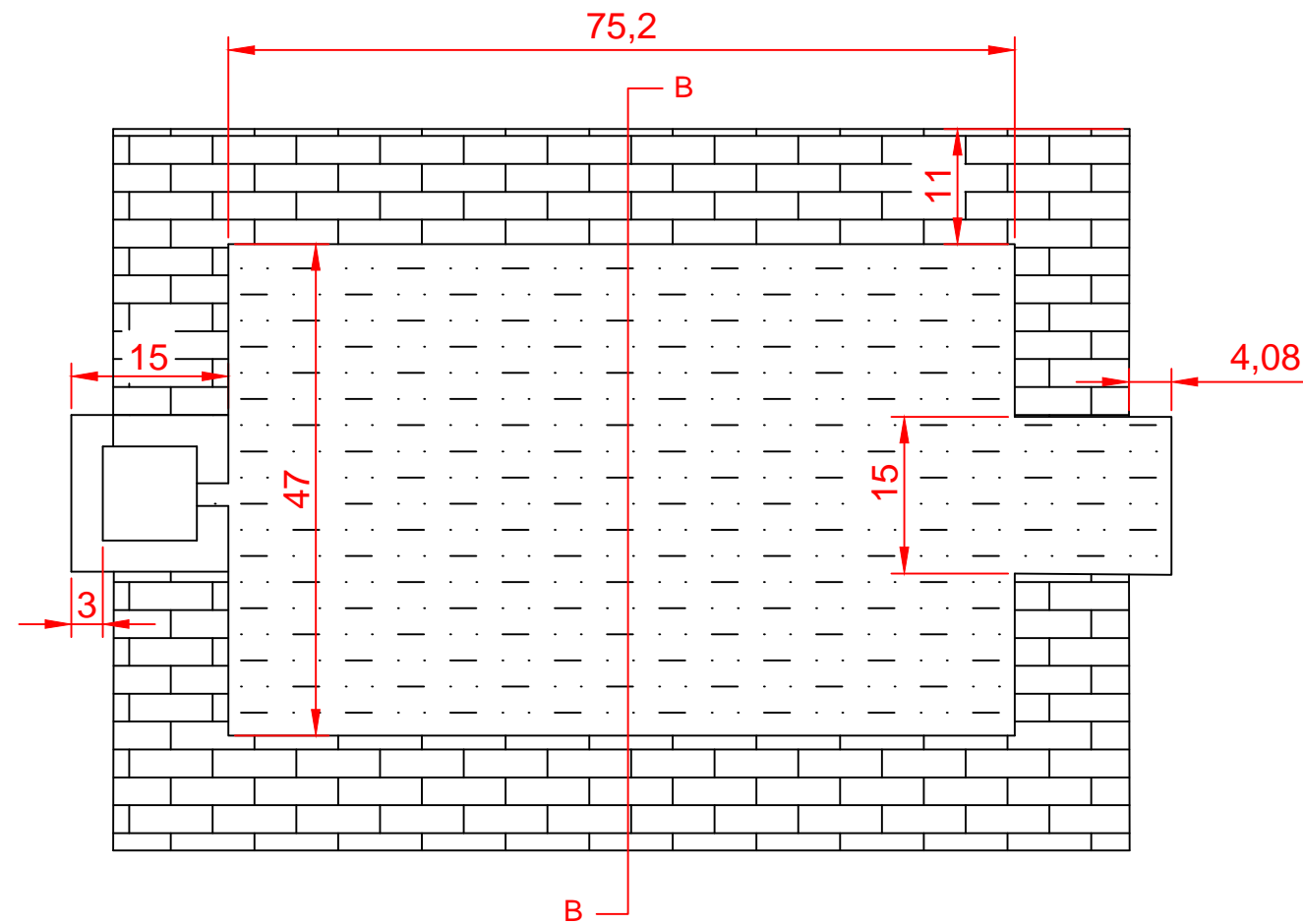
**SATUAN / SKALA**

CENTIMETER (CM) / 1 : 100

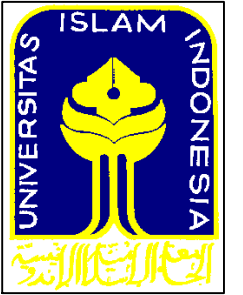
**NO GAMBAR**

02

**KETERANGAN :**



 **TAMPAK ATAS**



**UNIVERSITAS ISLAM  
INDONESIA**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN**

**Tugas Akhir**

**NAMA / NIM**  
HARYBUDHY RACHMADI / 14513195

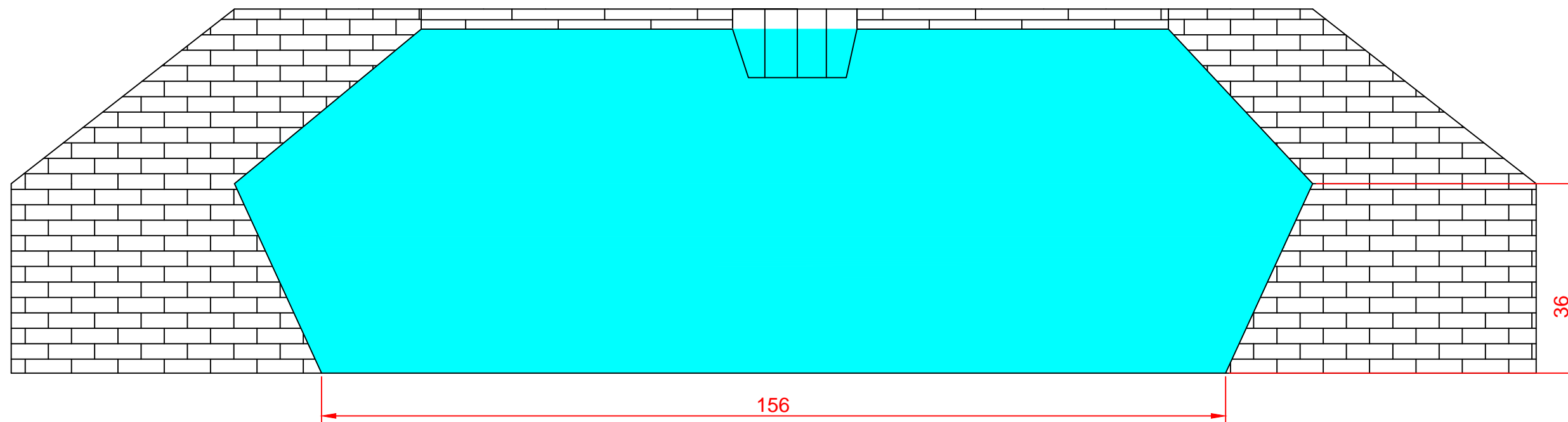
**JUDUL GAMBAR**  
POTONGAN B - B  
KOLAM DETENSI

**DOSEN PEMBIMBING**  
Dr. ANDIK YULIANTO, S.T.,M.T.,  
DHANDHUN WACANO, S.Si.,M.Sc.,

**SATUAN / SKALA**  
CENTIMETER (CM) / 1 : 30

**NO GAMBAR**  
03

**KETERANGAN :**



 **POTONGAN B-B**

**PERENCANAAN SISTEM DRAINASE DI KAWASAN MADEGONDO SOLO BARU KABUPATEN SUKOHARJO MENGGUNAKAN PEMETAAN DEMNAS DAN ANALISIS HEC-RAS**

**PLANNING OF DRAINAGE SYSTEM IN MADEGONDO SOLO BARU AREA SUKOHARJO REGENCY USING DEMNAS MAPPING AND HEC-RAS ANALYSIS**

**Harybudhy Rachmadi\*, Andik Yulianto\*, Dhandhun Wacano\* April 2020**

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia  
*email* : indometrics@gmail.com

**ABSTRAK**

Banjir merupakan salah satu bencana alam paling merugikan di dunia yang diakibatkan oleh perubahan iklim. Selain itu, banjir juga dapat disebabkan karena saluran drainase yang tidak mampu menampung aliran air hujan terutama di kawasan perkotaan. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan sistem drainase di kawasan Solo Baru, Kabupaten Sukoharjo karena kawasan ini adalah kawasan padat penduduk dan termasuk wilayah pinggiran kota. Sehingga diharapkan dapat mengatasi permasalahan banjir dan genangan yang sering terjadi di wilayah ini. Penelitian ini dilakukan di kawasan Solo Baru tepatnya di Desa Madegondo, Kecamatan Grogol, Kabupaten Sukoharjo. Berdasarkan pemetaan DEMNAS yang dilakukan didapat hasil kemiringan lereng yang cukup curam yaitu antara 6%-7%. Dari hasil analisis hidrologi dan hidrolika, desa Madegondo memiliki curah hujan maksimum sebesar 140,54 mm/hari (PUH 5 Tahun). Untuk ukuran dimensi saluran gorong-gorong berkisar antara 80 cm x 80 cm x 100 cm – 180 cm x 180 cm x 100 cm. Dari hasil analisis HEC-RAS menunjukkan bahwa penampang saluran drainase mampu untuk mengalirkan debit yang direncanakan.

Kata kunci: banjir, perubahan iklim, saluran drainase, curah hujan, debit banjir, dimensi saluran

**ABSTRACT**

*Floods is one of the most devastating natural disasters in the world caused by climate change. In addition, floods can also caused by drainage channels that are unable to accommodate the flow of rainwater, especially in urban areas. This research aims to plan the drainage system in the area of Solo Baru, Sukoharjo Regency because this area is densely populated and one of peri urban areas. Therefore, it may resolve the problems of floods and inundation that often occurred in this region. This research was conducted in the area of Solo Baru, precisely in the countryside of Madegondo, Grogol District, Sukoharjo Regency. Based on DEMNAS mapping, the steep of slope is between 6%-7%. From the results of hydrological and hydraulics analysis, Madegondo has a maximum rainfall of 140,54 mm/day (RRP 5 Years). As the the dimensions size of box ditch ranged from 80 cm x 80 cm x 100 cm – 180 cm x 180 cm x 100 cm. The results of HEC-RAS analysis shows that the cross section of drainage channels is able to drain the planned discharge.*

*Keywords: floods, climate change, drainage, rainfall, flood discharge, channel dimensions*

**1. Pendahuluan**

Banjir termasuk bencana alam yang paling merugikan di dunia. Pada bulan Maret 2019 saja tercatat total kerusakan akibat banjir di seluruh dunia sekitar 8 triliun dolar amerika (*Catastrophe Recap*, 2019). Selama dua dekade terakhir, di Indonesia khususnya di Jakarta dilanda banjir

besar yang terjadi pada tahun 1996, 2002, 2007, dan 2013. Banjir di tahun 2007 dinyatakan sebagai bencana nasional yang mengakibatkan kerugian hampir Rp5,2 triliun (BAPPENAS, 2007). Kawasan Madegondo Solo Baru terletak di dekat aliran sungai Bengawan Solo. Di tahun 2017, sebagian warga mengungsi ke pinggir jalan

Solo-Sukoharjo lantaran rumah mereka terendam banjir akibat luapan sungai Kali Wingko. Jumlah korban saat itu tercatat 400 KK. Desa Madegondo memang daerah langganan banjir (Solopos, 2017).

Banjir dapat terjadi karena pendangkalan sungai, gelombang tinggi air laut (rob), dan kenaikan permukaan air laut akibat perubahan iklim. Namun sebagian besar banjir yang terjadi disebabkan karena banyaknya desain saluran drainase yang sudah tidak layak. Sistem drainase yang telah dibangun sebagai bagian dari program pembangunan sebelumnya tidak didesain untuk mengatasi volume air saat ini (*Flood Management Strategy*, 2015).

Untuk mengatasi permasalahan drainase perkotaan, maka diperlukan suatu perencanaan saluran drainase yang komprehensif sehingga dapat mengatasi masalah banjir dan genangan yang sering terjadi di kawasan perkotaan.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Teknik analisis data

Metode yang digunakan untuk menganalisis curah hujan maksimum adalah metode *Gumbel*, *Log Pearson* tipe III dan *Iwai Kadoya*. Sedangkan untuk menghitung intensitas hujan menggunakan metode *Mononobe* Pemetaan menggunakan program *QGIS* dengan bantuan lembar peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25000, peta tutupan lahan dengan metode *supervised classification* dan satelit *Sentinel 2A* serta potongan peta *Digital Elevation Modelling (DEM)* Nasional skala 1:25000. Sedangkan untuk analisis hidrolika berupa debit menggunakan rumus metode rasional dan kecepatan menggunakan rumus *Manning*. Untuk analisis penampang saluran menggunakan program *HEC-RAS*.

### 2.2 Diagram alir perencanaan

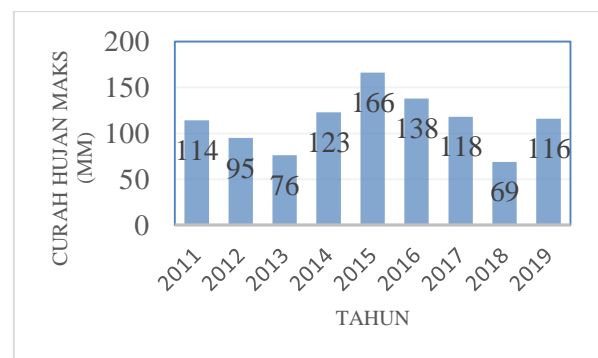


Gambar 2.1 Diagram alir perencanaan

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Analisis data curah hujan

Data curah hujan yang digunakan diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo tepatnya di pos hujan Pabelan, Kecamatan Kartasura, Kabupaten Sukoharjo (arah barat laut dari lokasi penelitian) dengan cara memilih curah hujan tertinggi tiap bulannya antara tahun 2011-2019. Berikut ini disajikan grafik curah hujan maksimum pos hujan Pabelan per tahun.

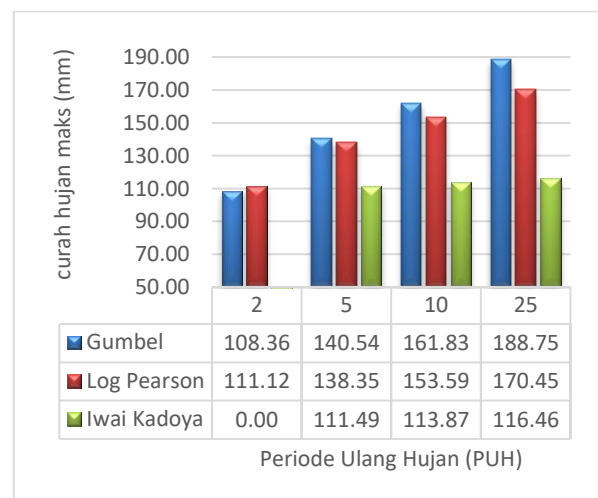


Gambar 3.1 Grafik curah hujan maksimum

Dari grafik diatas terlihat bahwa curah hujan maksimum tertinggi adalah pada tahun 2015 yaitu sebesar 166 mm/hari sedangkan yang terendah ada pada tahun 2018 yaitu sebesar 69 mm/hari.

#### 3.1.1 Analisis curah hujan maksimum

Berikut ini disajikan perbandingan hasil analisis curah hujan harian maksimum metode *Gumbel*, *Log Pearson* tipe III, dan *Iwai Kadoya*.

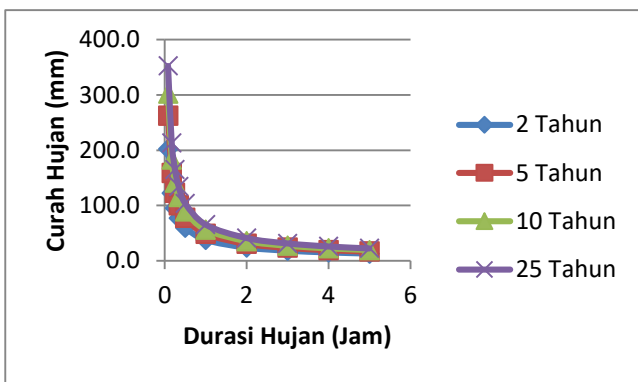


Gambar 3.2 Grafik perbandingan curah hujan

Pada grafik diatas terlihat bahwa curah hujan maksimum yang dihitung menggunakan metode *Gumbel* memiliki nilai curah hujan tertinggi dibandingkan yang lain. Oleh karena itu, dalam perencanaan ini, metode yang digunakan adalah metode *Gumbel*.

### 3.1.2 Intensitas hujan

Analisis intensitas hujan yang dilakukan menggunakan metode *Mononobe* dan perhitungan Periode Ulang Hujan (PUH) 5 Tahun metode *Gumbel*. Hal ini sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.12 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan. Dibawah ini disajikan grafik intensitas hujan metode *Mononobe*.

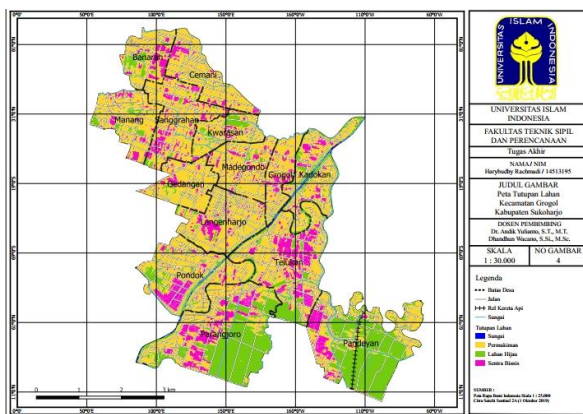


**Gambar 3.3** Grafik intensitas hujan

## 3.2 Perencanaan Sistem Drainase

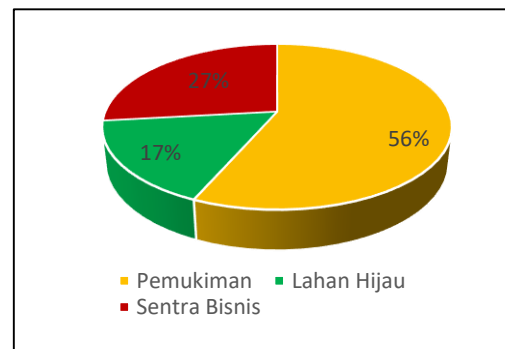
### 3.2.1 Pemetaan tutupan lahan

Pemetaan tutupan lahan (*land cover*) dilakukan menggunakan program *QGIS 3.10* dari citra satelit *Sentinel 2A* tanggal 1 Oktober 2019 dengan ketebalan awan < 3%. Pemetaan ini bertujuan untuk mengetahui klasifikasi lahan di Desa Madegondo. Dibawah ini adalah gambar peta tutupan lahan yang berhasil dibuat.



**Gambar 3.4** Peta tutupan lahan

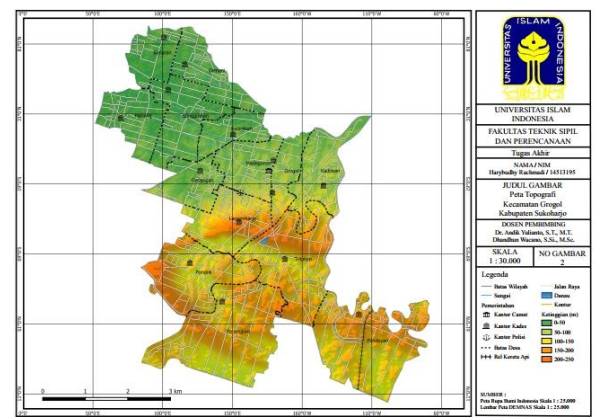
Dari hasil pemetaan tutupan lahan terlihat bahwa mayoritas jenis tutupan lahan di Desa Madegondo adalah permukiman dan sentra bisnis seperti daerah pinggiran kota pada umumnya. Hal ini mengakibatkan terganggunya infiltrasi air hujan kedalam tanah sehingga akan memperbesar debit limpasan yang harus ditampung oleh saluran drainase. Dibawah ini disajikan grafik presentase tiap jenis tutupan lahan di Desa Madegondo.



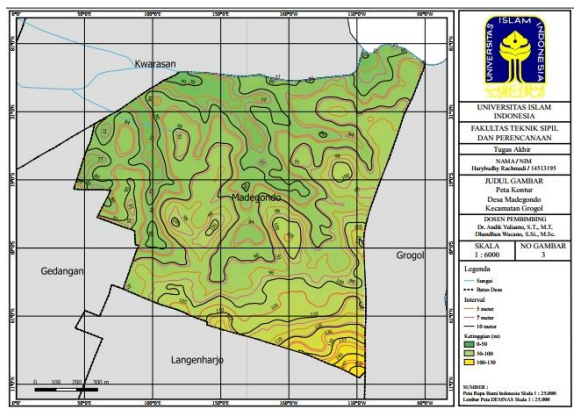
**Gambar 3.5** Grafik presentase tiap jenis tutupan lahan di Desa Madegondo

### 3.2.2 Pemetaan topografi

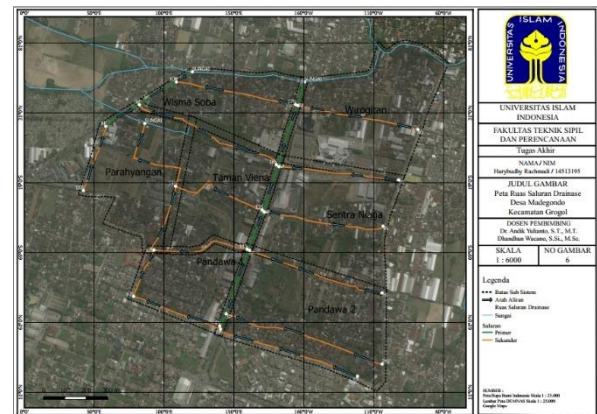
Faktor kemiringan lereng/*slope* sangat mempengaruhi besar kecilnya debit limpasan dan kecepatan saluran. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemetaan topografi dan kontur sebagai dasar perhitungan kemiringan lereng. Berikut ini disajikan gambar peta topografi Kecamatan Grogol dan peta kontur Desa Madegondo.



**Gambar 3.6** Peta topografi Kec. Grogol



**Gambar 3.7** Peta kontur Desa Madegondo



**Gambar 3.8** Peta ruas saluran drainase

Dari peta topografi dan peta kontur diatas terlihat bahwa Desa Madegondo memiliki ketinggian antara 0-100 meter diatas permukaan laut (mdpl). Kemiringan lereng yang terlalu kecil akan menghambat aliran air limpasan (dapat menimbulkan masalah banjir dan genangan) sedangkan kemiringan lereng yang terlalu besar akan menyebabkan nilai kecepatan saluran menjadi sangat tinggi (dapat merusak struktur saluran drainase)

### 3.2.3 Pembagian sub sistem drainase

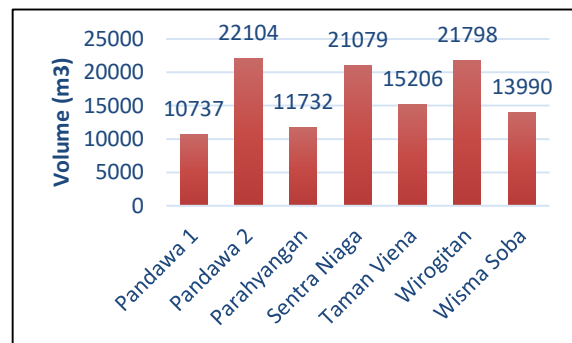
Dalam perencanaan ini Desa Madegondo dibagi menjadi 7 sub sistem. Pembagian ini berdasarkan pada kemiripan karakteristik tutupan lahan tiap sub sistem. Pembagian ini bertujuan untuk mempermudah perhitungan debit banjir rencana. Ketujuh sub sistem tersebut antara lain adalah sebagai berikut :

- 1) Sub sistem Pandawa 1
- 2) Sub sistem Pandawa 2
- 3) Sub sistem Parahyangan
- 4) Sub sistem Sentra Niaga
- 5) Sub sistem Taman Viena
- 6) Sub sistem Wirogitan
- 7) Sub sistem Wisma Soba

Berikut ini disajikan peta ruas saluran drainase disertai dengan masing-masing sub sistem.

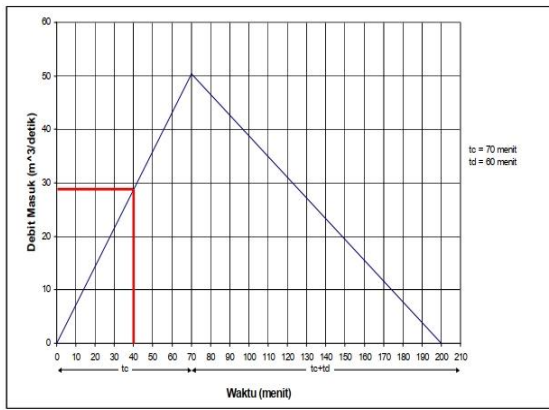
### 3.2.4 Perencanaan kolam detensi

Kolam detensi berfungsi untuk menahan air selama mungkin sehingga tidak akan membebani saluran drainase maupun sungai ketika curah hujan ekstrim. Sebelum memulai merencanakan kolam detensi, maka harus dihitung dulu volume air limpasan tiap sub sistem drainase yang sudah dibagi berdasarkan karakteristik tutupan lahan. Berikut ini disajikan grafik volume air limpasan tiap sub sistem dengan asumsi hujan berlangsung selama 3 jam.



**Gambar 3.9** Grafik volume air limpasan

Dari grafik tersebut didapat total volume air limpasan sebesar 116646 m<sup>3</sup>. Perencanaan ini dibuat berdasarkan data hidrograf dan volume kumulatif kolam detensi yang sudah ada dari buku “Panduan dan Pengelolaan Praktis Drainase Perkotaan” milik Dirjen Tata Perkotaan dan Pedesaan tahun 2013. Berikut ini gambar hidrograf dan volume kumulatif kolam detensi yang dijadikan acuan.



**Gambar 3.10** Grafik hidrograf

Kumulatif Waktu (menit)	Aliran Masuk (m³/detik)	Rata-rata Aliran Masuk (m³/detik)	At (detik)	Volume (m³)	Kumulatif Volume (m³)
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
0	0				0
20	14.4	7.2	1200	8640	8640
40	28.8	21.6	1200	25920	34560
60	43.2	36	1200	43200	77760
80	46.522	44.861	1200	53833.2	131593.2
100	38.768	42.645	1200	51174	182767.2
120	31.014	34.891	1200	41869.2	224636.4
140	23.26	27.137	1200	32564.4	257200.8
160	15.506	19.383	1200	23259.6	280460.4
180	7.752	11.629	1200	13954.8	294415.2
200	0	3.878	1200	4651.2	299066.4

**Gambar 3.11** Volume kumulatif kolam

Karena presentase reduksi ditargetkan dapat mereduksi debit banjir rencana sebesar 67% dengan volume total limpasan tiap sub sistem 116646 m<sup>3</sup> maka volume total tampungan kolamnya adalah 77760 m<sup>3</sup> dengan waktu konsentrasi (tc) saluran pembawa menuju ke kolam detensi sebesar 60 menit. Perencanaan dimensi kolam detensi didasarkan pada Surat Edaran (SEMEN PUPR Nomor 07 Tahun 2018). Berikut ini disajikan tabel dimensi kolam embung, bak pengendap dan ambang pelimpah.

Volume	Kolam embung			Bak pengendap		Pelimpah	
	Panjang rata-rata	Lebar rata-rata	Tinggi	Panjang	Tinggi	Lebar	Tinggi
m <sup>3</sup>	m	m	m	m	m	m	m
500	25	10	2,0	0,5	0,3	4	0,3
500	20	10	2,5	0,5	0,3	4	0,3
1.000	25	20	2,0	0,5	0,3	4	0,3
1.500	30	25	2,0	0,5	0,4	4	0,3
2.000	40	25	2,0	0,5	0,4	5	0,3
2.500	40	25	2,5	1,0	0,5	5	0,5
3.000	50	30	2,0	1,0	0,5	5	0,5
3.000	40	25	3,0	1,0	0,5	5	0,5

**Gambar 3.12** Kriteria desain embung

Untuk mengetahui hubungan antara dimensi dengan volume kolam embung maka dilakukan perbandingan panjang : lebar kolam embung, panjang : tinggi bak pengendap, lebar : tinggi ambang pelimpah. Untuk hasil perbandingannya bisa dilihat pada tabel dibawah ini.

V	Kolam Embung		Bak Pengendap		Pelimpah	
	P	L	P	T	L	T
500	2.5	1	1.7	1	13	1
500	2	1	1.7	1	13	1
1000	1.25	1	1.7	1	13	1
1500	1.2	1	1.3	1	13	1
2000	1.6	1	1.3	1	17	1
2500	1.6	1	2	1	10	1
3000	1.67	1	2	1	10	1
3000	1.6	1	2	1	10	1

**Gambar 3.13** Tabel perbandingan dimensi embung tiap volume

Setelah itu dilakukan perhitungan volume kolam dan % reduksi seperti dibawah ini.

Volume limpasan (m <sup>3</sup> )	Dimensi Kolam Detensi (m)			Volume (m <sup>3</sup> )	Jumlah kolam (buah)	Volume total (m <sup>3</sup> )	A kolam (m <sup>2</sup> )	% reduksi
	P	L	T					
116646	75.2	47	11	38878	2	77757	3534	67%

**Gambar 3.14** Volume total kolam detensi

V	Dimensi Kolam Detensi (m)			Bak Pengendap		Pelimpah	
	P	L	T	P	T	L	T
38878	75.2	47	11	5	3	15	2

**Gambar 3.15** Ukuran bak pengendap dan ambang pelimpah

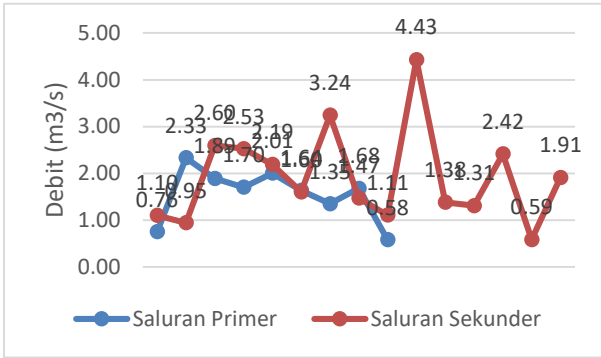
### 3.2.5 Perhitungan debit banjir rencana

Perhitungan debit banjir rencana dilakukan menggunakan metode rasional

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

Perhitungan debit dilakukan pada semua jenis saluran drainase setelah dikurangi presentase reduksi dari hasil perencanaan kolam detensi. Berikut ini disajikan grafik fluktuasi debit tiap saluran drainase.

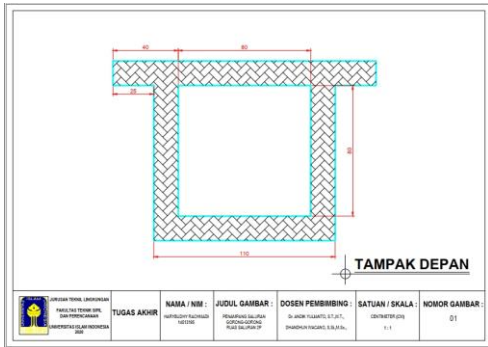




**Gambar 3.16** Grafik fluktuasi debit

3.2.6 Perhitungan dimensi saluran

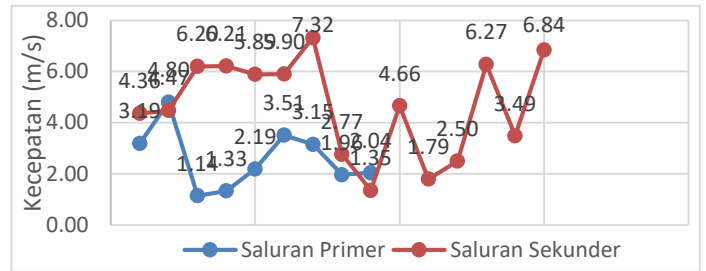
Karena gorong-gorong yang digunakan berfungsi sebagai saluran drainase samping (*side ditch*) maka kehilangan tekan (*headloss*) tidak perlu dihitung karena perhitungan headloss hanya digunakan pada gorong-gorong (*box culvert*) yang dibangun sebagai bangunan perlintasan air yang melewati jalan terutama ketika bentuk penampang antar salurannya berbeda. Berikut ini disajikan gambar desain penampang saluran primer ruas saluran 2P



**Gambar 3.17** Desain penampang saluran primer ruas saluran 2P

3.2.7 Perhitungan kecepatan saluran

Berikut ini disajikan grafik fluktuasi hasil perhitungan kecepatan saluran drainase.

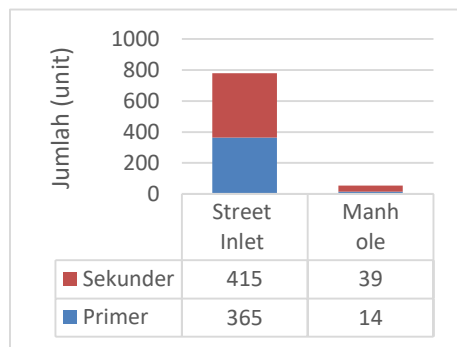


**Gambar 3.17** Grafik fluktuasi kecepatan

Dari grafik diatas terlihat bahwa kecepatan saluran drainase sangat tinggi. Hal ini disebabkan karena data elevasi yang didapat dari analisis pemetaan *DEMNAS* kurang akurat. Dari analisis tersebut didapat bahwa kemiringan lereng Desa Madegondo berkisar antara 6%-7% padahal dari beberapa referensi yang didapat menunjukkan bahwa kemiringan lereng untuk daerah Surakarta dan sekitarnya hanya berkisar antara 0%-4%.

3.2.8 Perhitungan street inlet dan manhole

*Street inlet* dalam perencanaan ini dibuat di sepanjang jalan yang dilalui oleh saluran primer dan saluran sekunder. *Street inlet* digunakan sebagai bangunan penangkap air hujan pada bahu jalan. Sementara itu, *manhole* yang direncanakan dalam penelitian ini hanyalah tutupnya saja (*drainage manhole cover*). Dibawah ini adalah grafik jumlah street inlet dan manhole pada masing-masing saluran drainase.

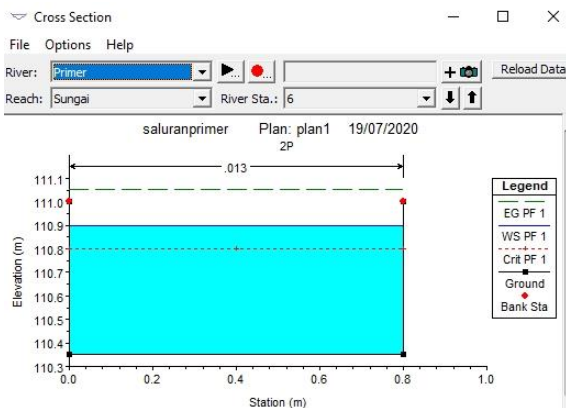


**Gambar 3.18** Jumlah street inlet dan manhole

### 3.2.9 Analisis HEC-RAS

Analisis ini bertujuan untuk melihat penampang dasar saluran dan profil hidrolis saluran secara detail sehingga dapat terlihat jelas apakah saluran dapat menampung aliran air dari debit yang direncanakan atau tidak. Ukuran dimensi yang digunakan adalah dimensi saluran gorong-gorong sesuai spesifikasi ukuran pabrik (*precast*).

Berikut ini disajikan gambar *cross section* ruas saluran 2P dari hasil analisis HEC-RAS.



**Gambar 3.19** Hasil analisis HEC-RAS

Dari gambar diatas dapat kita lihat bahwa permukaan air (kotak warna biru muda) berada dibawah titik merah atas. Hal ini menandakan bahwa ruas saluran drainase 2P dapat mengalirkan debit rencana.

## 4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Berdasarkan analisis tutupan lahan dengan menggunakan citra satelit *Sentinel 2A* dan metode *supervised classification*, klasifikasi tutupan lahan di Desa Madegondo cenderung mengarah ke ciri khas daerah pinggiran kota (*peri urban*) yang ditandai dengan banyaknya presentase lahan permukiman sebesar 56% dan sentra bisnis sebesar 27% yang melebihi presentase lahan hijau yang hanya sebesar 17%
2. Koefisien limpasan gabungan yang dihasilkan dari lahan permukiman dan sentra bisnis menunjukkan angka yang besar yaitu antara 0,5

– 0,65. Hal tersebut dapat mempengaruhi terjadinya banjir dan genangan karena daerah lahan seperti permukiman dan sentra bisnis mengganggu proses infiltrasi air hujan kedalam tanah. Sehingga akan memperbesar potensi terjadinya banjir dan genangan apabila saluran drainase sudah tidak mampu lagi untuk menampungnya

3. Hasil akhir kecepatan saluran yang sangat tinggi disebabkan karena akurasi data dari analisis pemetaan *DEMNAS* yang kurang akurat.
4. Berdasarkan analisis data curah hujan (hidrologi), Desa Madegondo Solo Baru memiliki curah hujan maksimum sebesar 140,54 mm/hari
5. Ukuran *precast* saluran primer mulai dari 80cm x 80cm x 100cm hingga 120cm x 120cm x 100cm. Sedangkan untuk saluran sekunder mulai dari 80cm x 80cm x 100 hingga 180cm x 180cm x 100cm
6. Berdasarkan hasil analisis menggunakan perangkat lunak *HEC-RAS*, profil muka air berada dibawah elevasi permukaan tanah. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa penampang saluran drainase dapat menampung debit banjir yang direncanakan

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa. Serta kedua orang tua Penulis yang telah membantu doa dan dukungan selama pengerjaan penelitian ini. Tak lupa juga saya ucapkan terima kasih kepada Bapak Andik Yulianto dan Bapak Dhandhun Wacano selaku Pembimbing 1 dan 2 yang telah memberikan banyak masukan dan saran dari awal penelitian ini dimulai hingga akhir.

## Daftar Pustaka

- Aon's. 2019. **Global Catastrophe Recap: March 2019**. Aon Plc. London.
- BAPPENAS. 2007. **Laporan Perkiraan Kerusakan dan Kerugian Pasca**

- Banjir Awal Februari di Wilayah Jabodetabek.** Jakarta.
- Melbourne Water. 2015. **Flood Management Strategy Port Philip and Westernport.** Melbourne Water Corp. Victoria.
- Solopos, 2017, **Banjir Sukoharjo: Warga Madegondo Mengungsi ke Pinggir Jalan,** melalui <https://www.solopos.com/banjir-sukoharjo-warga-madegondo-mengungsi-ke-pinggir-jalan-797919>. Diakses pada tanggal 15 April 2020
- Republik Indonesia. **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Drainase.**
- Republik Indonesia. **Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 07 Tahun 2018 Tentang Pedoman Pembangunan Embung Kecil dan Bangunan Penampung Air Lainnya.**

## RIWAYAT HIDUP PENULIS

Penulis bernama lengkap Harybudhy Rachmadi atau biasa dipanggil Harry lahir di Klaten pada tanggal 18 Desember 1996, merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 3 Jelobo, Kecamatan Wonosari, Kabupaten Klaten. Kemudian melanjutkan pendidikan tingkat menengah di SMP Negeri 2 Wonosari dan SMA Negeri 1 Wonosari. Pada tahun 2014 penulis melanjutkan studi Strata (S1) di Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah ikut serta dalam kegiatan seminar dan *workshop* bertajuk “*Water Intec*”. Penulis juga pernah belajar bahasa asing di lembaga *CILACS* UII dan ikut kegiatan sosial sebagai sukarelawan (*volunteer*) dalam gerakan “Berbagi Nasi Bungkus” bagi para tukang becak dan warga kurang mampu di sekitar Jalan Malioboro, Kota Yogyakarta. Penulis juga pernah bekerja sampingan (*freelance*) di PT. Raja Fiber yang bergerak dibidang kontraktor wahana *Waterboom*. Selain itu, penulis juga berkesempatan melakukan Kerja Praktik (KP) di Dinas Pekerjaan Umum Kota Semarang dalam proyek Pemeliharaan Sistem Drainase Polder Tawang Mas pada bulan Agustus 2019.