

TUGAS AKHIR

**PENGARUH DRAINASE BERWAWASAN LINGKUNGAN DENGAN
METODE SUMUR RESAPAN UNTUK DAERAH HELVETIA
(Studi Kasus)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

RADIDYA BATHARA ISMOYO

1507210136



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Radidya Bathara Ismoyo

NPM : Medan, 16 Februari 1996

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Drainase Berwawasan Lingkungan Dengan Metode Sumur Resapan Untuk Daerah Helvetia.

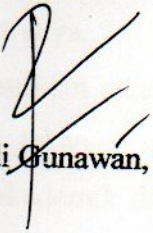
Bidang Ilmu : Keairan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2019

Mengetahui dan menyetujui

Dosen Pembimbing I/Penguji



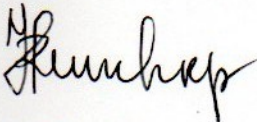
Randi Gunawan, S.T., M.Si

Dosen Pembimbing II/Penguji



Rizki Efrida, S.T., M.T

Dosen Pembimbing I/Penguji



Dr. Hj. Rumilla Harahap, M.T

Dosen Pembimbing II/Penguji



Dr. Fahrizal Z, S.T., M.Sc



Program Studi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Z, S.T., M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Radidya Bathara Ismoyo
Tempat / Tanggal Lahir : Medan, 16 Februari 1996
NPM : 1507210111
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“PENGARUH DRAINASE BERWAWASAN LINGKUNGAN DENGAN METODE SUMUR RESAPAN UNTUK DAERAH HELVETIA“

Bukan merupakan plagiatisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non_material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinail dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan kesarjanaaan saya.

Demikian surat Pernyataan inin saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakan integritas akademik di Program studi Teknik Sipl, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2019

Saya yang menyatakan,



[Handwritten Signature]
Radidya Bathara Ismoyo

ABSTRAK

PENGARUH DRAINASE BERWAWASAN LINGKUNGAN METODE SUMUR RESAPAN UNTUK DAERAH HELVETIA (STUDI KASUS)

Radidya Bathara Ismoyo
1507210136
Randi Gunawan,ST.M.Si
Rizki Efrida,ST,MT

Kondisi daerah Lingkungan Kecamatan Medan Helvetia merupakan daerah rawan bencana banjir yang dikarenakan kurangnya daerah tangkapan hujan, tidak terstrukturnya jaringan drainase pada kawasan tersebut membuat aliran air tergenang hal ini diperparah dengan kondisi drainasenya tertutup sedimentasi, tertutup bangunan penduduk, dan faktor kontur yang relative rendah juga memperparah banjir. Solusi dalam penanganan bencana banjir dapat dilakukan sedini mungkin oleh pihak-pihak terkait agar pada saat musim penghujan tidak terjadi bencana banjir yang merugikan. Penerapan sistem drainase resapan juga dapat dijadikan solusi dalam penanggulangan banjir yang sering terjadi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa signifikan pengaruh yang diberikan dalam penerapan sistem drainase berwawasan lingkungan dengan sumur resapan sebagai penanggulangan banjir yang terjadi di daerah studi perumahan Helvetia. Perencanaan sumur resapan menggunakan perhitungan sesuai dengan SNI 03-2453-2002 Debit banjir rencana dengan kala ulang 10 tahun yang sebesar 1,152 m³/detik hanya mampu di tampung drainase pada sisi kiri 3,08 % saja selebihnya terjadi limpasan dengan perkiraan debit banjir 1,117 m³/detik. Dengan adanya sumur resapan dapat meminimalisir limpasan debit banjir.

Kata Kunci: Limpasan, infiltrasi, Banjir, sumur resapan.

ABSTRACT

THE EFFECT OF ENVIRONMENTAL DRAINAGE INFLUENCE OF THE WELL PROCESS METHOD FOR HELVETIA AREA (CASE STUDY)

Radidya Bathara Ismoyo

1507210136

Randi Gunawan,ST.M.Si

Rizki Efrida,ST,MT

Regional conditions in the Medan Helvetia sub-district are flood-prone areas due to the lack of rain catchment areas, unstructured drainage networks in the area, making the inundated water flow worse with the drainage conditions covered by sedimentation, closed by population buildings, and relatively low contour factors also aggravating flood. The solution in handling flood disaster can be done as early as possible by the relevant parties so that during the rainy season there is no adverse flood disaster. The application of the infiltration drainage system can also be used as a solution in dealing with frequent flooding. This research was conducted to find out how significant the influence exerted on the application of an environmentally sound drainage system of the Helvetia perumnas. Infiltration well planning uses calculations according to SNI 03-2453-2002. Flood discharge plan with a 10-year return period of 1,152 m³ / second, only able to accommodate drainage on the left side of 3.08%, while the rest run off with an estimated flood discharge of 1,117 m³ / sec. With the infiltration wells can minimize flood discharge runoff.

Keyword: run off, Infiltration, rainfall, Infiltration well

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Drainase Berwawasan Lingkungan Metode Sumur Resapan Untuk Daerah Helvetia” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Randi Gunawan, ST, M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Rizki Efrida, ST, MT selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Dr. Ir. Rumila Harahap, MT selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipil kepada penulis.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Orang tua penulis: Alm. Lili Suriadi Suryadiningrat,SE, dan Sri Dewi Chandrakirana,SE, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis. serta kakak saya Reviwya Gesti Paningrum,SE. adik saya Radidya Abi Manyu dan Keluarga besar saya yang selalu memberi dukungan dan mendoakan saya
9. Sahabat-sahabat penulis: M. Tarmidzi SH, Reza Dana Sasmita, Adha Afrinanda Tanjung, Suhendi, M. Abdul Hafis, Almaida, Alfi Syahrin, Roni Irwanda ST, Rama Imanda, Hendra Syahputra, M. Fajar, yang telah memberi semangat dan masukan yang sangat berarti bagi saya pribadi.
10. Buat teman-teman teknik sipil khususnya kelas A2 stambuk 2015, kelas keairan dan seluruh teman-teman yang amat saya cintai yang telah memberikan semangat serta masukan yang sangat berarti bagi saya pribadi.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 5 September 2019

Radidya Bathara Ismoyo

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR | iii |
| ABSTRAK | iv |
| <i>ABSTRACT</i> | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR NOTASI | xiv |
| BAB 1 PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.6 Sistematika Pembahasan | 3 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Drainase | 5 |
| 2.2 Hidrologi Umum | 12 |
| 2.3. Sikuls Hidrologi | 12 |
| 2.4. Analisa Hidrologi | 13 |
| 2.5. Hujan | 14 |
| 2.4.1. <i>Tipe-Tipe Hujan</i> | 15 |
| 2.6. Analisa Frekuensi Hujan | 15 |
| 2.5.1. <i>Distribusi Gumbel</i> | 16 |
| 2.5.2. <i>Distribusi Log Pearson Tipe III</i> | 17 |
| 2.7. Uji Kecocokan Distribusi | 19 |
| 2.6.1. <i>Uji Chi-Square</i> | 20 |
| 2.6.2. <i>Uji Smirnov-Kolmogorov</i> | 22 |
| 2.8. Koefisien Pengaliran (C) | 23 |

| | |
|--|----|
| 2.9. Debit Rencana | 24 |
| 2.8.1. <i>Metode Rasional</i> | 25 |
| 2.10. Intensitas Hujan | 19 |
| 2.9.1. <i>Analisa Curah Hujan</i> | 27 |
| 2.10.2. <i>Analisis Intensitas Curah Hujan</i> | 27 |
| 2.11. Koefisien Pengaliran (C) | 29 |
| 2.12. Kecepatan Aliran | 32 |
| 2.13. Waktu Konsentrasi | 32 |
| 2.14. Sumur Resapan | 34 |
| 2.13.1. <i>Fungsi Sumur Resapan</i> | 35 |
| 2.13.2. <i>Prinsip Kerja Sumur Resapan</i> | 37 |
| 2.13.3. <i>Faktor-faktor dalam pembuatan sumur resapan</i> | 40 |
| 2.13.4. <i>Perencanaan Sumur Resapan</i> | 44 |
| 2.13.5. <i>Analisis Infiltrasi</i> | 47 |
| 2.13.6. <i>Uji Permeabilitas</i> | 49 |
| 2.13.7. <i>Persyaratan Umum Sumur Resapan</i> | 48 |
| 2.13.8. <i>Bentuk dan Ukuran</i> | 49 |
| BAB 3 METODE PENELITIAN | |
| 3.1. Bagan Alir Penelitian | 54 |
| 3.2. Lokasi Wilayah Studi | 55 |
| 3.2.1. <i>Kondisi umum Lokasi studi</i> | 55 |
| 3.2.2. <i>Batas-batas Daerah</i> | 56 |
| 3.2.3. <i>Letak Geografis dan Tata Guna Lahan</i> | 56 |
| 3.3. Metodologi | 57 |
| 3.4. Pengumpulan Data | 57 |
| 3.4.1. <i>Data primer</i> | 57 |
| 3.4.2. <i>Data sekunder</i> | 59 |
| 3.5. Pengolahan dan Analisis Data | 60 |
| 3.6. Analisis Hidrologi | 61 |
| 3.6.1. <i>Analisis Frekuensi Curah Hujan</i> | 61 |
| 3.6.2. <i>Uji Kecocokan Distribusi</i> | 61 |

| | |
|--|----|
| 3.6.3. <i>Intensitas Hujan</i> | 61 |
| 3.6.4. <i>Metode Rasional</i> | 62 |
| 3.7. Peta Lokasi Studi | 62 |
| BAB 4 ANALISA DATA | |
| 4.1 Lokasi Studi | 63 |
| 4.2 Analisis Curah Hujan Rencana | 63 |
| 4.3 Analisis Frekuensi | 64 |
| 4.3.1 <i>Perhitungan Analisa Frekuensi Distribusi Gumbel</i> | 64 |
| 4.3.2 <i>Perhitungan Analisa F. Distribusi Log Pearson Type III.</i> | 66 |
| 4.4. Pemilihan Jenis Sebaran | 68 |
| 4.5. Pengujian Keselarasan Sebaran | 69 |
| 4.6.1. <i>Uji Kecocokan Chi-Square</i> | 69 |
| 4.6.2. <i>Uji Kecocokan Smirnov Kolmogorof</i> | 70 |
| 4.6. Pengukuran Curah Hujan Rencana | 73 |
| 4.7. Analisa Debit Rencana | 74 |
| 4.8.1. <i>Metode Rasional</i> | 74 |
| 4.8. Intensitas Curah Hujan | 75 |
| 4.9..Analisa Hidrolika | 78 |
| 4.10.1 <i>Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase</i> | 78 |
| 4.10. Perencanaan Sumur resapan | 83 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 4.1 Kesimpulan | 86 |
| 4.2 Saran | 86 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP | |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-------------|--|----|
| Tabel 2.1: | Standar deviasi (Y_n) untuk Distribusi Gumbel (Syifa, 2015). | 16 |
| Tabel 2.2: | Reduksi standar deviasi (S_n) untuk Distribusi Gumbel (Syifa, 2015) | 17 |
| Tabel 2.3: | Reduced variate, Y_{Tr} sebagai fungsi periode ulang (Suripin, 2004). | 17 |
| Tabel 2.4: | Nilai K untuk distribusi Log Pearson Tipe III (Suripin, 2004) | 18 |
| Tabel 2.5: | Nilai kritis untuk distribusi Chi-Square (Montarcih, 2009). | 21 |
| Tabel 2.6: | Nilai kritis D_o untuk uji Smirnov-Kolomogorov (Suripin, 2004). | 22 |
| Tabel 2.7: | Koefisien limpasan untuk Metode Rasional (Suripin, 2004). | 23 |
| Tabel 2.8: | Kriteria desain hidrologi sistem drainase perkotaan (Suripin, 2004). | 24 |
| Tabel 2.9: | Koefisien aliran (C) secara umum (Wesli, 2008). | 30 |
| Tabel 2.10: | Koefisien pengaliran berdasarkan persentase permukaan yang kedap dengan waktu konsentrasi (Wesli, 2008). | 31 |
| Tabel 2.11: | Nilai koefisien <i>Manning</i> (Triatmodjo, 1993). | 32 |
| Tabel 2.12: | Jumlah sumur resapan yang harus dibuat berdasarkan kondisi permeabilitas dan luas bidang tanah (Kusnaedi, Sumur Resapan, Penebar Swadaya: 2011. Hal 21). | 39 |
| Tabel 2.13: | Hubungan kecepatan infiltrasi dan tekstur tanah (Sitanela Arsyad: 1976). | 40 |
| Tabel 2.14: | Perbedaan daya resap tanah pada berbagai kondisi permukaan tanah (Fajar Hadi: 1979) | 40 |
| Tabel 2.15: | Jarak minimum sumur resapan dengan bangunan (Yassir Arafat, 2008) | 42 |
| Tabel 2.16: | Nilai Faktor geometric (Sunjoto, 1994) | 44 |
| Tabel 2.17: | Harga koefisien rembesan (Infiltrasi) pada umumnya (Yassir Arafat, 2008) | 46 |
| Tabel 2.18: | Ukuran kedalaman dan Tipe konstruksi Sumur Resapan air hujan | 49 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Tabel 3.1: | Nama Kecamatan, Jumlah dan Kepadatan Penduduk di Kota Medan (BPS Kota Medan, 2018). | 55 |
| Tabel 3.2: | Data Curah Hujan Harian Maksimum (Stasiun BMKG Sampali) | 58 |
| Tabel 4.1: | Data Curah Hujan Harian Maksimum dari Stasiun Sampali | 62 |
| Tabel 4.2: | Perhitungan analisa frekuensi untuk distribusi Gumbel. | 63 |
| Tabel 4.3: | Analisa curah hujan rencana dengan Distribusi Gumbel. | 65 |
| Tabel 4.4: | Perhitungan analisa frekuensi untuk distribusi <i>Pearson Type III</i> . | 65 |
| Tabel 4.5: | Kombinasi periode ulang tahunan (mm). | 67 |
| Tabel 4.6: | Hasil pengukuran dispersi Stasiun BMKG Sampali. | 67 |
| Tabel 4.7: | Parameter pemilihan distribusi curah hujan.(Suripin,2004) | 67 |
| Tabel 4.8: | Perhitungan uji kecocokan Chi-Square dengan Log Pearson Tipe III. | 69 |
| Tabel 4.9: | Perhitungan uji kecocokan Smirnov-Kolmogorof (Hasil perhitungan 2018) | 69 |
| Tabel 4.10: | Ploting data (Hasil Perhitungan, 2018) | 71 |
| Tabel 4.11: | Analisa frekuensi distribusi Log Pearson Type III | 72 |
| Tabel 4.12: | Perhitungan curah hujan rencana metode <i>Log Pearson Type III</i> . | 73 |
| Tabel 4.13: | Perhitungan Intensitas Curah Hujan (Soemarto, 1999) | 74 |
| Tabel 4.14: | Perhitungan Q rancangan pada Jl. Helvetia Raya Kec. Medan Helvetia. | 76 |
| Tabel 4.15: | Hasil survei drainase di Jl. Helvetia Raya | 77 |
| Tabel 4.16: | Perbandingan Q analisis tampungan penampung dan Q analisis rancangan debit banjir di Jl. Helvetia Raya | 79 |
| Tabel 4.17: | Rancangan yang ingin diresapkan melalui sumur resapan | 80 |
| Tabel 4.18: | Daftar saluran yang ditinjau | 83 |
| Tabel 4.19: | Penjelasan unit dan lokasi sumur resapan | 85 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------|---|----|
| Gambar 2.1: | Contoh saluran a-b pada suatu daerah pengaliran. | 32 |
| Gambar 2.2: | Prinsip kerja sumur resapan (Yassir Arafat, 2008) | 37 |
| Gambar 2.3: | Proses masuknya air kedalam akuifer bebas (Desmawan,2012) | 37 |
| Gambar 2.4: | Proses masuknya air kedalam akuifer Tertekan (Desmawan,2012) | 37 |
| Gambar 2.5: | Langkah pembuatan sumur resapan | 42 |
| Gambar 2.6: | Skema Aliran dalam Sumur (Sunjoto, 2011) | 43 |
| Gambar 2.7: | Tipe I sumur resapan air hujan | 49 |
| Gambar 2.8: | Tipe II sumur resapan air hujan | 50 |
| Gambar 2.9: | Tipe III a sumur resapan air hujan | 51 |
| Gambar 2.10: | Tipe III b sumur resapan air hujan | 52 |
| Gambar 3.1: | Bagan alir penelitian tugas akhir | 53 |
| Gambar 3.2: | Lokasi penelitian dilakukan langsung di daerah Perumnas Helvetia.(Google earth) | 54 |
| Gambar 3.3: | Drainase Kanan jalan Helvetia raya | 57 |
| Gambar 3.4: | Drainase Kiri jalan Helvetia raya | 57 |
| Gambar 3.5: | Drainase pada jalan Mawar 4 | 57 |
| Gambar 3.6: | Gorong-gorong pada saluran kanan Jln. Helvetia Raya | 58 |
| Gambar 3.7: | Peta denah pola aliran air | 58 |
| Gambar 3.8: | Peta Kecamatan Medan Helvetia (sumber BPS Kota Medan) | 61 |
| Gambar 3.9: | Peta Perumnas Helvetia, (Sumber RTRW Kota Medan) | 61 |
| Gambar 4.1: | Grafik curah hujan rencana metode <i>Log Pearson Type III</i> . | 73 |
| Gambar 4.2: | Grafik Intensitas Curah Hujan | 75 |
| Gambar 4.3: | Saluran drainase, wilayah yang terkena banjir, dan catchment area (google Earth, 2018) | 76 |
| Gambar 4.4: | Saluran drainase sekunder | 77 |
| Gambar 4.5: | Skema Saluran | 81 |
| Gambar 4.6: | Perencanaan sumur resapan | 84 |
| Gambar 4.7: | Ploting sumur resapan yang direncanakan | 85 |

DAFTAR NOTASI

| | |
|-------|---|
| A | = Luas daerah aliran sungai |
| C | = Koefisien aliran permukaan |
| Cs | = Koefisien penyimpangan |
| Ck | = Koefisien kurtosis |
| d | = Tinggi curah hujan rata-rata |
| G | = Koefisien kemencengan “ <i>Skewness</i> ” |
| S | = Standar deviasi |
| X | = Rata- rata hitung variat |
| Xt | = besarnya curah hujan yang terjadi dengan kala ulang T tahun |
| K | = faktor frekuensi |
| I | = Intensitas hujan |
| Slogx | = Standar deviasi dari logaritma |
| Log x | = Logaritma rata-rata |
| n | = Jumlah data pengamatan |
| L | = Panjang Sungai |
| Lc | = Panjang antara titik berat DAS dengan outlet |
| Yn | = Besaran yang mempunyai fungsi dari jumlah pengamatan |
| Sn | = Besaran dari jumlah pengamatan |
| Yt | = Reduksi sebagai fungsi dari probabilitas |
| Q | = Debit banjir dengan periode ulang T tahun |
| r | = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi |
| R | = Curah hujan maksimum harian selama 24 jam |
| Tp | = Waktu mulai titik berat hujan sampai debit puncak |
| Tr | = Lama Curah hujan |
| Tb | = Waktu dasar hidrograf |
| T | = Lamanya hujan |
| Yt | = <i>Reduced variate</i> sebagai fungsi dari periode ulang T |
| Yn | = <i>Reduced mean</i> sebagai fungsi dari banyak data N |
| Sn | = <i>Reduced standart deviation</i> sebagai fungsi dari banyak data N |
| DK | = Derajat kebebasan |

- JK = jumlah kelas
- P = Faktor keterikatan (untuk pengujian *Chi-Square*)
- T_c = Waktu konsentrasi
- T_p = Waktu puncak
- Q_p = Debit puncak
- Q = Debit dengan periode hidrograf
- Y = Perbandingan debit periode hidrograf dengan debit puncak
- X = Perbandingan waktu periode hidrograf dengan waktu mencapai puncak banjir
- α = Parameter hidrograf
- C_t = koefisien penyesuaian waktu
- t_p = Waktu naik

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Drainase merupakan suatu sistem untuk menyalurkan air hujan. Sistem ini mempunyai peranan yang sangat penting dalam menciptakan lingkungan yang sehat, apalagi di daerah yang berpendudukan padat seperti di perkotaan. Drainase juga merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota atau perencanaan infrastruktur. 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.

Konsep drainase konvensional adalah upaya membuang atau mengalirkan air kelebihan secepatnya ke sungai terdekat. Dalam konsep ini seluruh air hujan yang jatuh di suatu wilayah, harus secepatnya dibuang ke sungai dan seterusnya ke laut. Hal ini pada akhirnya justru akan meningkatkan perubahan iklim global dengan dampak bersifat destruktif, yaitu: kerusakan ekosistem, perubahan iklim mikro dan makro serta tanah longsor di berbagai tempat yang disebabkan oleh fluktuasi kandungan air tanah pada musim kering dan musim basah yang sangat tinggi, meningkatkan banjir di hilir, kekeringan di hulu dan tengah, dan penurunan muka air tanah serta dampak ikutan lainnya.

Di Kota Medan sendiri, khususnya drainase di kawasan perumahan helvetia sering terjadi genangan air (banjir), dimana banjir dan genangan-genangan air terjadi bukan lagi karena faktor-faktor alam yang ekstrem, namun permasalahan yang kompleks seperti: daerah resapan air yang semakin berkurang akibat pertumbuhan penduduk yang tinggi, pembangunan rumah yang tidak memperhatikan lingkungan sekitar yang mengakibatkan drainase tersumbat, sistem drainase yang tidak terpadu sehingga membuat aliran menumpuk di daerah yang lebih rendah, sampah, sedimentasi dan sarana drainase yang tidak terawat bahkan rusak.

Oleh karena itu perlu diterapkannya Konsep drainase ramah lingkungan atau eko-drainase yang sekarang ini sedang menjadi konsep utama di dunia internasional dan merupakan implementasi pemahaman baru konsep eko-hidrolik dalam bidang drainase. drainase ramah lingkungan, yaitu drainase yang mengelola air kelebihan (air hujan) dengan cara ditampung untuk dipakai sebagai sumber air bersih, menjaga lengas tanah dan meningkatkan kualitas ekologi, diresapkan ke dalam tanah untuk meningkatkan cadangan air tanah.

“Pembuatan sumur resapan merupakan solusi yang tepat untuk pencegahan banjir di daerah yang resapan air sedikit, karena pemulihan lahan kritis memerlukan waktu yang relatif lama untuk daerah tangkapan air. Akan tetapi partisipasi masyarakat terhadap pembuatan sumur resapan dirumah sendiri belum antusias walaupun manfaat dari Sumur Resapan efektif untuk pencegahan banjir dan membantu ketersediaan air pada musim kemarau. Sehingga dengan kegiatan ini masyarakat dapat merasakan secara langsung manfaat dari Sumur Resapan dan menjadikan Sumur Resapan sebagai budaya keluarga Indonesia”. (Syampadzi Nurroh. Pengaruh Sumur Resapan terhadap sistem hidrologi dan aplikasinya terhadap pemukiman di jakarta barat. 2009).

Pada tugas akhir ini penelitian akan dipusatkan di kawasan Perumnas Helvetia, ini menjadi hal yang menarik bagi penulis untuk melakukan studi mengenai sumur resapan pada kawasan perumnas helvetia dalam upaya pelestarian sumber daya air tanah. Penempatan sumur resapan pada lahan yang memiliki kriteria yang sesuai standart dan dapat menyerap air limpasan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapakah besarnya debit banjir rencana di daerah Helvetia Timur?
2. Apakah saluran mampu menampung debit air ketika terjadi luapan?
3. Bagaimana desain dan jumlah sumur resapan yang dibutuhkan di wilayah sekitaran Helvetia sehingga dapat membantu kinerja drainase untuk mengatasi limpasan air yang ada?

1.3. Batasan Masalah

Ruang lingkup dalam pembahasan ini adalah:

1. Studi dilakukan pada wilayah yang ditinjau adalah Kecamatan Medan Helvetia, Khususnya daerah Perumnas Helvetia.
2. Menentukan curah hujan rencana dengan menggunakan data curah hujan didapat dari Stasiun BMKG untuk daerah Kecamatan Medan Helvetia.
3. Debit banjir rencana kala ulang 10 tahun dianalisa dengan 2 metode yaitu metode *Gumbel* dan *Log Pearson III*.
4. Menentukan kebutuhan sumur resapan.
5. Desain sumur resapan.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui besarnya debit banjir rencana.
2. Untuk mengetahui limpasan air yang tidak mampu ditampung saluran.
3. Untuk mengetahui desain dan jumlah yang dibutuhkan untuk mengatasi banjir.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan pertimbangan tentang penggunaan metode:

1. Sebagai bahan pengetahuan evaluasi jaringan drainase dengan sumur resapan di lingkup wilayah Kecamatan Medan Helvetia.
2. Memberikan nasihat masukan dalam penggunaan limpasan air berdasarkan *best management practice* (BMP) yaitu sumur resapan dan biopori kalau diperlukan.
3. Menjadi bahan pelatihan dan referensi untuk riset-riset selanjutnya terutama dalam bidang perencanaan drainase berwawasan lingkungan dengan metode sumur resapan.

1.6. Sistematika Pembahasan

Metode penulisan Tugas Akhir dengan judul "Pengaruh Drainase Berwawasan Lingkungan Dengan Metode Sumur Resapan Untuk Daerah Helvetia" ini disusun terdiri dari 5 bab, dan tiap-tiap bab terdiri dari beberapa pokok bahasan dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Merupakan pendahuluan pembahasan dalam penelitian ini. Pada bab ini menunjukkan pembahasan tentang latar belakang masalah sehingga dilakukan penelitian ini, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian serta dikemukakan tentang sistematika pembahasan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang teori yang berhubungan tentang penelitian agar dapat memberikan gambar model dan metode analisis yang akan digunakan dengan menganalisa masalah penelitian ini.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang metode yang akan digunakan dan rencana kerja dari penelitian ini serta mendeskripsikan lokasi penelitian yang akan dianalisis.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menganalisa perencanaan pengembangan dari segala aspek, baik dari segi curah hujan, debit banjir maksimum, dan perencanaan sumur resapan.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan kumpulan dari hasil analisa dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan juga disertai dengan rekomendasi yang ditunjukkan untuk penelitian selanjutnya atau penerapan hasil penelitian dilapangan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Drainase

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan Infrastruktur. Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2006) drainase merupakan prasarana yang berfungsi mengalirkan air permukaan ke badan air dan atau bangunan resapan buatan. Menurut Suripin (2004) drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah.

Jenis drainase ditinjau berdasarkan dari sistem pengalirannya, dapat dikelompokkan menjadi:

1. Drainase dengan sistem jaringan adalah suatu sistem pengeringan atau pengaliran air pada suatu kawasan yang dilakukan dengan mengalirkan air melalui sistem tata saluran dengan bangunan-bangunan pelengkapannya.
2. Drainase dengan sistem resapan adalah sistem pengeringan atau pengaliran air yang dilakukan dengan meresapkan air ke dalam tanah. Cara resapan ini dapat dilakukan langsung terhadap genangan air di permukaan tanah ke dalam tanah atau melalui sumuran/saluran resapan (Wesli, 2008).

2.1.1. Sistem Drainase

Serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan ke badan air atau tempat peresapan buatan. Bangunan sistem drainase dapat terdiri atas saluran penerima, saluran pembawa air berlebih saluran pengumpul dan badan air penerima.

bangunan sistem drainase terdiri dari saluran penerima (*interseptor drain*), saluran pengumpul (*colector drain*), saluran pembawa (*conveyor drain*), saluran induk (*main drain*) dan badan air penerima (*receiving waters*). Di sepanjang sistem sering dijumpai bangunan lainnya, seperti gorong-gorong, siphon, jembatan air (*aqueduct*), pelimpah, pintu-pintu air, bangunan terjun, kolam tando dan stasiun pompa. Pada sistem drainase yang lengkap, sebelum masuk ke badan air penerima air diolah dahulu pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL), khususnya untuk sistem tercampur. Hanya air yang telah memiliki baku mutu tertentu yang dimasukkan ke dalam badan air penerima biasanya sungai, sehingga tidak merusak lingkungan (Suripin, 2004).

Dengan semakin kompleksnya permasalahan drainase perkotaan maka didalam perencanaan dan pembangunannya tergantung pada kemampuan masing-masing perencana. Ada beberapa sarana penunjang bangunan drainase, yaitu:

1. Lubang air pada dinding saluran (*wheep hole*)

Lubang air pada dinding saluran yaitu lubang yang berfungsi untuk mengalirkan air resapan (penirisan) yang berasal dari tanah sekitar salurandrainase sehingga tanah tidak menjadi lumpur atau becek.

2. Lubang air pada trotoar (*street inlet*)

Lubang air pada trotoar yaitu lubang yang berfungsi untuk mengalirkan air dari jalan (aspal) sekitar saluran drainase sehingga jalan (aspal) tidak terjadi genangan air atau banjir.

3. Saringan sampah kasar (*bar screen*)

Saringan sampah kasar yaitu saringan sampah yang diletakkan sebelum terdapatnya kantung lumpur/pasir sehingga sampah yang mempunyai ukuran besar tidak dapat masuk kedalam kantung lumpur/pasir.

4. Saringan sampah halus (*fine screen*)

Saringan sampah halus yaitu saringan sampah yang mempunyai ukuran lebih kecil daripada ukuran saringan sampah kasar dan diletakkan sesudah terdapatnya kantung lumpur/pasir tepatnya pada pangkal gorong-gorong (*box culver*) sehingga sampah mempunyai ukuran kecil tidak dapat masuk kedalam gorong-gorong (*box culver*).

5. Penutup atas parit (*cover slab*)

Penutup atas parit yaitu beton struktur bertulang yang diletakkan diatas bangunan drainase. Umumnya penutup parit ini digunakan pada daerah perkotaan. Hal ini disebabkan karena keterbatasan lahan untuk pembuatan trotoar.

6. Lubang kontrol (*cover grill*)

Lubang kontrol yaitu lubang yang terbuat dari besi yang menggunakan pintu dan berengsel sehingga dapat dibuka dan ditutup untuk mengontrol keadaan drainase.

7. Kantong lumpur/pasir (*sand trap*)

Kantong lumpur yaitu suatu dasar drainase dimana konstruksinya lebih dalam dari pada dasar drainase lainnya. Hal ini bertujuan sebagai tangkapan pasir/lumpur pada drainase agar pasir/lumpur tidak masuk kedalam gorong-gorong (*box culver*).

Kriteria desain drainase perkotaan memiliki kekhususan, serta untuk perkotaan ada tambahan variabel desain seperti:

1. Keterkaitan dengan tata guna lahan.
2. Keterkaitan dengan masterplan drainase kota.
3. Keterkaitan dengan masalah sosial budaya.

Selain untuk pengeringan tanah atau menghambat terjadinya banjir, drainase dapat juga berfungsi untuk:

1. Pertanian

Tanah yang terlalu basah seperti rawa misalnya tidak dapat ditanami. Untuk dapat digunakan sebagai lahan pertanian, tanah rawa yang selalu basah perlu dikeringkan.

2. Bangunan

Untuk mendirikan bangunan (gedung, dan jalan lapangan terbang) diatas tanah yang basah perlu drainase agar tanah menjadi kering dan daya dukung tanah menjadi bertambah sehingga dapat mendukung beban bangunan diatasnya.

3. Kesehatan

Tanah yang digenangi air dapat menjadi tempat berkembang biaknya nyamuk, sehingga perlu dikeringkan dengan sistem jaringan drainase. Pada tanah kering telur dan larva nyamuk tidak hidup. Sedangkan dari ilmu kesehatan gas-gas yang terdapat dirawa seperti gas metan tidak baik untuk kesehatan, sehingga tanah sekitar permukiman perlu dikeringkan.

4. Lanskap

Untuk pemandangan yang baik, tanah basah/berair harus dikeringkan sehingga dapat ditanami rumput atau tanaman-tanaman hias lainnya.

2.1.2. Konsep Drainase Berwawasan Lingkungan

1. Drainase Pengatusan

Konsep drainase yang dulu dipakai di Indonesia (paradigma lama) adalah drainase pengatusan yaitu mengatuskan air kelebihan (utamanya air hujan) ke badan air terdekat. Air kelebihan secepatnya dialirkan ke saluran drainase, kemudian ke sungai dan akhirnya ke laut, sehingga tidak menimbulkan genangan atau banjir. Konsep pengatusan ini masih dipraktekkan masyarakat sampai sekarang. Pada setiap proyek drainase, dilakukan upaya untuk membuat alur-alur saluran pembuang dari titik genangan ke arah sungai dengan kemiringan yang cukup untuk membuang sesegera mungkin air genangan tersebut. Drainase pengatusan semacam ini adalah drainase yang lahir sebelum pola pikir komprehensif berkembang, dimana masalah genangan, banjir, kekeringan dan kerusakan lingkungan masih dipandang sebagai masalah lokal dan sektoral yang bisa diselesaikan secara lokal dan sektoral pula tanpa melihat kondisi sumber daya air dan lingkungan di hulu, tengah dan hilir secara komprehensif.

2. Drainase Ramah Lingkungan (Ekodrainase)

Dengan perkembangan berfikir komprehensif serta didorong oleh semangat antisipasi perubahan iklim yang dewasa ini terjadi, maka diperlukan perubahan konsep drainase menuju ke drainase ramah lingkungan atau ekodrainase (paradigma baru). Drainase ramah lingkungan didefinisikan sebagai upaya untuk mengelola air kelebihan (air hujan) dengan berbagai metode diantaranya dengan menampung melalui

bak tandon air untuk langsung bisa digunakan, menampung dalam tampungan buatan atau badan air alamiah, meresapkan dan mengalirkan ke sungai terdekat tanpa menambah beban pada sungai yang bersangkutan serta senantiasa memelihara sistem tersebut sehingga berdaya guna secara berkelanjutan.

Dengan konsep drainase ramah lingkungan tersebut, maka kelebihan air hujan tidak secepatnya dibuang ke sungai terdekat. Namun air hujan tersebut dapat disimpan di berbagai lokasi di wilayah yang bersangkutan dengan berbagai macam cara, sehingga dapat langsung dimanfaatkan atau dimanfaatkan pada musim berikutnya, dapat digunakan untuk mengisi/konservasi air tanah, dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas ekosistem dan lingkungan, dan dapat digunakan sebagai sarana untuk mengurangi genangan dan banjir yang ada. Dengan drainase ramah lingkungan, maka kemungkinan banjir/genangan di lokasi yang bersangkutan, banjir di hilir serta kekeringan di hulu dapat dikurangi. Hal ini karena sebagian besar kelebihan air hujan ditahan atau diresapkan baik bagian hulu, tengah maupun hilir. Demikian juga Longsor di bagian hulu akan berkurang karena fluktuasi lengas tanah tidak ekstrim dan perubahan iklim yang ada di daerah tengah dan hulu dan beberapa daerah hilir tidak terjadi dengan tersedianya air yang cukup, lengas tanah yang cukup maka flora dan fauna di daerah tersebut akan tumbuh lebih baik. Hal ini dapat mengurangi terjadinya perubahan iklim mikro maupun makro di wilayah yang bersangkutan.

3. Drainase Ramah Lingkungan dan Perubahan Iklim

Konsep drainase ramah lingkungan ini merupakan suatu konsep yang ke depan sangat diperlukan dan erat kaitannya dengan perubahan iklim. Perubahan iklim ditandai dengan kenaikan muka air laut, kenaikan temperatur udara, perubahan durasi dan intensitas hujan, perubahan arah angin dan perubahan kelembaban udara. Dampak perubahan iklim bisa diantisipasi dengan pembangunan drainase yang berwawasan lingkungan. Jadi dapat disimpulkan bahwa reformasi drainase yang diperlukan adalah membalikkan pola pikir masyarakat dan pengambil keputusan serta

akademisi, bahwa apa yang dilakukan masyarakat, pemerintah termasuk para akademisi yang mengembangkan drainase pengatusan, justru sebenarnya bersifat *destruktif*, yaitu: meningkatkan banjir di hilir, kekeringan di hulu dan tengah dan penurunan muka air tanah serta dampak ikutan lainnya. Hal ini pada akhirnya justru akan meningkatkan perubahan iklim global.

Oleh karena itu perlu dikampanyekan drainase ramah lingkungan, yaitu drainase yang mengelola air kelebihan (air hujan) dengan cara ditampung untuk dipakai sebagai sumber air bersih, menjaga lengas tanah dan meningkatkan kualitas ekologi, diresapkan ke dalam tanah untuk meningkatkan cadangan air tanah, dialirkan atau diataskan untuk menghindari genangan serta dipelihara agar berdaya guna secara berkelanjutan.

Konsep drainase konvensional (paradigma lama) adalah upaya membuang atau mengalirkan air kelebihan secepatnya ke sungai terdekat. Dalam konsep drainase konvensional, seluruh air hujan yang jatuh di suatu wilayah, harus secepatnya dibuang ke sungai dan seterusnya ke laut. Dampak dari konsep ini adalah kekeringan yang terjadi di mana-mana, banjir, dan juga longsor. Dampak selanjutnya adalah kerusakan ekosistem, perubahan iklim mikro dan makro serta tanah longsor di berbagai tempat yang disebabkan oleh fluktuasi kandungan air tanah pada musim kering dan musim basah yang sangat tinggi.

Konsep drainase baru (paradigma baru) yang biasa disebut drainase ramah lingkungan atau ekodrainase atau drainase berwawasan lingkungan yang sekarang ini sedang menjadi konsep utama di dunia internasional dan merupakan implementasi pemahaman baru konsep eko-hidrolik dalam bidang drainase.

Drainase ramah lingkungan didefinisikan sebagai upaya mengelola air kelebihan dengan cara meresapkan sebanyak-banyaknya air ke dalam tanah secara alamiah atau mengalirkan air ke sungai dengan tanpa melampaui kapasitas sungai sebelumnya.

Dalam drainase ramah lingkungan, justru air kelebihan pada musim hujan harus dikelola sedemikian rupa sehingga tidak mengalir secepatnya ke sungai. Namun diusahakan meresap ke dalam tanah, guna meningkatkan kandungan air tanah untuk cadangan pada musim kemarau. Konsep ini sifatnya mutlak di daerah beriklim tropis dengan perbedaan musim hujan dan kemarau yang ekstrim seperti di Indonesia.

Ada beberapa metode drainase ramah lingkungan yang dapat dipakai di Indonesia, diantaranya adalah metode kolam konservasi, metode sumur resapan, metode *river side polder* dan metode pengembangan areal perlindungan air tanah (*ground water protection area*).

Metode kolam konservasi dilakukan dengan membuat kolam-kolam air baik di perkotaan, permukiman, pertanian atau perkebunan. Kolam konservasi ini dibuat untuk menampung air hujan terlebih dahulu, diresapkan dan sisanya dapat dialirkan ke sungai secara perlahan-lahan. Kolam konservasi dapat dibuat dengan memanfaatkan daerah dengan topografi rendah, daerah bekas galian pasir atau galian material lainnya, atau secara ekstra dibuat dengan menggali suatu areal atau bagian tertentu.

Metode sumur resapan merupakan metode praktis dengan cara membuat sumur-sumur untuk mengalirkan air hujan yang jatuh pada atap perumahan atau kawasan tertentu. Sumur resapan ini juga dapat dikembangkan pada areal olahraga dan wisata. Konstruksi dan kedalaman sumur resapan disesuaikan dengan kondisi lapisan tanah setempat. Perlu dicatat bahwa sumur resapan ini hanya dikhususkan untuk air hujan, sehingga masyarakat harus mendapatkan pemahaman mendetail untuk tidak memasukkan air limbah rumah tangga ke sumur resapan tersebut.

Metode *river side polder* adalah metode menahan aliran air dengan mengelola/menahan air kelebihan (hujan) di sepanjang bantaran sungai. Pembuatan polder pinggir sungai ini dilakukan dengan memperlebar bantaran sungai di berbagai tempat secara selektif di sepanjang sungai. Lokasi polder perlu dicari, sejauh mungkin polder yang dikembangkan mendekati kondisi alamiah, dalam arti bukan polder dengan pintu-pintu hidraulik teknis dan tanggul-tanggul lingkaran hidraulik yang mahal. Pada

saat muka air naik (banjir), sebagian air akan mengalir ke polder dan akan keluar jika banjir reda, sehingga banjir di bagian hilir dapat dikurangi dan konservasi air terjaga.

Metode areal perlindungan air tanah dilakukan dengan cara menetapkan kawasan lindung untuk air tanah, dimana di kawasan tersebut tidak boleh dibangun bangunan apapun. Areal tersebut dikhususkan untuk meresapkan air hujan ke dalam tanah. Di berbagai kawasan perlu sesegara mungkin dicari tempat yang cocok secara geologi dan ekologi sebagai areal untuk *recharge* dan perlindungan air tanah sekaligus sebagai bagian penting dari komponen drainase kawasan.

2.2. Hidrologi Umum

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air bumi, terjadinya peredaran, sifat-sifat kimia dan fisiknya, dan reaksi dengan lingkungannya, termasuk hubungannya dengan makhluk-makhluk hidup (Seyhan, 1990). Karena perkembangan yang ada maka ilmu hidrologi telah berkembang menjadi ilmu yang mempelajari sirkulasi air. Jadi dapat dikatakan, hidrologi adalah ilmu untuk mempelajari: presipitasi (*precipitation*), evaporasi dan transpirasi (*evaporation*), aliran permukaan (*surface stream flow*), dan air tanah (*ground water*).

Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari seluk beluk, kejadian, dan distribusinya, sifat alami dan sifat kimianya, serta reaksinya terhadap kebutuhan manusia (Sri, 1993).

2.3. Siklus Hidrologi

Menurut Hisbulloh (1995), siklus hidrologi dimulai dengan penguapan air dari laut. Uap yang dihasilkan dibawa oleh udara yang bergerak. Dalam kondisi yang memungkinkan, uap air tersebut terkondensasi membentuk awan, dan pada akhirnya dapat menghasilkan presipitasi. Presipitasi yang jatuh ke bumi menyebar dengan arah yang berbeda-beda dalam beberapa cara. Sebagian besar dari presipitasi tersebut untuk sementara tertahan pada tanah di dekat tempat ia jatuh, dan akhirnya dikembalikan lagi ke atmosfer oleh penguapan (*evaporasi*) dan pemeluhan (*transpirasi*) oleh tanaman.

Sebagian air mencari jalannya sendiri melalui permukaan dan bagian atas tanah menuju sungai, sementara lainnya menembus masuk lebih jauh ke dalam tanah menjadi bagian dari air-tanah (*groundwater*). Dibawah pengaruh gaya gravitasi, baik aliran air-permukaan (*surface streamflow*) maupun air dalam tanah bergerak menuju tempat yang lebih rendah yang akhirnya dapat mengalir ke laut. Namun, sebagian besar air permukaan dan air bawah tanah dikembalikan ke atmosfer oleh penguapan dan pemeluhan (*transpirasi*) sebelum sampai ke laut (JR dan Paulhus, 1986).

Siklus hidrologi (*hydrological cycle*) merupakan proses pengeluaran air dan perubahannya menjadi uap air yang mengembun kembali menjadi air yang berlangsung terus menerus tiada henti-hentinya. Sebagai akibat terjadinya sinar matahari maka timbul panas. Dengan adanya panas ini maka air akan menguap menjadi uap air dari semua tanah, sungai, danau, telaga, waduk, laut, kolam, sawah dan lain-lain dan prosesnya disebut penguapan (*evaporation*). Penguapan juga terjadi pada semua tanaman yang disebut transpirasi (*transpiration*) (Soedibyo, 2003). Sirkulasi air dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi yang berlangsung secara terus menerus. Siklus hidrologi memegang peran penting bagi kelangsungan hidup organisme bumi. Melalui siklus ini, ketersediaan air di daratan bumi dapat terjaga, mengingat teraturnya suhu lingkungan, cuaca, hujan, dan keseimbangan ekosistem bumi dapat tercipta karena proses siklus hidrologi ini.

2.4. Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi tidak hanya diperlukan dalam perencanaan berbagai macam bangunan air seperti bendungan, bangunan pengendali banjir dan irigasi. Tetapi juga bangunan jalan raya, lapangan terbang dan bangunan lainnya. Analisa hidrologi diperlukan untuk perencanaan drainase, culvert, maupun jembatan yang melintasi sungai atau saluran. Drainase yang direncanakan dalam hal ini untuk dapat menampung air hujan atau air limbah daerah sekitar dan mengalirkannya ke sungai atau ke tempat-tempat pembuangan lainnya. Saluran drainase ini ukurannya direncanakan sedemikian rupa sehingga cukup untuk mengalirkan sejumlah volume air tertentu dalam suatu waktu yang lama atau yang disebut dengan debit (Q).

Pada perencanaan saluran drainase terdapat masalah yaitu berapakah besar debit air yang harus disalurkan melalui saluran tersebut. Karena debit air ini tergantung kepada curah hujan dan itu tidak tetap (berubah-ubah) maka debit air yang akan ditampung saluran juga pasti akan berubah-ubah. Dalam hal perencanaan saluran drainase kita harus menetapkan suatu besarnya debit rencana (debit banjir rencana) jika memilih atau membuat perhitungan debit rencana terlalu kecil, maka nantinya dapat berakibat air didalam saluran akan meluap dan sebaliknya juga debit yang diambilnya terlalu besar dapat berakibat saluran yang kita rencanakan tidak ekonomis. Kita harus dapat memperhitungkan besarnya debit didalam saluran drainase agar dapat memilih suatu debit rencana. Didalam memilih debit rencana maka diambil debit banjir maximum pada daerah perencanaan.

2.5. Hujan

Menurut Seomarto (1995), terjadinya hujan diawali oleh suatu peristiwa penguapan air dari seluruh permukaan bumi, baik dari muka tanah, permukaan pohon-pohonan dan permukaan air. Penguapan yang terjadi dari permukaan air dikenal dengan penguapan (*free water evaporation*) sedangkan penguapan yang terjadi dari permukaan pohon-pohonan dikenal dengan transpirasi (*transpiration*). Sebagai akibat terjadinya penguapan maka akan dapat terbentuk awan. Oleh sebab itu adanya perbedaan temperatur. Awan tersebut akan bergerak oleh tiupan angin kedaerah-daerah tersebut. Hujan baru akan terjadi apabila berat butir-butir hujan air tersebut telah lebih besar dari gaya tekan udara keatas. Dalam keadaan klimatologis tertentu, maka air hujan yang masih melayang tersebut dapat berubah kembali menjadi awan.

Air hujan yang sampai ke permukaan tanah yang disebut hujan dan dapat diukur. Hujan yang terjadi tersebut sebagian akan tertahan oleh tumbuh-tumbuhan dan akan diupkan kembali. Air yang akan jatuh dipermukaan tanah terpisah menjadi dua bagian, yaitu bagian yang mengalir dipermukaan yang selanjutnya menjadi aliran limpasan (*overland flow*) yang selanjutnya dapat menjadi limpasan (*run-off*) yang selanjutnya merupakan aliran menuju sungai dan kemudian menuju ke laut. Aliran limpasan sebelum mencapai saluran dan sungai, sebagian akan mengisi lekukan-lekukan permukaan bumi. Bagian lainnya masuk kedalam tanah

melalui proses infiltrasi dan dapat menjadi aliran mendatar yang disebut aliran antara (*subsurface flow*). Bagian air ini mencapai sungai atau laut. Air yang meresap lebih dalam lagi, sebagian akan mengalir melalui pori-pori tanah sebagian air perkolasi (*percolation*). Sebagian besar lagi yang menyerap lebih jauh lagi kedalam tanah mencapai muka air tanah dan inilah yang menyebabkan muka air tanah naik.

2.5.1. Tipe-Tipe Hujan

Berdasarkan sumber dari Departemen Pekerjaan Umum (1989), hujan yang sering dibedakan menurut faktor penyebab pengangkatan udara yang menyebabkan terjadinya hujan, antara lain.

1. Hujan Konfektif

Hujan ini disebabkan oleh pergerakan naiknya udara yang lebih panas dari keadaan sekitarnya. Umumnya jenis hujan ini terjadi pada daerah tropis dimana pada saat cuaca panas, permukaan bumi memperoleh panas yang tidak seimbang sehingga menyebabkan udara naik keatas dan kekosongan yang diakibatkan diisi oleh udara diatasnya yang lebih dingin.

2. Hujan Siklon

Hujan ini bila gerakan udara keatas terjadi akibat adanya udara panas yang Bergeraknya diatas lapisan udara yang lebih padat dan dingin.

3. Hujan Orografik

Hujan ini terjadi bila udara dipaksa naik diatas sebuah hambatan berupa gunung. Oleh sebab itu maka lereng gunung yang berada pada arah angin biasa menjadi daerah yang berhujan lebat.

2.6. Analisa Frekuensi Hujan

Distribusi frekuensi digunakan untuk memperoses probabilitas besaran curah hujan rencana dalam berbagai periode ulang. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui. Sebaliknya kala-ulang (*return period*) adalah waktu hipotetik dimana hujan dengan suatu besaran tertentu disamai atau dilampaui. Dalam hal ini tidak terkandung pengertian bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut. Dasar perhitungan distribusi frekuensi adalah parameter yang berkaitan

dengan analisis data yang meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi dan koefisien skewness (kecondongan atau kemencengan).

2.6.1. Distribusi Gumbel

Perhitungan curah hujan rencana menurut Metode Gumbel, mempunyai perumusan sebagai berikut dengan Pers. 2.1.

$$X = \bar{x} + SK \quad (2.1)$$

Dimana:

\bar{x} = harga rata-rata sampel.

S = standar deviasi (simpangan baku) sampel.

Faktor probabilitas K untuk harga-harga ekstrim Gumbel dapat dinyatakan dalam Pers. 2.2.

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} \quad (2.2)$$

Dimana:

Y_n = reduced mean yang tergantung jumlah sampel/data n.

S_n = reduced standard deviation yang juga tergantung pada jumlah sampel n

Y_{Tr} = reduced variate yang dapat dihitung dengan Pers. 2.3.

$$Y = -\ln \left\{ -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right\} \quad (2.3)$$

Tabel 2.1: Standar deviasi (Y_n) untuk Distribusi Gumbel (Syifa, 2015).

| No | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 10 | 0,495 | 0,500 | 0,504 | 0,507 | 0,510 | 0,513 | 0,516 | 0,518 | 0,520 | 0,522 |
| 20 | 0,524 | 0,525 | 0,527 | 0,528 | 0,530 | 0,531 | 0,532 | 0,533 | 0,534 | 0,535 |
| 30 | 0,536 | 0,537 | 0,538 | 0,539 | 0,540 | 0,540 | 0,541 | 0,542 | 0,542 | 0,535 |
| 40 | 0,544 | 0,544 | 0,545 | 0,545 | 0,546 | 0,546 | 0,547 | 0,473 | 0,548 | 0,548 |
| 50 | 0,549 | 0,549 | 0,549 | 0,550 | 0,550 | 0,550 | 0,551 | 0,551 | 0,552 | 0,552 |
| 60 | 0,552 | 0,552 | 0,553 | 0,553 | 0,553 | 0,554 | 0,554 | 0,554 | 0,554 | 0,555 |
| 70 | 0,555 | 0,555 | 0,555 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | 0,556 | 0,557 | 0,557 |
| 80 | 0,557 | 0,557 | 0,557 | 0,557 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,558 | 0,559 |
| 90 | 0,559 | 0,559 | 0,559 | 0,559 | 0,559 | 0,559 | 0,560 | 0,560 | 0,560 | 0,560 |
| 100 | 0,560 | 0,560 | 0,560 | 0,560 | 0,561 | 0,561 | 0,561 | 0,561 | 0,551 | 0,561 |

Tabel 2.2: Reduksi standar deviasi (S_n) untuk Distribusi Gumbel (Syifa, 2015)

| NO | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|
| 10 | 0,94 | 0,96 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,020 | 1,03 | 1,04 | 1,049 | 1,056 |
| 20 | 1,06 | 1,06 | 1,07 | 1,08 | 1,08 | 1,091 | 1,09 | 1,10 | 1,104 | 1,108 |
| 30 | 1,11 | 1,11 | 1,11 | 1,12 | 1,12 | 1,128 | 1,13 | 1,13 | 1,136 | 1,138 |
| 40 | 1,14 | 1,14 | 1,14 | 1,14 | 1,14 | 1,151 | 1,15 | 1,15 | 1,157 | 1,159 |
| 50 | 1,10 | 1,16 | 1,16 | 1,16 | 1,16 | 1,168 | 1,16 | 1,17 | 1,172 | 1,173 |
| 60 | 1,17 | 1,17 | 1,17 | 1,17 | 1,17 | 1,180 | 1,18 | 1,18 | 1,183 | 1,184 |
| 70 | 1,18 | 1,18 | 1,18 | 1,18 | 1,18 | 1,189 | 1,19 | 1,19 | 1,192 | 1,193 |
| 80 | 1,90 | 1,19 | 1,19 | 1,19 | 1,19 | 1,197 | 1,19 | 1,19 | 1,199 | 1,200 |
| 90 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,203 | 1,20 | 1,20 | 1,205 | 1,206 |
| 100 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,208 | 1,20 | 1,20 | 1,209 | 1,209 |

Tabel 2.3: Reduced variate, Y_{Tr} sebagai fungsi periode ulang (Suripin, 2004).

| Periode ulang T_r (tahun) | Reduced variate, Y_{Tr} | Periode ulang, T_r (tahun) | Reduced variate, Y_{Tr} |
|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 2 | 0,3668 | 100 | 4,6012 |
| 5 | 1,5004 | 200 | 5,2969 |
| 10 | 2,2510 | 250 | 5,5206 |
| 20 | 2,9790 | 500 | 6,2149 |
| 25 | 3,1993 | 1000 | 6,9087 |
| 50 | 3,9028 | 5000 | 8,5188 |
| 75 | 4,3117 | 10000 | 9,2121 |

2.6.2. Distribusi Log Pearson Tipe III

Pada situasi tertentu, walaupun data yang diperkirakan mengikuti distribusi sudah dikonversi kedalam bentuk logaritmis, ternyata kedekatan antara data dan teori tidak cukup kuat untuk menjustifikasi pemakaian distribusi Log Normal.

Pearson telah mengembangkan serangkaian fungsi probabilitas yang dapat dipakai untuk hampir semua distribusi probabilitas empiris. Tidak seperti konsep yang melatar belakangi distribusi Log Normal untuk banjir puncak, maka distribusi probabilitas ini hampir tidak berbasis teori. Distribusi ini masih tetap dipakai karena fleksibilitasnya. Salah satu distribusi dari serangkaian distribusi yang dikembangkan pearson yang menjadi perhatian ahli sumberdaya air adalah Log Pearson. Tiga parameter penting dalam Log Pearson Tipe III yaitu:

- i = harga rata-rata.
- ii = simpangan baku
- iii = koefisien kemencengan.

Berikut ini langkah-langkah penggunaan distribusi Log Pearson Tipe III.

- i. Ubah data dalam bentuk logaritma, $X = \text{Log } X$
- ii. Hitung harga rata-rata:

$$\log X = \frac{\sum_{i=1}^n \log x_i}{n} \quad (2.4)$$

- iii. Hitung harga simpangan baku:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^2}{n} \quad (2.5)$$

- iv. Hitung koefisien kemencengan:

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (2.6)$$

- v. Hitung logaritma hujan atau banjir dengan periode kala ulang T dengan Pers 2.7.

$$\log X_T = \text{Log } \bar{X} + K \cdot s \quad (2.7)$$

Dimana:

K = Variabel standar (standardized variable).

\bar{X} = Harga rata-rata.

S = Simpangan baku.

G = Koefisien kemencengan.

$\text{Log } \bar{X}$ = Nilai rata-rata hitung variat.

X_T = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T

K adalah variabel standar (standardized variable) untuk X yang besarnya tergantung koefisien kemencengan G (Tabel 2.4).

Tabel 2.4: Nilai K untuk distribusi Log Pearson Tipe III (Suripin, 2004)

| Interval kejadian (Recurrence interval), tahun (periode ulang) | | | | | | | | |
|--|--|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Koef G | 1,0101 | 1,2500 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| | Persentase peluang terlampaui (percent change of being exceeded) | | | | | | | |
| | 99 | 80 | 50 | 20 | 10 | 4 | 2 | 1 |
| 3,0 | -0,667 | -0,636 | -0,396 | 0,420 | 1,180 | 2,278 | 3,152 | 4,051 |
| 2,8 | -0,714 | -0,666 | -0,384 | 0,460 | 1,210 | 2,275 | 3,114 | 3,973 |
| 2,6 | -0,769 | -0,696 | -0,368 | 0,499 | 1,238 | 2,267 | 3,071 | 2,889 |
| 2,4 | -0,832 | -0,725 | -0,351 | 0,537 | 1,262 | 2,256 | 3,023 | 3,800 |

Tabel 2.4: *Lanjutan*

| Interval kejadian (Recurrence interval), tahun (periode ulang) | | | | | | | | |
|--|--|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Koef G | 1,0101 | 1,2500 | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 |
| | Persentase peluang terlampaui (percent change of being exceeded) | | | | | | | |
| | 99 | 80 | 50 | 20 | 10 | 4 | 2 | 1 |
| 2,2 | -0,905 | -0,752 | -0,330 | 0,574 | 1,284 | 2,240 | 2,970 | 3,705 |
| 2,0 | -0,990 | -0,777 | -0,307 | 0,609 | 1,302 | 2,219 | 2,192 | 3,605 |
| 1,8 | -1,087 | -0,799 | -0,282 | 0,643 | 1,318 | 2,193 | 2,848 | 3,399 |
| 1,6 | -1,197 | -0,817 | -0,254 | 0,675 | 1,329 | 2,163 | 2,780 | 3,388 |
| 1,4 | -1,318 | -0,832 | -0,225 | 0,705 | 1,337 | 2,128 | 2,706 | 3,271 |
| 1,2 | -1,449 | -0,844 | -0,195 | 0,732 | 1,340 | 2,087 | 2,626 | 3,149 |
| 1,0 | -1,588 | -0,852 | -0,164 | 0,758 | 1,340 | 2,043 | 2,542 | 3,022 |
| 0,8 | -1,733 | -0,856 | -0,132 | 0,780 | 1,336 | 2,998 | 2,453 | 2,891 |
| 0,7 | -1,880 | -0,857 | -0,116 | 0,790 | 1,333 | 2,967 | 2,407 | 2,824 |
| 0,4 | -2,029 | -0,855 | -0,066 | 0,816 | 1,317 | 1,880 | 2,261 | 2,615 |
| 0,2 | -2,178 | -0,850 | -0,033 | 0,830 | 1,301 | 1,818 | 2,159 | 2,472 |
| 0,0 | -2,326 | -0,842 | 0,000 | 0,842 | 1,282 | 1,751 | 2,051 | 2,326 |
| -0,2 | -2,472 | -0,830 | 0,033 | 0,850 | 1,258 | 1,680 | 1,945 | 2,178 |
| -0,4 | -2,615 | -0,816 | 0,066 | 0,855 | 1,231 | 1,606 | 1,834 | 2,029 |
| -0,6 | -2,755 | -0,800 | 0,099 | 0,857 | 1,200 | 1,528 | 1,720 | 1,880 |
| -0,8 | -2,891 | -0,780 | 0,122 | 0,856 | 1,166 | 1,448 | 1,606 | 1,733 |
| -1,0 | -3,022 | -0,758 | 0,164 | 0,852 | 1,128 | 1,366 | 1,492 | 1,588 |
| -1,2 | -2,149 | -0,732 | 0,195 | 0,844 | 1,086 | 1,282 | 1,379 | 1,449 |
| -1,4 | -2,271 | -0,705 | 0,225 | 0,832 | 1,041 | 1,198 | 1,270 | 1,318 |
| -1,6 | -2,388 | -0,675 | 0,254 | 0,817 | 0,994 | 1,116 | 1,166 | 1,197 |
| -1,8 | -3,499 | -0,643 | 0,282 | 0,799 | 0,945 | 1,035 | 1,069 | 1,087 |
| -2,0 | -3,605 | -0,609 | 0,307 | 0,777 | 0,895 | 0,959 | 0,980 | 0,990 |
| -2,2 | -3,705 | -0,574 | 0,330 | 0,752 | 0,844 | 0,888 | 0,900 | 0,905 |
| -2,4 | -3,800 | -0,537 | 0,351 | 0,725 | 0,795 | 0,823 | 0,830 | 0,832 |
| -2,6 | -3,889 | -0,490 | 0,368 | 0,696 | 0,747 | 0,764 | 0,768 | 0,769 |
| -2,8 | -3,973 | -0,469 | 0,384 | 0,666 | 0,702 | 0,712 | 0,714 | 0,714 |
| -3,0 | -7,051 | -0,420 | 0,396 | 0,636 | 0,660 | 0,666 | 0,666 | 0,669 |

2.7. Uji Kecocokan Distribusi

Pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Uji kecocokan distribusi ini dimaksudkan untuk mengetahui kebenaran analisis curah hujan terhadap simpangan data vertikal maupun simpangan data horizontal. Untuk mengetahui pengujian distribusi terlebih dahulu harus dilakukan plotting data. Jika pengujian telah memenuhi syarat tersebut perlu diuji kecocokan distribusi dengan beberapa

metode. Maka diketahui apakah pemilihan metode distribusi frekuensi yang digunakan dalam perhitungan curah hujan dapat diterima atau ditolak. Pengujian parameter yang dipakai adalah uji Chi-Square dan uji Smirnov-Kolmogorov.

2.7.1. Uji Chi-Square

Uji Chi-Square adalah salah satu uji statistik paramatik yang cukup sering digunakan dalam penelitian. Uji Chi-Square ini biasa diterapkan untuk pengujian kenormalan data, pengujian data yang berlevel nominal atau untuk menguji perbedaan dua atau lebih proposi sampel. Uji Chi-Square diterapkan pada kasus dimana akan uji diamati (data observasi) berbeda secara nyata atautkah tidak dengan frekuensi yang diterapkan. Uji Chi-Square dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , oleh karena itu disebut dengan Uji chi-square.

Uji Chi-Square digunakan untuk menguji distribusi pengamatan, apakah sampel memenuhi syarat distribusi yang di uji atau tidak. Adapun prosedur perhitungan Uji Chi-Square adalah sebagai berikut:

1. Menghitung jumlah kelas dengan Pers. 2.8

$$K = 1 + 3,322 \log n \quad (2.8)$$

Dimana:

K = Jumlah kelas

n = Banyaknya data

2. Membuat kelompok- kelompok kelas sesuai dengan jumlah kelas.
3. Menghitung frekuensi pengamatan $O_j = n/\text{jumlah kelas}$.
4. Mencari besarnya curah hujan yang masuk dalam batas kelas (E_j).
5. Menghitung dengan menggunakan Pers. 2.9.

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j} \quad (2.9)$$

X^2 = Parameter chi-kuadrat terhitung

k = Jumlah kelas

O_j = Frekuensi pengamatan kelas

E_j = Frekuensi teoritis kelas

6. Menentukan X^2 cr dari tabel dengan menentukan taraf signifikan (α) dan derajat kebebasan (Dk) dengan menggunakan Pers. 2.10.

$$Dk = K - (p + 1) \quad (2.10)$$

Dimana:

Dk = Derajat kebebasan

K = Jumlah kelas

p = Banyaknya parameter untuk Uji Chi-Square adalah 2

Menyimpulkan hasil dari tabel perhitungan X^2 hitung < X^2 cr maka distribusi dan apabila nilai hitung > cr maka distribusi tidak terpenuhi. Untuk melihat nilai distribusi yang tertera pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Nilai kritis untuk distribusi Chi-Square (Montarcih, 2009).

| d^k | α derajat kepercayaan | | | | | | | |
|-------|------------------------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|-------------|
| | $t_{0,995}$ | $t_{0,99}$ | $t_{0,975}$ | $t_{0,95}$ | $t_{0,05}$ | $t_{0,025}$ | $t_{0,01}$ | $t_{0,005}$ |
| 1 | 0,39 | 0,16 | 0,098 | 0,393 | 3,841 | 5,024 | 6,635 | 7,879 |
| 2 | 0,100 | 0,201 | 0,506 | 0,103 | 5,991 | 6,783 | 9,210 | 10,597 |
| 3 | 0,717 | 0,115 | 0,216 | 0,352 | 7,815 | 9,348 | 11,345 | 12,838 |
| 4 | 0,207 | 0,297 | 0,484 | 0,711 | 9,488 | 11,143 | 13,277 | 14,860 |
| 5 | 0,412 | 0,554 | 0,831 | 1,145 | 11,070 | 12,832 | 15,086 | 16,750 |
| 6 | 0,676 | 0,872 | 1,237 | 1,635 | 12,592 | 14,449 | 16,812 | 18,548 |
| 7 | 0,989 | 1,239 | 1,690 | 2,167 | 14,067 | 16,013 | 18,475 | 20,278 |
| 8 | 1,344 | 1,646 | 2,180 | 2,733 | 15,507 | 17,535 | 20,090 | 24,995 |
| 9 | 1,735 | 2,088 | 2,700 | 3,325 | 16,919 | 19,023 | 21,666 | 23,598 |
| 10 | 2,156 | 2,558 | 3,247 | 3,940 | 18,307 | 20,483 | 23,209 | 25,188 |
| 11 | 2,603 | 3,053 | 3,816 | 4,575 | 19,675 | 21,920 | 24,725 | 26,757 |
| 12 | 3,074 | 3,571 | 4,404 | 5,226 | 21,026 | 23,337 | 26,217 | 28,300 |
| 13 | 3,565 | 4,107 | 5,009 | 5,892 | 22,362 | 24,736 | 27,688 | 29,819 |
| 14 | 4,075 | 4,660 | 5,629 | 6,571 | 23,685 | 26,119 | 29,141 | 31,319 |
| 15 | 4,601 | 5,229 | 6,262 | 7,261 | 24,996 | 27,488 | 30,578 | 32,801 |
| 16 | 5,142 | 5,812 | 6,908 | 7,962 | 26,296 | 28,845 | 32,000 | 34,267 |
| 17 | 5,697 | 6,408 | 7,564 | 8,672 | 27,587 | 30,191 | 33,409 | 35,718 |
| 18 | 6,265 | 7,015 | 8,231 | 9,390 | 28,869 | 31,526 | 34,805 | 37,156 |
| 19 | 6,884 | 7,633 | 8,907 | 10,117 | 30,144 | 32,852 | 36,191 | 38,522 |
| 20 | 7,434 | 8,260 | 9,591 | 10,851 | 31,410 | 34,170 | 37,566 | 39,997 |
| 21 | 8,034 | 8,897 | 10,283 | 11,591 | 32,671 | 35,497 | 38,982 | 41,401 |
| 22 | 8,643 | 9,542 | 10,982 | 12,338 | 33,924 | 36,781 | 40,298 | 42,796 |

2.7.2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering disebut juga uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Hal itu dikarenakan nilai uji yang terdapat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6: Nilai kritis D_0 untuk uji Smirnov-Kolmogorov (Suripin, 2004).

| Jumlah data N | Derajat kepercayaan | | | |
|------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | 0,20 | 0,10 | 0,05 | 0,01 |
| 5 | 0,45 | 0,51 | 0,56 | 0,67 |
| 10 | 0,32 | 0,37 | 0,41 | 0,49 |
| 15 | 0,27 | 0,30 | 0,34 | 0,40 |
| 20 | 0,23 | 0,26 | 0,29 | 0,36 |
| 25 | 0,21 | 0,24 | 0,27 | 0,32 |
| 30 | 0,19 | 0,22 | 0,24 | 0,29 |
| 35 | 0,18 | 0,20 | 0,23 | 0,27 |
| 40 | 0,17 | 0,19 | 0,21 | 0,25 |
| 45 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,24 |
| 50 | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 0,23 |
| N > 50 | $\frac{1,07}{N^{0,5}}$ | $\frac{1,22}{N^{0,5}}$ | $\frac{1,36}{N^{0,5}}$ | $\frac{1,63}{N^{0,5}}$ |

Prosedur dasarnya mencakup perbandingan antara probabilitas kumulatif lapangan dan distribusi kumulatif fungsi yang ditinjau. Sampel yang berukuran n, diatur dengan urutan yang meningkat. Dari data yang diatur akan membentuk suatu fungsi frekuensi kumulatif tangga. Prosedur pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Urutan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut:
 $X_1 = P(X_1)$, $X_2 = P(X_2)$, $X_3 = P(X_3)$, dan seterusnya.
2. Urutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).
 $X_1 = P'(X_1)$, $X_2 = P'(X_2)$, $X_3 = P'(X_3)$, dan seterusnya.
3. Dari kedua nilai peluang tersebut, tentukan selisih terbesarnya antar peluang pengamatan dengan peluang teoritis.
4. Berdasarkan tabel nilai kritis (smirnov-kolmogorov test) tentukan nilai kritis (D_0).

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

2.8. Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (*run off coefficient*) adalah perbandingan antara jumlah air hujan yang mengalir atau melimpas di atas permukaan tanah (*surface run-off*) dengan jumlah air hujan yang jatuh dari atmosfer (hujan total yang terjadi). Besaran ini dipengaruhi oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis dan kondisi tanah. Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan dikemudian hari. Koefisien pengaliran mempunyai nilai antara dan sebaliknya nilai pengaliran untuk analisis dipergunakan nilai terbesar atau nilai maksimum. Koefisien pengaliran secara umum diperlihatkan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7: Koefisien pengaliran secara umum (Suripin, 2004).

| Deskripsi lahan / karakter permukaan | Koefisien Aliran (c) |
|--------------------------------------|----------------------|
| Business | |
| Perkotaan | 0,70 – 0,95 |
| Pinggiran | 0,50 – 0,70 |
| Perumahan | |
| rumah tunggal | 0,30 – 0,50 |
| Multi unit, terpisah | 0,40 – 0,60 |
| multi unit, tergabung | 0,60 – 0,75 |
| Perkampungan | 0,25 – 0,40 |
| Apartemen | 0,50 – 0,70 |
| Industri | |
| Ringan | 0,50 – 0,80 |
| Berat | 0,60 – 0,90 |
| Perkerasan | |
| aspal dan beton | 0,70 – 0,65 |
| batu bata, paving | 0,50 – 0,70 |

2.9. Debit Rencana

Debit rencana adalah debit maksimum yang akan dialirkan oleh saluran drainase untuk mencegah terjadinya genangan. Untuk drainase perkotaan dan jalan raya sebagai debit rencana debit banjir maksimum periode ulang 5 tahun yang mempunyai makna kemungkinan banjir maksimum tersebut disamai atau

dilampaui 1 kali dalam 5 tahun atau 2 kali dalam 10 tahun atau 25 kali dalam 100 tahun.

Penetapan debit banjir maksimum periode 100 tahun ini berdasarkan pertimbangan:

- a. Resiko akibat genangan yang ditimbulkan oleh hujan relatif kecil dibandingkan dengan banjir yang ditimbulkan meluapnya sebuah sungai.
- b. Luas lahan dipertanian relatif terbatas apabila ingin direncanakan saluran yang melayani debit banjir maksimum periode ulang lebih besar dari 100 tahun.
- c. Daerah perkotaan mengalami perubahan dalam periode tertentu sehingga mengakibatkan perubahan pada saluran drainase.

Perencanaan debit rencana untuk drainase perkotaan dan jalan raya dihadapi dengan persoalan tidak tersedianya data aliran. Umumnya untuk menentukan debit aliran akibat air hujan diperoleh dari hubungan rasional antara air hujan dengan limpasannya (metode rasional). Untuk debit air limbah rumah tangga diestimasikan 25 liter perorang perhari.

Dalam perencanaan saluran drainase dapat dipakai standar yang telah ditetapkan, baik debit rencana (periode ulang) dan cara analisis yang dipakai, tinggi jagaan, struktur saluran, dan lain-lain. Pada tabel 2.8 menyajikan kriteria desain saluran drainase berdasar “Pedoman Drainase Perkotaan dan Standar Desain Teknis”.

Tabel 2.8: Kriteria desain hidrologi sistem drainase perkotaan (Suripin, 2004).

| Luas DAS (ha) | Periode ulang (tahun) | Metode perhitungan debit banjir |
|---------------|-----------------------|---------------------------------|
| < 10 | 2 | Rasional |
| 10 – 100 | 2 – 5 | Rasional |
| 101 – 500 | 5 – 20 | Rasional |
| > 500 | 10 – 25 | Hidrograf satuan |

2.9.1. Metode Rasional

Untuk menghitung debit rencana pada studi ini dipakai perhitungan dengan metode rasional. Metode rasional adalah salah satu metode untuk menentukan debit aliran permukaan yang diakibatkan oleh curah hujan yang umumnya merupakan suatu dasar untuk merancang debit saluran drainase.

Adapun asumsi dari metode rasional adalah pengaliran maksimum terjadi kalau lama waktu curah hujan sama dengan lama waktu konsentrasi daerah alirannya. Secara matematis dapat ditulis dalam Pers. 2.11.

$$Q = 0,00278 C \cdot I \cdot A \quad (2.11)$$

Dimana:

- Q = debit (m³/det).
- C = koefisien aliran permukaan.
- I = intensitas curah hujan (mm/jam).
- A = luas daerah aliran (Ha).

Rumus diatas berlaku untuk daerah yang luas pengalirannya tidak lebih dari 80 Ha, sedangkan untuk daerah yang luas pengalirannya lebih besar dari 80 Ha maka rumus rasional diatas harus dirubah menjadi Pers. 2.12.

$$Q = 0,00278 C \cdot C_s \cdot I \cdot A \quad (2.12)$$

Dimana:

- Q = debit (m³/det).
- C = koefisien aliran permukaan.
- I = intensitas curah hujan (mm/jam).
- A = luas daerah aliran (Ha).
- C_s = koefisien tampungan

$$C_s = \frac{2T_c}{2T_c + T_d} \quad (2.13)$$

Dimana:

- C_s = koefisien tampung.
- T_c = waktu konsentrasi (jam)
- T_d = waktu aliran air mengalir di dalam saluran dari hulu hingga ke tempat pengukuran (jam).

2.10. Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya intensitas hujan berbeda-beda,

tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Intensitas hujan (I) ialah laju rata-rata dari hujan yang lamanya sama dengan waktu konsentrasi T_c dengan masa ulang tertentu sesuai kebutuhan.

Intensitas hujan adalah termasuk dari karakteristik hujan yang juga terdapat durasi hujan yaitu lama kejadian (menitan, jam-jaman, harian) diperoleh dari hasil pencatatan alat pengukur hujan otomatis. Dalam perencanaan drainase durasi hujan ini sering dikaitkan dengan waktu konsentrasi, khususnya pada drainase perkotaan diperlukan durasi yang relatif pendek mengingat akan toleransi terhadap lamanya genangan. Selanjutnya lengkung intensitas hujan adalah grafik yang menyatakan hubungan antara intensitas hujan dengan durasi hujan, hubungan tersebut dinyatakan dalam bentuk lengkungan intensitas hujan kala ulang hujan tertentu.

Intensitas hujan termasuk hal yang terpenting dalam melaksanakan atau menganalisis hidrologi suatu daerah drainase. Maka daripada itu akan dijelaskan teori perhitungan debit rencana, yakni perhitungan curah hujan dengan jangka waktu yang bervariasi untuk menentukan suatu volume debit saluran. Untuk menentukan intensitas hujan adalah dengan menggunakan rumus-rumus empiris yang menyatakan hubungan antara intensitas hujan dengan lamanya hujan.

2.10.1. Analisa Curah Hujan

Hujan merupakan komponen yang sangat penting dalam analisis hidrologi. Pengukuran hujan dilakukan selama 24 jam baik secara manual maupun otomatis, dengan cara ini berarti hujan yang diketahui adalah hujan total yang terjadi selama satu hari. Dalam analisa digunakan curah hujan rencana, hujan rencana yang dimaksud adalah hujan harian maksimum yang akan digunakan untuk menghitung intensitas hujan, kemudian intensitas ini digunakan untuk mengestimasi debit rencana. Untuk berbagai kepentingan perancangan drainase tertentu data hujan yang diperlukan tidak hanya data hujan harian, tetapi juga distribusi jam atau menit. Hal ini akan membawa konsekuen dalam pemilihan data, dan dianjurkan untuk menggunakan data hujan hasil pengukuran dengan alat ukur otomatis. Dalam perencanaan saluran drainase periode ulang (*return periode*) yang dipergunakan tergantung dari fungsi saluran serta daerah tangkapan hujan yang

akan dikeringkan. Menurut pengalaman, penggunaan periode ulang untuk perencanaan:

- Saluran kuarter : Periode ulang 1 tahun
- Saluran tersier : Periode ulang 2 tahun
- Saluran sekunder : Periode ulang 5 tahun
- Saluran primer : Periode ulang 10 tahun

Dalam pemilihan suatu teknik analisis penentuan banjir rencana tergantung dari data-data yang tersedia dan macam dari bangunan air yang akan dibangun (Soewarno, 1995).

2.10.2. Analisis Intensitas Curah Hujan

Langkah terakhir untuk menghitung intensitas curah hujan adalah memilih metode perhitungan intensitas curah hujan yang akan digunakan. Pemilihan ini dimaksudkan untuk menentukan persamaan intensitas curah hujan untuk daerah penelitian.

a) Metode Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{tc} \right]^{2/3} \quad (2.14)$$

Dimana

I = intensitas hujan (mm/jam).

t = lamanya hujan (jam).

R₂₄ = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm).

Rumus mononobe sering digunakan di Jepang, digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan setiap berdasarkan data curah hujan harian.

b) Metode Van Breen

Metode ini menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$I_T = \frac{54R_T + 0,007 R_T^2}{t + 0,31R_T} \quad (2.15)$$

Dimana

I_T = Intensitas hujan (mm/jam) pada Periode Ulang Hujan (PUH) selama waktu hujan (t),

t = durasi waktu hujan (menit), dan

R_T = Curah hujan harian maksimum PUH tahunan (mm/24 jam).

c) Metode Hasper Der Weduwen

Untuk mengetahui intensitas curah hujan menggunakan metode ini maka digunakan persamaan:

$$R_T = X_T \left[\frac{1218 t + 54}{X_T(1-t) + 1272 t} \right] \quad (2.16)$$

$$R = \sqrt{\frac{11300}{t+3,12} \left[\frac{Rt}{100} \right]} \quad (2.17)$$

Setelah mendapatkan nilai dari persamaan diatas kemudian dihitung intensitas curah hujan dengan persamaan berikut ini:

$$I = \frac{R}{t} \quad (2.18)$$

Dimana:

I= Intensitas hujan (mm/jam)

R = Curah hujan (mm).

d) Metode Sherman (1953)

$$I = \frac{a}{t^b} \quad (2.19)$$

e) Metode Ishiguro (1905)

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \quad (2.20)$$

f) Metode Talbot (1881)

$$I = \frac{a}{(t+b)} \quad (2.21)$$

Dimana I = Intensitas curah hujan (mm/jam), t = Lamanya curah hujan (menit), a dan b = Konstanta yang tergantung pada lama curah hujan yang terjadi di daerah aliran, dan n = Banyaknya pasangan data i dan t.

2.11. Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) adalah perbandingan antara jumlah aliran (*run off*) dengan jumlah curah hujan. Sehingga disingkat dengan:

$$C = \frac{\text{Jumlah aliran}}{\text{jumlah curah hujan}} \quad (2.22)$$

Untuk daerah tangkapan beraneka ragam, bentuk permukaan dapat dicari koefisien pengalirannya dengan rumus:

$$C = \frac{(A_1 C_1 + A_2 C_2 + \dots + A_n C_n)}{\text{jumlah curah hujan}} \quad (2.23)$$

Dimana:

C = koefisien pengaliran

A = luas daerah tangkapan (m²)

Persentase angka pengaliran berangsur-angsur bertambah selama hujan berlangsung, juga harga koefisien pengaliran tersebut berbeda-beda, yang mana hal ini dapat disebabkan antara lain:

1. Faktor Meteorologi, yang mencakup:

- a. Curah hujan
- b. Intersepsi
- c. Evaporasi
- d. Transpirasi

2. Faktor daerah, yang mencakup:

- a. Karakteristik daerah pengaliran.
- b. Faktor fisik, yaitu antara lain:
 - Penggunaan tanah (*land use*).
 - Jenis tanah.
 - Kondisi topografi.

Dapat dimengerti betapa sulit untuk menentukan besarnya pengaruh dari setiap faktor itu sendiri-sendiri. Berhubung dengan itu mungkin diperhitungkan

semua faktor secara sendiri-sendiri. Pemilihan koefisien pengaliran harus mempertimbangkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan dikemudian hari karena dalam hal ini pengaruh koefisien pengaliran sangat besar dalam menentukan besarnya aliran disuatu tempat daerah tertentu berdasarkan jenis daerah aliran tersebut, Koefisien pengaliran secara umum diperlihatkan pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9: Koefisien aliran (C) secara umum (Wesli, 2008).

| Tipe Daerah Aliran | Kondisi | Koefisien Aliran (C) |
|-------------------------|------------------------------|----------------------|
| Rerumputan | Tanah Pasir, datar, 2% | 0,05 – 0,10 |
| | Tanah Pasir, rata-rata, 2-7% | 0,10 – 0,15 |
| | Tanah Pasir, curam, 7% | 0,15 – 0,20 |
| | Tanah gemuk, datar, 2% | 0,13 – 0,17 |
| | Tanah gemuk, rata-rata, 2-7% | 0,18 – 0,22 |
| | Tanah gemuk, curam, 2% | 0,25 – 0,35 |
| Businesses | Daerah kota lama | 0,75 – 0,95 |
| | Daerah pinggiran | 0,50 – 0,70 |
| Perumahan | Daerah “Single Family” | 0,30 – 0,50 |
| | “Multi units” terpisah-pisah | 0,40 – 0,60 |
| | “Multi units” tertutup | 0,60 – 0,75 |
| | “Suburban” | 0,25 – 0,40 |
| | Daerah rumah apartemen | 0,50 – 0,70 |
| Industri | Daerah ringan | 0,50 – 0,80 |
| | Daerah berat | 0,60 – 0,90 |
| Pertamanan, kuburan | - | 0,10 – 0,25 |
| Tempat beribadah | - | 0,20 – 0,35 |
| Halaman kereta api | - | 0,20 – 0,40 |
| Taman bermain | - | 0,20 – 0,35 |
| Jalan | Beraspal | 0,70 – 0,95 |
| | Beton | 0,80 – 0,95 |
| | Batu bata, paving | 0,70 – 0,85 |
| Untuk berjalan dan naik | - | 0,70 – 0,85 |
| Atap bangunan | - | 0,75 – 0,95 |

Pada perencanaan sumur resapan di kawasan Medan Helvetia, digunakan koefisien pengaliran pada Tabel 2.9: Koefisien aliran (C) secara umum (Wesli, 2008) dengan alasan-alasan sebagai berikut:

1. Harga-harga koefisien pada Tabel 2.9 tidak tergantung pada lamanya hujan.

2. Harga-harga koefisien pengaliran pada Tabel 2.9 sangat sesuai untuk studi kasus ini, karena persentase daerah kedap dapat disurvei di lapangan.
3. Harga-Harga koefisien *run off* (koefisien pengaliran pada Tabel 2.9) merupakan hasil yang disurvei (diselidiki) pada sebagian besar di Amerika Serikat.

Koefisien pengaliran dengan waktu seperti yang terlihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10: Koefisien pengaliran berdasarkan persentase permukaan yang kedap dengan waktu konsentrasi (Wesli, 2008).

| tc | Persentase permukaan yang kedap | | | | | | | | | | |
|-----|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| 10 | 0,15 | 0,19 | 0,23 | 0,27 | 0,31 | 0,35 | 0,39 | 0,43 | 0,47 | 0,51 | 0,55 |
| 20 | 0,24 | 0,23 | 0,32 | 0,36 | 0,40 | 0,44 | 0,48 | 0,52 | 0,57 | 0,60 | 0,65 |
| 30 | 0,29 | 0,33 | 0,37 | 0,41 | 0,46 | 0,50 | 0,54 | 0,58 | 0,63 | 0,67 | 0,71 |
| 45 | 0,33 | 0,38 | 0,42 | 0,46 | 0,51 | 0,55 | 0,59 | 0,64 | 0,68 | 0,73 | 0,77 |
| 60 | 0,37 | 0,42 | 0,46 | 0,50 | 0,55 | 0,59 | 0,63 | 0,68 | 0,72 | 0,76 | 0,81 |
| 75 | 0,40 | 0,44 | 0,49 | 0,53 | 0,57 | 0,62 | 0,66 | 0,70 | 0,75 | 0,79 | 0,84 |
| 90 | 0,42 | 0,47 | 0,51 | 0,55 | 0,60 | 0,64 | 0,68 | 0,74 | 0,77 | 0,81 | 0,86 |
| 105 | 0,45 | 0,49 | 0,53 | 0,57 | 0,62 | 0,66 | 0,70 | 0,74 | 0,78 | 0,83 | 0,87 |
| 120 | 0,46 | 0,51 | 0,55 | 0,59 | 0,63 | 0,67 | 0,71 | 0,75 | 0,80 | 0,84 | 0,88 |

2.12. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran adalah kecepatan rata-rata suatu aliran dalam waktu tertentu. Rumus kecepatan aliran metode *Manning* antara lain adalah:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (2.24)$$

Dimana:

V = kecepatan aliran air (m/detik)

n = koefisien *manning*

R = jari-jari hidraulis (m)

S = kemiringan saluran

Kecepatan aliran metode Manning dalam waktu tertentu juga dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11: Nilai koefisien *Manning* (Triatmodjo, 1993).

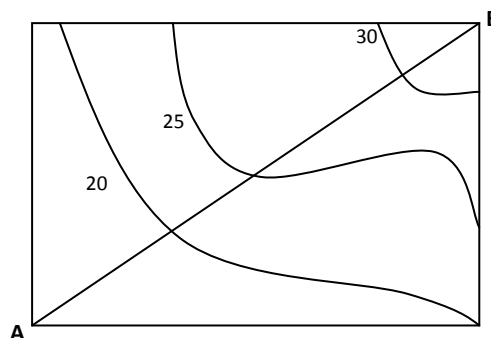
| Bahan | Koefisien <i>Manning</i> (<i>n</i>) |
|---|---------------------------------------|
| Besi tuang lapis | 0,014 |
| Kaca | 0,010 |
| Saluran beton | 0,013 |
| Beton dilapis mortar | 0,015 |
| Pasangan batu disemen | 0,025 |
| Saluran tanah bersih | 0,022 |
| Saluran tanah | 0,030 |
| Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput | 0,040 |
| Saluran pada galian batu padas | 0,040 |

2.13. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi pada daerah pengaliran adalah waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir dari daerah yang terjauh ke suatu pembuang (*outlet*) tertentu, yang diasumsikan bahwa lamanya hujan sama dengan waktu konsentrasi pada semua bagian daerah pengaliran dimana air hujan berkumpul bersama-sama untuk mendapatkan suatu debit yang maksimum pada *outlet*,

Waktu konsentrasi terdiri dari 2 (dua) bagian:

- Waktu pemasukan (*inlet time*) atau *time of entry* yaitu waktu yang dibutuhkan oleh aliran permukaan untuk masuk ke saluran.
- Waktu pengaliran (*Conduit Time*) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir disepanjang saluran sampai titik kontrol yang ditentukan seperti Gambar 2.1.



Gambar 2.1: Contoh saluran a-b pada suatu daerah pengaliran.

Dari gambaran ini dapat dijelaskan adalah waktu pemasukan adalah waktu yang dibutuhkan air hujan dari titik terjauh masuk ke titik pengaliran misalnya titik A, sedangkan waktu pengaliran adalah waktu yang dibutuhkan oleh air dalam perjalanan dari titik A ke B.

Waktu pemasukkan (*inlet time*) dipengaruhi oleh:

1. Kekasaran permukaan daerah pengaliran.
2. Kejenuhan daerah pengaliran.
3. Kemiringan daerah pengaliran.
4. Sisi dari bagian daerah atau jarak areal pembagi ke saluran.
5. Susunan atap yang ada pada daerah tersebut.

Dalam hal ini untuk curah hujan yang berasal dari atap, waktu pemasukannya tidak lebih dari 5 menit. Pada daerah komersial yang relatif datar, waktu pemasukan yang dibutuhkan sekitar 10 -15 menit, dan pada daerah permukiman penduduk yang relatif datar waktu yang dibutuhkan sekitar 20 – 30 menit. Waktu pengaliran (*time of flow*) tergantung pada perbandingan panjang saluran dan kecepatan aliran. Menurut rumus empiris dari Kirpich yang diasumsikan dari rumus *Manning* untuk koefisien kekasaran rata-rata dan jari-jari hidraulis yang berlaku umum.

Waktu konsentrasi juga dapat dihitung dengan rumus:

$$t_c = (0,87 \times L^2 \times S)^{0,385} \quad (2.25)$$

Dimana:

t_c = Waktu konsentrasi.

L = Panjang maksimum aliran (meter).

S = Kemiringan saluran

2.14. Sumur Resapan

Konsep dasar sumur resapan adalah memberi kesempatan dan jalan pada air hujan yang jatuh di atap atau lahan yang kedap air untuk meresap kedalam tanah dengan jalan menampung air tersebut pada suatu sistem sumur resapan (Suripin, 2004). Metode yang digunakan dalam menentukan sumur resapan adalah metode yang dikemukakan oleh Sunjoto (1988), dimana secara teoritis, volume dan efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan air yang masuk

ke dalam sumur dan air yang meresap ke dalam tanah. Konstruksi sumur resapan dengan tampang lingkaran, dimensinya dapat dihitung dengan Persamaan 2.26, dimana faktor geometrik F dapat dilihat pada Tabel 2.12

$$H = \frac{Q}{FK} \left[1 - e^{-\left(\frac{FKT}{\pi R^2}\right)} \right] \quad (2.26)$$

Dimana:

H : tinggi muka air dalam sumur (m),

Q : debit air masuk (m³/det),

F : faktor geometrik (m),

K : koefisien permeabilitas tanah (m/det),

T : waktu pengaliran (detik),

R : jari-jari sumur (m).

2.14.1. Fungsi Sumur Resapan

Penerapan sumur resapan sangat dianjurkan dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa fungsi sumur resapan bagi kehidupan manusia adalah sebagai pengendali banjir, melindungi dan memperbaiki (*konservasi*) air tanah, serta menekan laju erosi.

1. Pengendali banjir

Banjir sering kali menggenangi kawasan pemukiman ketika musim hujan tiba. Terjadinya banjir pada kawasan pemukiman dapat disebabkan oleh beberapa faktor di antaranya:

- a) Pengembangan rumah yang melewati batas garis sempadan bangunan (GSB).
- b) Sistem drainase yang tidak terencana dengan baik.
- c) Masih kurangnya kesadaran para penghuni kawasan permukiman terhadap pengelolaan sampah.

Pada dasarnya pengembangan rumah merupakan suatu kebutuhan dari setiap penghuni kawasan pemukiman sejalan dengan penambahan jumlah anggota keluarga atau untuk kebutuhan lain. Proses pengembangan rumah-rumah pada suatu kawasan pemukiman biasanya berkisar 5-15 tahun atau dapat

lebih cepat, tergantung dari lokasi perumahan serta fasilitas umum dan fasilitas sosial yang dimiliki perumahan tersebut.

Pengembangan rumah atau penambahan jumlah ruangan terjadi hampir pada semua lokasi pemukiman. Rumah-rumah cenderung dikembangkan ke arah horisontal dengan pertimbangan biaya konstruksi akan lebih murah jika dibandingkan dengan pengembangan ke arah vertikal. Namun, hal tersebut justru sering mengakibatkan pengembangan rumah yang melewati batas garis sempadan bangunan (antara 3-4 m dari tepi jalan). Dengan demikian pada musim hujan, volume aliran air permukaan menjadi besar dan volume air yang meresap ke dalam tanah sangat sedikit sehingga mengakibatkan genangan banjir. Banjir yang sering melanda beberapa kawasan perumahan telah berlangsung cukup lama, bahkan telah dianggap sebagai rutinitas yang terjadi setiap tahun. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan membangun sumur resapan air pada setiap rumah dalam suatu kawasan perumahan. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, sumur resapan mampu memperkecil aliran permukaan sehingga dapat menghindari terjadinya genangan aliran permukaan secara berlebihan yang menyebabkan banjir. Banyaknya aliran permukaan yang dapat dikurangi melalui sumur resapan tergantung pada volume dan jumlah sumur resapan. Misalnya, sebuah kawasan yang jumlah rumahnya 5.000 buah, jika masing-masing membuat sumur resapan dengan volume 2 berarti dapat mengurangi aliran permukaan sebesar 10.000 air.

2. Konservasi air tanah

Fungsi lain dari sumur resapan ini adalah memperbaiki kondisi air tanah atau mendangkalkan permukaan air sumur. Di sini diharapkan air hujan lebih banyak yang diresapkan ke dalam tanah menjadi air cadangan dalam tanah. Air yang tersimpan dalam tanah tersebut akan dapat dimanfaatkan melalui sumur-sumur atau mata air. Peresapan air melalui sumur resapan ke dalam tanah sangat penting mengingat adanya perubahan tata guna tanah di permukaan bumi sebagai konsekuensi dari perkembangan penduduk dan perekonomian masyarakat. Dengan adanya perubahan tata guna tanah tersebut akan

menurunkan kemampuan tanah untuk meresapkan air. Hal ini mengingat semakin banyaknya tanah yang tertutupi tembok, beton, aspal, dan bangunan lainnya yang tidak meresapkan air. Penurunan daya resap tanah terhadap air dapat juga terjadi karena hilangnya vegetasi penutup permukaan tanah. Penutupan permukaan tanah oleh pemukiman dan fasilitas umum berdampak besar terhadap kondisi air tanah. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, sumur resapan mampu memperkecil aliran permukaan sehingga dapat menghindari terjadinya genangan aliran permukaan secara berlebihan yang menyebabkan banjir.

3. Menekan laju erosi

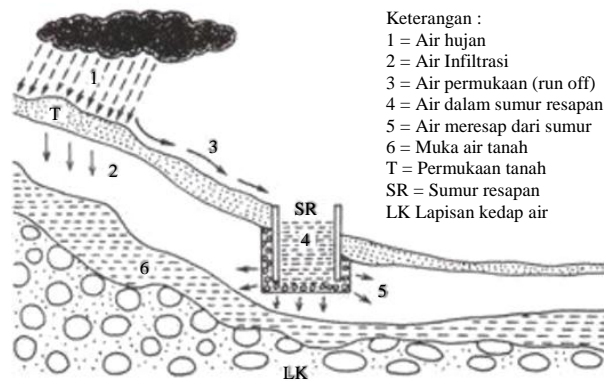
Dengan adanya penurunan aliran permukaan maka laju erosi pun akan menurun. Bila aliran permukaan menurun, tanah-tanah yang tergerus dan terhanyut pun akan berkurang. Dampaknya, aliran permukaan air hujan kecil dan erosi pun akan kecil.

2.14.2. Prinsip Kerja Sumur Resapan

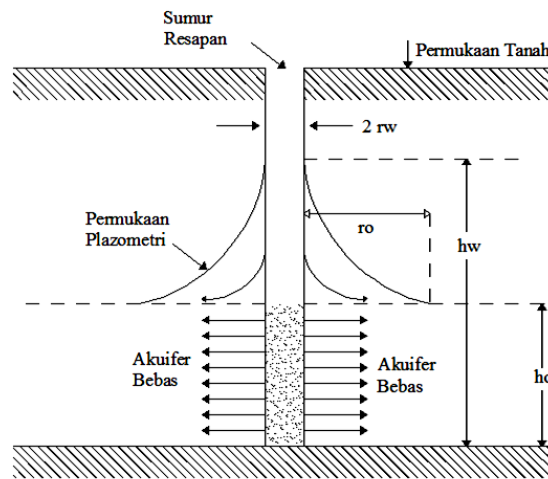
Prinsip kerja sumur resapan adalah menyalurkan dan menampung air hujan ke dalam lubang atau sumur agar air dapat memiliki waktu tinggal di permukaan tanah lebih lama Sehingga sedikit demi sedikit air dapat meresap ke dalam tanah. Air hujan yang masuk kedalam tanah akan masuk ke dalam tanah atau meresap kedalam tanah (Infiltrasi) dengan demikian air akan lebih banyak masuk ke dalam tanah dan sedikit yang mengalir sebagai aliran permukaan (run off).

Semakin banyak air yang mengalir ke dalam tanah berarti akan banyak tersimpan air tanah di bawah permukaan bumi. Air tersebut dapat dimanfaatkan kembali melalui sumur-sumur atau mata air yang dapat dieksploitasi setiap saat.

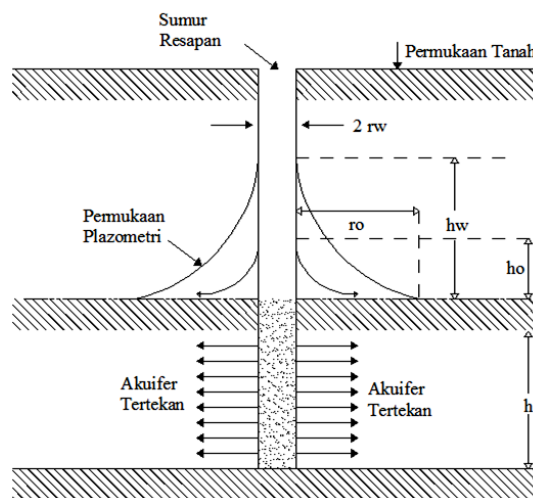
Jumlah aliran akan menurun karena adanya sumur resapan. Pengaruh positifnya bahaya banjir dapat dihindari karena terkumpulnya air permukaan yang berlebihan disuatu tempat yang dihindarkan. Menurunnya aliran permukaan ini juga akan menurunkan tingkat erosi tanah. Prinsip kerja sumur resapan dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2: Prinsip kerja sumur resapan (Yassir Arafat, 2008)



Gambar 2.3: Proses masuknya air kedalam akuifer bebas (Desmawan,2012)



Gambar 2.4: Proses masuknya air kedalam akuifer Tertekan (Desmawan,2012)

Dari gambar 2.3 diatas berlaku persamaan sbb:

$$Q = \frac{\pi.K(hw^2-ho^2)}{\ln(ro/rw)} \quad (2.27)$$

Sedangkan untuk gambar 2.4 berlaku persamaan:

$$Q = \frac{\pi.K(hw-ho)}{\ln(ro/rw)} \quad (2.28)$$

Dimana :

Q = Debit Aliran

K = Koefisien Permeabilitas Tanah

rw = Jari-jari sumuran

ro = Jari-jari pengaruh aliran

ho = Tinggi muka air tanah

hw = Tinggi muka air setelah imbuan

Semakin banyak air yang mengalir kedalam tanah berarti akan banyak tersimpan air tanah dibawah permukaan bumi. Air tersebut dapat dimanfaatkan kembali melalui sumur-sumur atau mata air yang dapat dieksploitasi setiap saat.

Jumlah aliran permukaan akan menurun karena adanya sumur resapan. Pengaruh positifnya bahaya banjir dapat dihindari karena terkumpulnya air permukaan yang berlebihan disuatu tempat dapat dihindarkan.

2.14.3. Faktor-faktor dalam pembuatan sumur resapan.

Dalam perencanaan pembuatan sumur resapan perlu dipertimbangkan faktor iklim, kondisi air tanah, kondisi tanah, tata guna lahan, dan kondisi sosial ekonomi masyarakat.

1. Faktor Iklim

Iklim merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan sumur resapan. Faktor yang perlu mendapat perhatian adalah besarnya curah hujan. Semakin besar curah hujan disuatu wilayah berarti semakin besar atau banyak sumur resapan yang diperlukan. Besarnya curah hujan dapat dibedakan menjadi tiga kelas, yaitu curah hujan rendah (<1.500 mm/tahun), curah hujan sedang (1.500-2.500 mm/tahun), dan curah hujan tinggi (>2.500 mm/tahun) (Kusnaedi, Sumur Resapan, Penebar Swadaya: 2011. Hal 21). Dan pada wilayah

Perumnas Helvetia Kota medan memiliki intensitas curah hujan 60 - 97 mm (Stasiun Klimatologi Deli Serdang, 2018).

2. Kondisi air tanah

Pada kondisi permukaan air tanah yang dalam, sumur resapan perlu dibuat secara besar-besaran karena tanah benar-benar memerlukan suplai air melalui sumur resapan. Sebaliknya, pada lahan yang muka airnya dangkal, sumur resapan ini kurang efektif dan tidak akan berfungsi dengan baik terutama pada daerah rawa dan pasang surut.

Tabel 2.12: Jumlah sumur resapan yang harus dibuat berdasarkan kondisi permeabilitas dan luas bidang tanah (Kusnaedi, Sumur Resapan, Penebar Swadaya: 2011. Hal 21).

| No | Luas Bidang Tadah (m ²) | Jumlah Sumur (buah) | | | | | |
|----|-------------------------------------|----------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------|--------|
| | | Permeabilitas sedang | | Permeabilitas agak sedang | | Permeabilitas cepat | |
| | | 80 cm | 140 cm | 80 cm | 140 cm | 80 cm | 140 cm |
| 1 | 20 | 1 | - | - | - | - | - |
| 2 | 30 | 1 | - | 1 | - | - | - |
| 3 | 40 | 2 | - | 1 | - | - | - |
| 4 | 50 | 2 | 1 | 1 | - | 1 | - |
| 5 | 60 | 2 | 1 | 1 | - | 1 | - |
| 6 | 70 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | - |
| 7 | 80 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | - |
| 8 | 90 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 9 | 100 | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 10 | 200 | 8 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 |
| 11 | 300 | 12 | 5 | 7 | 3 | 5 | 2 |
| 12 | 400 | 15 | 6 | 9 | 4 | 6 | 3 |
| 13 | 500 | 19 | 8 | 11 | 5 | 7 | 4 |

Untuk kondisi air tanah diwilayah Medan termasuk kedalam kategori sedang dikarenakan bukan merupakan daerah rawa dan juga tidak memiliki permukaan air tanah yang dalam.

3. Kondisi Tanah

Kondisi tanah berpengaruh terhadap daya resap tanah terhadap air hujan. Oleh karenanya konstruksi sumur resapan harus mempertimbangkan sifat fisik tanah.

Tabel 2.13: Hubungan kecepatan infiltrasi dan tekstur tanah (Sitanela Arsyad: 1976).

| Tekstur tanah | Kecepatan infiltrasi (mm/Jam) | Kriteria |
|------------------|----------------------------------|---------------|
| Pasir berlempung | 25 – 50 | Sangat cepat |
| Lempung | 12,5 – 25 | Cepat |
| Lempung berdebu | 7,5 – 15 | Sedang |
| Lempung berliat | 0,5 – 2,5 | Lambat |
| Liat | < 0,5 | Sangat lambat |

4. Tata guna lahan

Wilayah dengan kategori sedang dalam hal padat huni, namun memiliki potensi penambahan wilayah padat huni yang cukup tinggi. Hal ini mempengaruhi persentase air yang meresap ke dalam tanah dengan aliran permukaan. Karena pada tanah yang banyak tertutup beton bangunan, air hujan yang mengalir pada permukaan tanah akan lebih besar dibandingkan dengan air yang meresap ke dalam tanah.

Dengan demikian semakin tinggi persentase wilayah huni maka semakin banyak jumlah sumbu resapan yang diperlukan.

Tabel 2.14: Perbedaan daya resap tanah pada berbagai kondisi permukaan tanah (Fajar Hadi: 1979)

| No | Tata guna tanah (Land Use) | Daya resap tanah terhadap air hujan (%) |
|----|--|--|
| 1 | Daerah hutan, pekarangan lebat, kebun, ladang, berumput | 80-100 |
| 2 | Daerah taman kota | 75-95 |
| 3 | Jalan tanah | 40-85 |
| 5 | Daerah dengan bangunan terpencar | 30-70 |
| 6 | Daerah pemukiman agak padat | 5-30 |
| 7 | Daerah pemukiman padat | 0-5 |

5. Kondisi sosial ekonomi masyarakat

Perencanaan sumur resapan harus memperhatikan kondisi sosial perekonomian masyarakat. Misalnya, pada kondisi perekonomian yang baik, biaya untuk sumur resapan dapat dibebankan kepada masyarakat dan konstruksinya dapat dibuat dari bahan yang benar-benar kuat. Sebaliknya pada kondisi sosial ekonomi masyarakat yang rendah, sumur resapan harus terbuat dari bahan-bahan yang murah dan mudah didapat serta konstruksinya sederhana. Selain itu, pendanaan sumur resapan pada daerah minim sebaiknya berupa bantuan dari pemerintah melalui proyek APBD dan APBN.

6. Lokasi drainase yang tepat untuk lokasi sumur Resapan

Drainase yang dipilih sebagai lokasi pembuatan sumur resapan hendaknya memenuhi kriteria sebagai berikut:

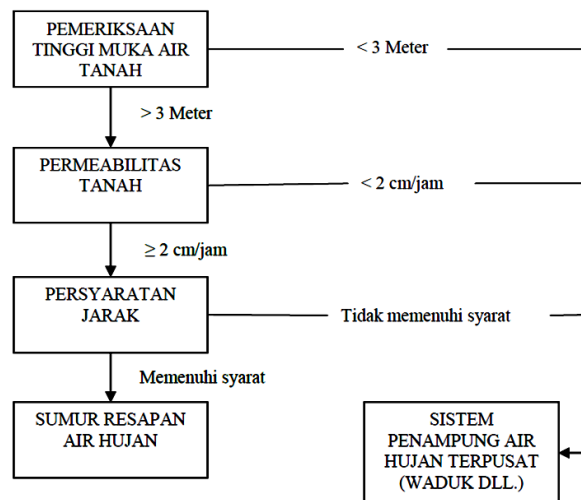
1. Terletak di wilayah yang memiliki hunian penduduk terpadat di wilayah tersebut, hal ini disebabkan agar manfaat sumur resapan dapat langsung dirasakan oleh masyarakat;
2. Konstruksi drainase disekitarnya dalam kondisi baik, hal ini agar anggaran dana dapat lebih efisien dikarnakan tidak perlu merenovasi drainase lagi;
3. Memiliki elevasi yang rendah, sehingga memungkinkan air terkumpul pada lokasi tersebut.
4. Keadaan muka air tanah sumur resapan dibuat pada awal daerah aliran yang dapat ditentukan mengukur kedalaman dari permukaan air tanah ke permukaan tanah di sumur sekitarnya pada musim hujan.
5. Permeabilitas Tanah Permeabilitas tanah yang dapat dipergunakan untuk sumur resapan dibagi 3 kelas yaitu
 1. Permeabilitas tanah sedang (geluh/lanau, 2- 6,5 cm/jam)
 2. Permeabilitas tanah agak cepat (pasir halus ,6,5 - 12,5 cm/jam)
 3. Permeabilitas tanah cepat (pasir kasar, > 12,5 cm/jam)
6. Penempatan sumur resapan air hujan yang dimaksud adalah persyaratan jarak terhadap tangki septik, bidang resapan tangki septic / cubluk / saluran air limbah, sumur air bersih dan sumur resapan air hujan lainnya dapat dilihat pada tabel 2.16

Tabel 2.15: Jarak minimum sumur resapan dengan bangunan (Yassir Arafat, 2008)

| NO | JENIS BANGUNAN | JARAK DARI SUMUR RESAPAN (m) |
|----|--|------------------------------|
| 1 | Tangki septik | 2 |
| 2 | Resapan tangki septik, cubluk, saluran air limbah, pembuangan sampah | 5 |
| 3 | Sumur resapan air hujan/sumur air bersih | 2 |
| 4 | Bangunan/ rumah | 3 |
| 5 | Batas pemilikan lahan/kapling | 1.5 |
| 6 | Aliran air (sungai) | 30 |
| 7 | Jalan Umum | 1.5 |
| 8 | Pohon besar | 3 |

2.14.4. Perencanaan Sumur Resapan

Langkah - langkah yang perlu diperhatikan dalam pembuatan sumur resapan air hujan adalah sebagai berikut:



Gambar 2.5 : Langkah pembuatan sumur resapan

Metode-metode yang digunakan dalam perencanaan dimensi sumur resapan antara lain sebagai berikut:

a. Metode Sunjoto (2011)

Sunjoto membangun suatu formula dengan dasar:

1. Debit air masuk kedalam sumur diasumsikan konstan sama dengan Q . hal ini sesuai dengan keadaan fisik yaitu dalam suatu durasi hujan akan ada debit dari atap yang masuk ke dalam sumur.

2. Debit keluar (meresap) adalah sama dengan faktor geometrik kali koefisien permeabilitas fungsi ketinggian air dalam sumur,

$$Q_o = \frac{2 \pi L K H}{\ln\left(\frac{L}{2R} + \sqrt{1 + \left(\frac{L}{2R}\right)^2}\right)} \quad (2.29)$$

Dengan:

Q_o = debit banjir yang ditampung oleh sumur resapan (m^3/det),

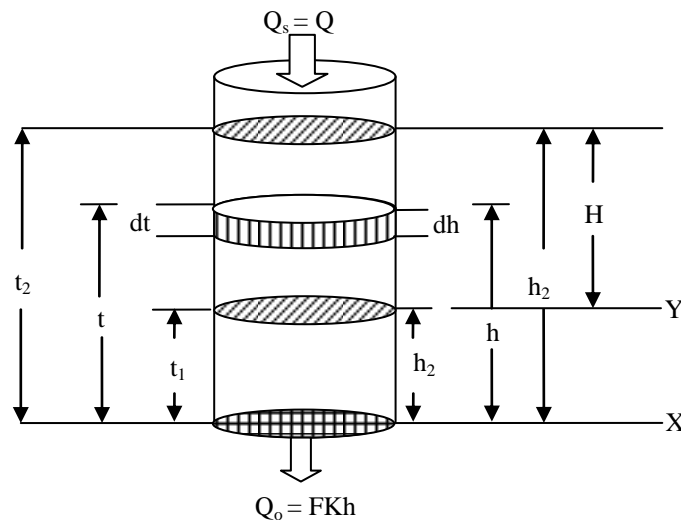
L = tinggi sumur resapan yang masuk kedalam tanah (m),

K = koefisien permeabilitas tanah (m/det),

H = tinggi muka air (m),

R = jari-jari sumur rencana (m).

3. Formula unsteady flow condition ini menjadi sama dengan formula Forchheimer (1930) bedanya adalah yang terakhir ini adalah steady flow condition. Bila waktu tak terhingga, maka formula sunjoto akan sama menjadi steady flow condition dan formulanya akan sama persis dengan formula Forchheimer (1930).



Gambar 2.6: Skema Aliran dalam Sumur (Sunjoto, 2011)

Secara teoritis, volume dan efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan air yang masuk ke dalam sumur dan air yang meresap ke dalam tanah dan dapat diilustrasikan sebagai berikut:

a) Sumur kosong tampang lingkaran

Untuk konstruksi sumur resapan biasanya dengan dinding samping dan ruang tetap kosong maka dimensinya dihitung dengan:

$$H = \frac{Q}{FK} \left(1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right) \quad (2.30)$$

b) Sumur kosong tampang rectangular

Untuk konstruksi sumur resapan biasanya dengan dinding samping dan ruang tetap kosong maka dimensinya dihitung dengan:

$$H = \frac{Q}{fK} \left(1 - e^{-\frac{fKT}{bB}} \right) \quad (2.31)$$

Dimana

H = Tinggi muka air dalam sumur (m),

F = Faktor geometrik (m),

f = Faktor geometrik tampang rectangular (m),

Q = Debit air masuk (m³/det),

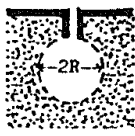
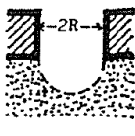
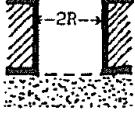
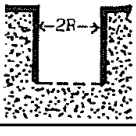
T = Waktu pengaliran (detik),

K = Koefisien permeabilitas tanah (m/det),

R = Jari-jari sumur (m).

Untuk menentukan nilai faktor geometric dapat dilihat pada Tabel 2.12

Tabel 2.16: Nilai Faktor geometric (Sunjoto,1994)

| No. | Case | Shape factor, F (m) | References |
|-----|---|-----------------------|---|
| 1 |  | 4 π R | Samsioe (1931)* Dachler (1936)* Aravin (1965) |
| 2 |  | 2 π R | Samsioe (1931)* Dachler (1936)* Aravin (1965) |
| 3 |  | 4 R | Forchheimer (1930)* Dachler (1936)* Aravin (1965) |
| 4 |  | 5.5 R 2 π R | Harza (1935)* Taylor (1948)* Hvorslev (1951)* Sunjoto (1989) |

b. Metode PU

Pusat penelitian dan pengembangan pemukiman Departemen Pekerjaan Umum (2002) telah menyusun standar tata cara perencanaan teknik umur resapan air hujan untuk pekarangan yang dituangkan dalam SNI 03-2453-2002.

Metode PU menyatakan bahwa dimensi atau jumlah sumur resapan air hujan yang diperlukan pada suatu lahan pekarangan ditentukan oleh curah hujan maksimum. Permeabilitas tanah dan luas bidang tanah, yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

a) Volume andil banjir digunakan rumus:

$$V_{ab} = 0,855 C_{tadaha} A_{tadaha} R \quad (2.32)$$

dimana:

V_{ab} = Volume andil banjir yang akan di tampung sumur resapan (m^3)

C_{tadaha} = Koefisien limpasan dari bidang tadah (tanpa satuan)

A_{tadaha} = Luas bidang tadah (m^2)

R = Tinggi hujan harian rata-rata ($L/m^2/hari$)

b) Volume air hujan yang meresap digunakan rumus:

$$V_{rsp} = \frac{t_e}{24} \cdot A_{total} \cdot K \quad (2.33)$$

dimana:

V_{rsp} = Volume air hujan yang meresap (m^3)

t_e = durasi hujan efektif (jam)

$t_e = 0,9 \cdot R^{0,92} / 60$ (Jam)

R = Tinggi hujan harian rata-rata ($L/m^2/hari$)

A_{total} = Luas dinding sumur + luas alas sumur (m^2)

K = Koefisiensi permeabilitas tanah ($m/hari$).

c) Volume penampungan (storasi) air hujan:

$$V_{storasi} = V_{ab} - V_{rsp} \quad (2.34)$$

d) Penentuan jumlah sumur resapan (n):

$$H_{total} = \frac{V_{ab} - V_{rsp}}{A_h} \quad n = \frac{H_{total}}{H_{rencana}} \quad (2.35)$$

dimana:

n = jumlah sumur resapan air hujan (buah)

H_{total} = kedalaman total sumur resapan air hujan (m)

$H_{rencana}$ = kedalaman yang di rencanakan < kedalaman muka air tanah (m)

2.14.5. Analisis Infiltrasi

Analisis infiltrasi bertujuan untuk mengetahui laju infiltrasi air daerah penelitian dan untuk itu dibutuhkan data hasil pengukuran laju infiltrasi di lapangan dengan menggunakan alat single ring infiltrometer. Analisis data laju infiltrasi pada penelitian ini menggunakan metode Horton. Model Horton dapat dinyatakan secara matematis mengikuti persamaan sebagai berikut:

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} ; i \geq f_c \text{ dan } k = \text{konstan} \quad (2.36)$$

Dimana

f = laju infiltrasi nyata (cm/jam),

f_c = laju infiltrasi tetap (cm/jam),

f_0 = laju infiltrasi awal (cm/jam),

k = konstanta geofisik.

Tabel 2.17: Harga koefisien rembesan (Infiltrasi) pada umumnya (Yassir Arafat, 2008)

| Jenis tanah | k | |
|----------------|----------------------|----------------------|
| | (cm/detik) | (ft/menit) |
| Kerikil bersih | 1,00 – 100 | 2,0 - 200 |
| Pasir kasar | 1,0 - 0,01 | 2,0 – 0,002 |
| Pasir halus | 0,01 – 0,001 | 0,02 – 0,002 |
| Lanau | 0,001 – 0,00001 | 0,002 – 0,00002 |
| Lempung | Kurang dari 0,000001 | Kurang dari 0,000002 |

2.14.6. Uji Permeabilitas

Penentuan harga koefisien permeabilitas (k) suatu sampel tanah pada penelitian ini didapat dari pengujian falling head permeability. Sampel tanah yang

di uji diambil dari lokasi permukiman pada kedalaman 1,5 meter yang sudah dianggap mewakili kondisi tanah pada lokasi studi. Untuk pengujian *falling head permeability*, rumus perhitungan koefisien permeabilitas tanah adalah:

$$K = 2,303 \frac{a \cdot (Ls)}{As(t)} \log \frac{h1}{h2} \quad (2.37)$$

Dimana

- K = Koefisien permeabilitas tanah (cm/detik),
- a = Luas penampang pipa (cm²),
- Ls = Panjang sampel tanah (cm),
- As = Luas penampang sampel (cm²),
- t = Interval penurunan h1 ke h2 (detik),
- h1 = Ketinggian mula-mula air pada interval waktu tertentu (cm), dan
- h2 = Ketinggian akhir air pada interval waktu tertentu (cm).

Permeabilitas tanah yang dapat dipergunakan untuk sumur resapan dibagi 3 kelas yaitu:

- a) Permeabilitas tanah sedang (geluh/lanau 2- 6,5 cm/jam)
- b) Permeabilitas tanah agak cepat (pasir halus 6,5 - 12,5 cm/jam)
- c) Permeabilitas tanah cepat (pasir kasar > 12,5 cm/jam)

2.14.7. Persyaratan Umum Sumur Resapan

Sumur resapan yang dibuat harus memenuhi syarat- syarat agar daya kerjanya dapat dipertanggung jawabkan serta tidak menimbulkan dampak baru terhadap lingkungan diantaranya (Kusnaedi,2000) :

- 1) sumur resapan air hujan dibuat pada lahan yang lulus air dan tahan longsor.
- 2) sumur resapan air hujan harus bebas dari kontaminasi/pencemaran limbah.
- 3) air yang masuk kedalam sumur resapan adalah air hujan.
- 4) untuk daerah sanitasi lingkungan buruk, sumur resapan air hujan hanya menampung dari atap dan disalurkan melalui talang.
- 5) mempertimbangkan aspek hidrogeologi, geologi dan hidrologi.
- 6) Model dan ukuran sumur resapan harus memperhatikan faktor lingkungan dan ketersediaan lahan di kawasan tersebut.

- 7) Bahan- bahan yang dipakai harus murah dan mudah didapat di lokasi sehingga mudah diterima dan diterapkan oleh masyarakat.
- 8) Harus memperhatikan jarak minimum sesuai Tabel 2.16.
- 9) Pada lahan yang tertutupi bangunan, volume sumur resapan dibuat lebih besar dibandingkan lahan yang terbuka luas.
- 10) Untuk lahan dengan permukaan air dalam tinggi sumur resapan 2 m, lebar 1 m dan panjang 1m.
- 11) Untuk lahan dengan permukaan air dangkal dibuat memanjang dengan kedalaman 1 m
- 12) Untuk lokasi terendah pada suatu kawasan dapat dibuat sumur resapan kolektif agar supaya air dengan mudah mengalir dari semua tempat dalam kawasan tersebut. Alternatif model sumur resapan kolektif sesuai dengan kondisi lingkungan. :
 - a. Kolam resapan dangkal dengan kedalaman muka air tanah (< 5 m) dan ketersediaan lahan luas.
 - b. Sumur dalam dengan kedalaman muka air tanah (> 5 m) untuk lahan sempit.
 - c. Parit berorak dengan kedalaman muka air tanah dangkal (< 5 m) dengan ketersediaan lahan sempit.

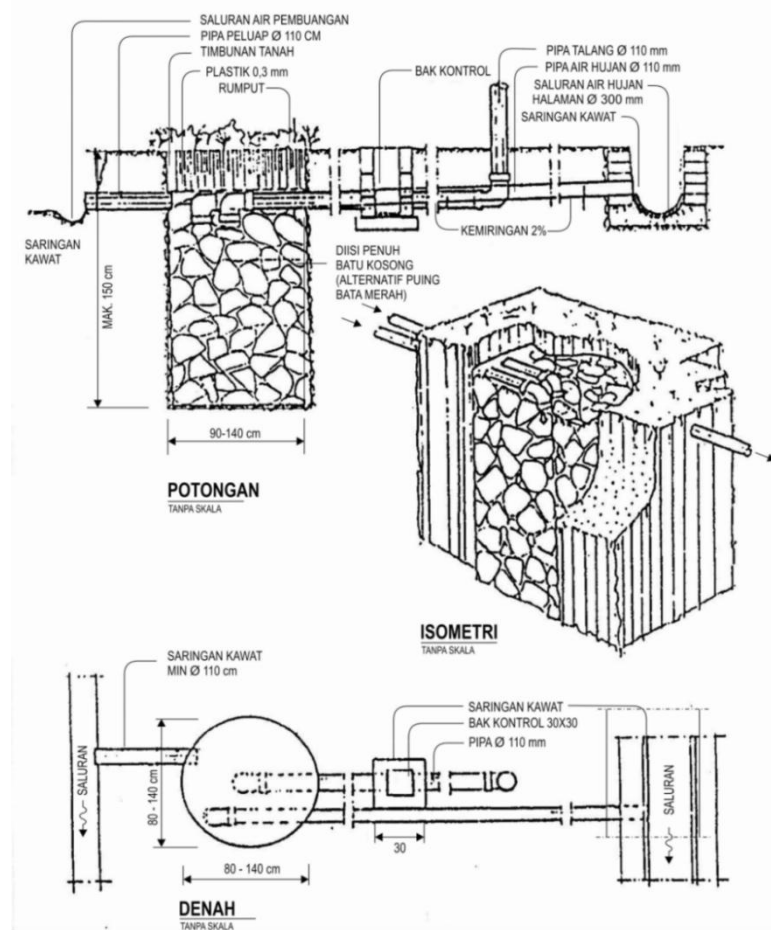
2.14.8. Bentuk dan Ukuran

- 1) Bentuk sumur resapan dapat dibuat persegi empat atau lingkaran.
- 2) Ukuran sisi penampang bujur sangkar atau ukuran lingkaran minimum 0,8 meter dan maksimum 1,4 meter.
- 3) Ukuran pipa air hujan masuk minimum diameter 110 mm atau 3 inchi.
- 4) Ukuran kedalaman sumur dapat dilihat pada tabel 2.18

Tabel 2.18: Ukuran kedalaman dan Tipe konstruksi Sumur Resapan air hujan.

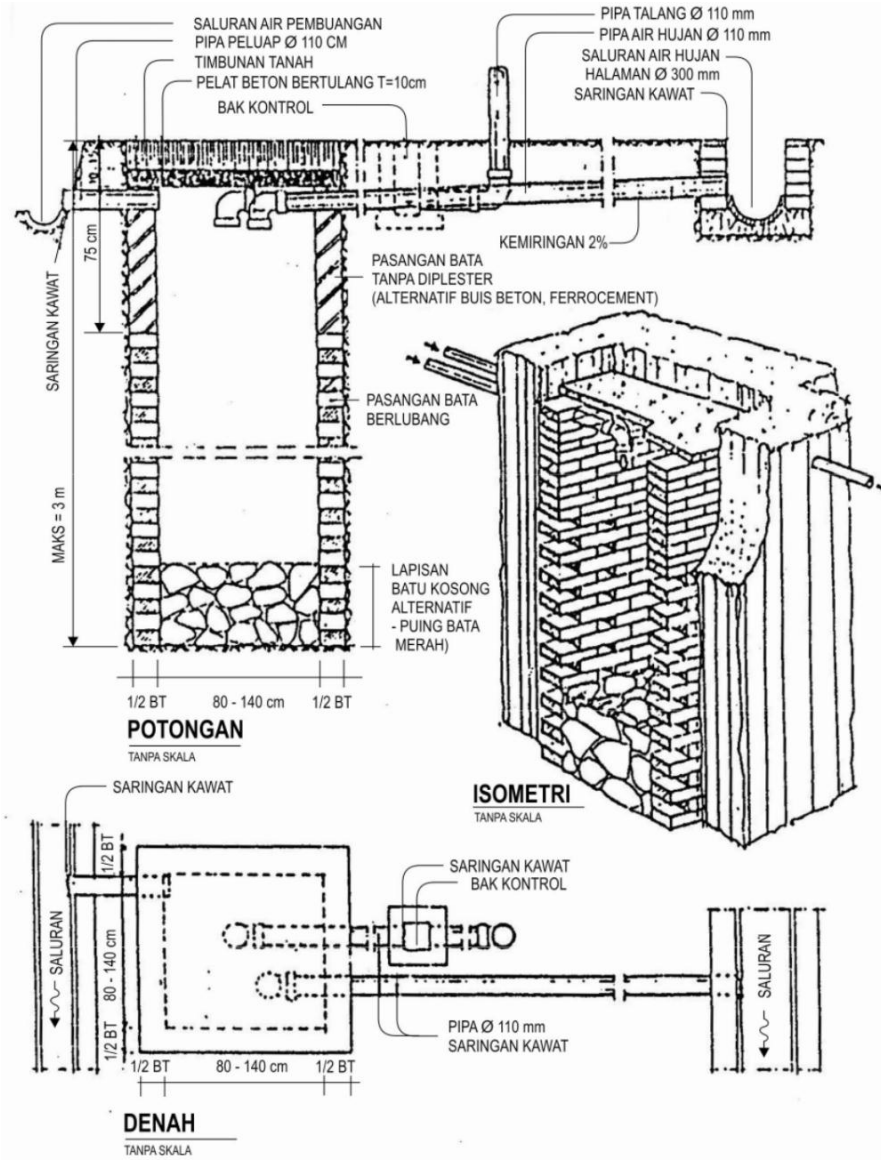
| KEDALAMAN | TIPE KONSTRUKSI |
|------------------------------------|-----------------|
| Maksimum 1,5 m | I |
| Maksimum 3 m | II |
| Maksimum muka air tanah ≥ 5 m | IIIa, IIIb |

Untuk sumur resapan tipe konstruksi I dengan kedalaman maksimal 1,5 meter dapat dilihat seperti pada Gambar 2.7



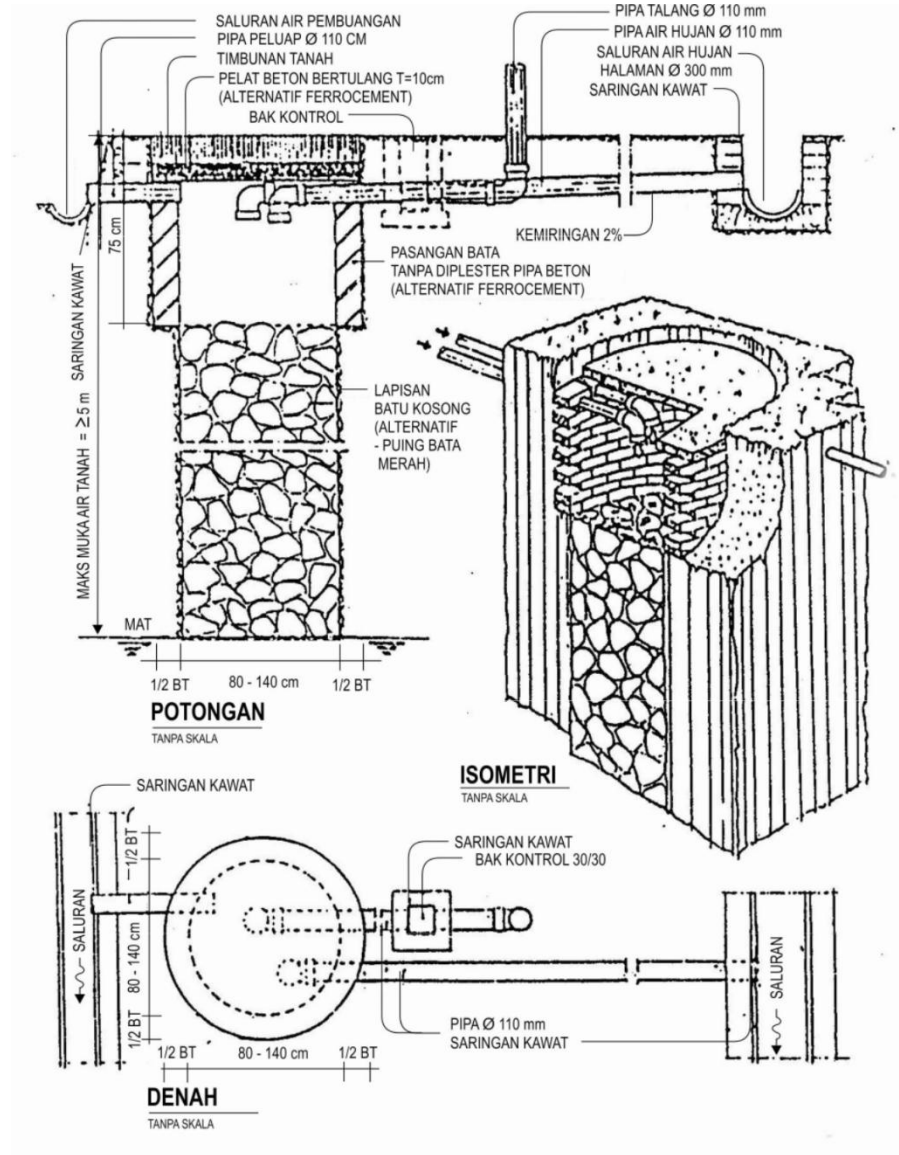
Gambar 2.7: Tipe I sumur resapan air hujan.

Untuk sumur resapan tipe konstruksi II dengan kedalaman maksimal 3 meter dapat dilihat seperti pada Gambar 2.7



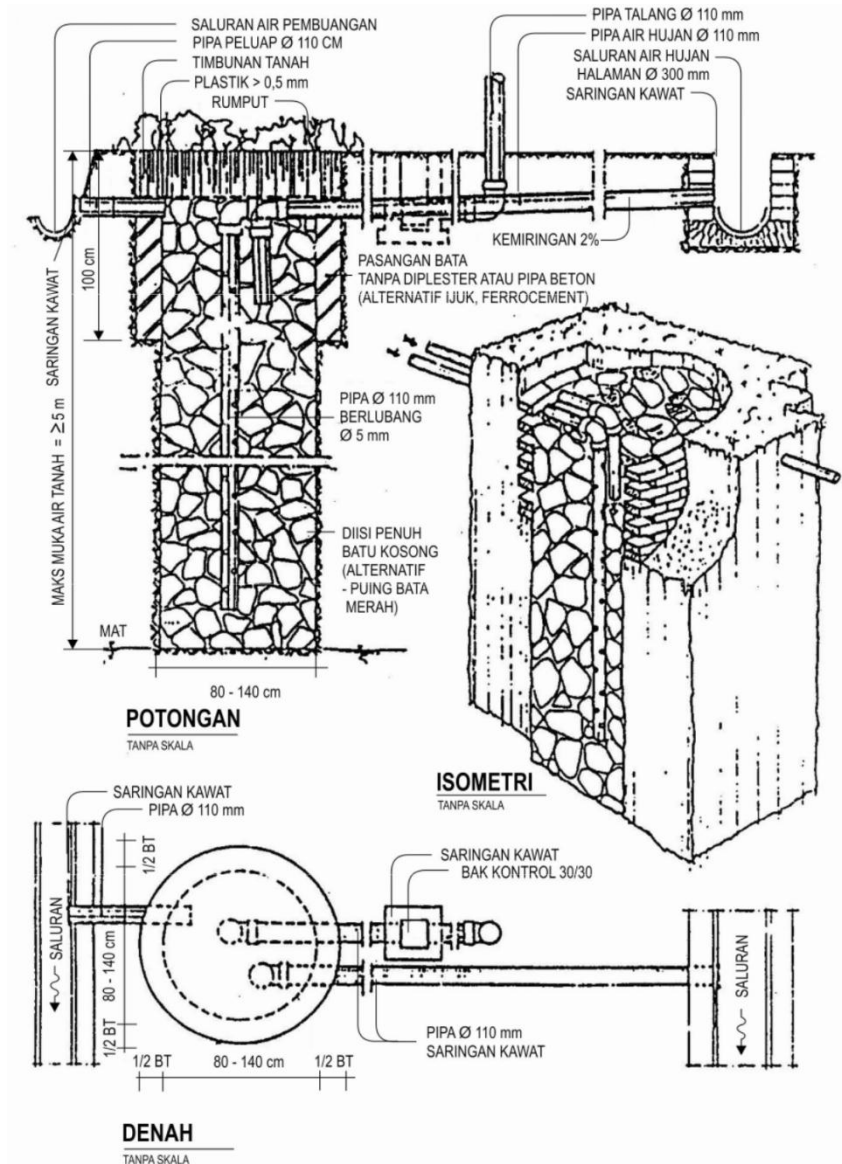
Gambar 2.8: Tipe II sumur resapan air hujan.

Untuk sumur resapan tipe konstruksi tipe III a dengan kedalaman maksimal diatas 5 meter dapat dilihat seperti pada Gambar 2.7



Gambar 2.9: Tipe III a sumur resapan air hujan.

Untuk sumur resapan tipe konstruksi tipe III b dengan kedalaman maksimal diatas 5 meter dapat dilihat seperti pada Gambar 2.7

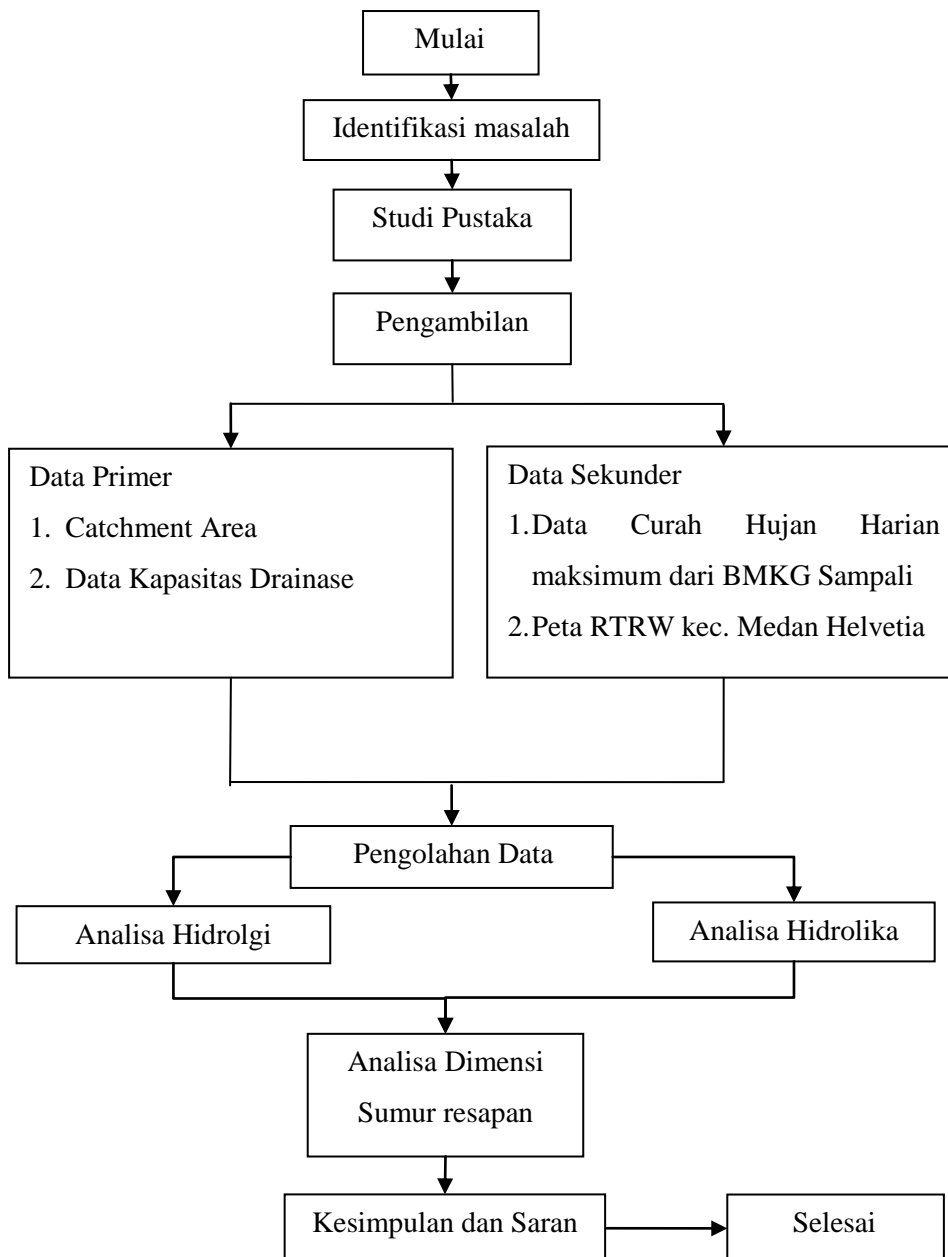


Gambar 2.10: Tipe III b sumur resapan air hujan.

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Bagan alir penelitian

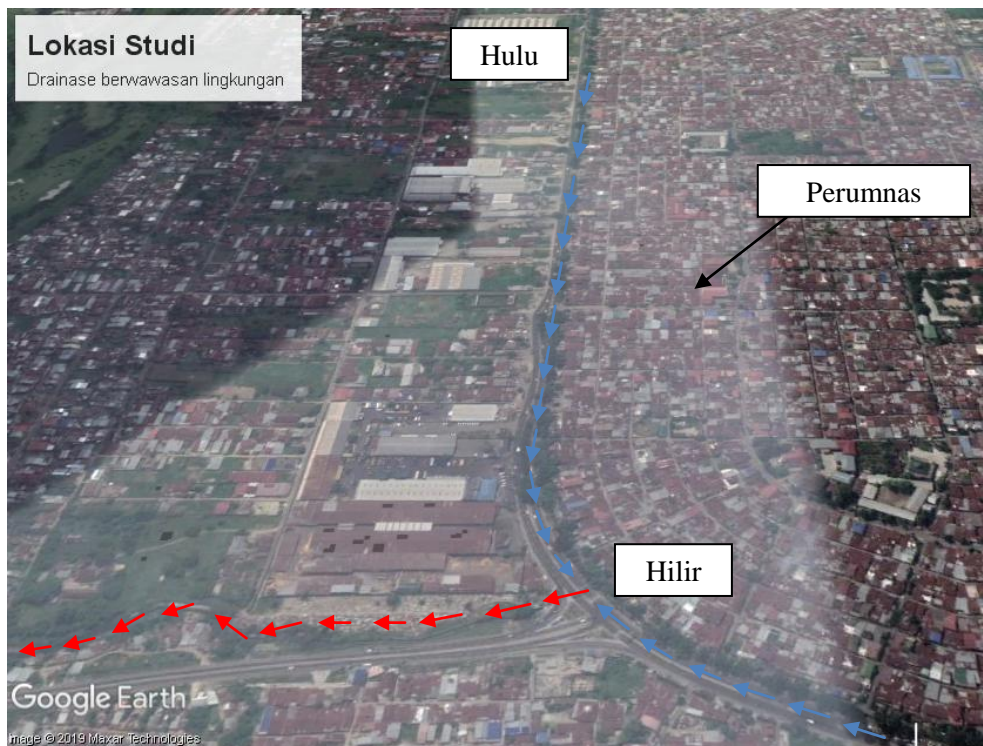
Bagan alir penelitian dipergunakan sebagai gambaran langkah-langkah yang akan diambil dalam proses perencanaan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian tugas akhir

3.2. Lokasi Wilayah Studi

Dalam penelitian pada tugas akhir ini, lokasi wilayah studi diperlukan untuk mengumpulkan sejumlah informasi mengenai daerah serta lingkungan tempat atau lokasi penelitian. Untuk itu dilakukan pengambilan data baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengambilan data langsung maksudnya adalah peninjauan dan pencatatan atau pengukuran langsung dilakukan di lapangan. Dan yang dimaksud dengan pengambilan data tidak langsung ialah pengambilan data kepada instansi atau pejabat yang berkaitan dengan pengadaan data-data guna membantu memenuhi dan melengkapi data. Data mengenai daerah kawasan bermasalah diambil dari Stasiun Klimatologi Sampali Medan dan juga peta program *Google Earth* terdapat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2: Lokasi penelitian dilakukan langsung di daerah Perumnas Helvetia.(Google earth)

3.2.1. Kondisi umum Lokasi studi

Adapun lokasi studi pada tugas akhir diambil pada area Khususnya SBWP Helvetia blok 12-03-01 dan SBWP Helvetia Tengah blok 12-04-01 dikarenakan di wilayah ini rawan terjadi banjir. Kecamatan Medan Helvetia Khususnya SBWP

Helvetia blok 12-03-01 dan SBWP Helvetia Tengah blok 12-04-01 dengan elevasi antara 18-22 meter diatas permukaan laut diketahui dari software Google Earth.

Jumlah penduduk pada kecamatan Medan Helvetia sebanyaknya 152.806 jiwa dapat dilihat per kelurahan pada tabel 3.1

Tabel 3.1: Nama Kecamatan, Jumlah dan Kepadatan Penduduk di Kota Medan (BPS Kota Medan, 2018).

| No | Kelurahan | Penduduk (Jiwa) | Luas (Km ²) | Kepadatan Penduduk per Km ² |
|----|-------------------|--------------------|----------------------------|--|
| 1 | Cinta Damai | 17.973 | 1,80 | 9.985 |
| 2 | Sei Sikambang CII | 13.004 | 0,98 | 13.269,4 |
| 3 | Dwi Kora | 25.583 | 2,00 | 12.791,5 |
| 4 | Helvetia Timur | 25.317 | 1,82 | 13.910,4 |
| 5 | Helvetia Tengah | 28.093 | 1,50 | 18.728,7 |
| 6 | Helvetia | 11.945 | 1,25 | 9.556 |
| 7 | Tanjung Gusta | 30.891 | 2,20 | 14.041,4 |
| | Jumlah | 152.806 | 11,55 | 13.230 |

3.2.2 Batas-batas Daerah

Secara administratif batas-batas lokasi studi yaitu meliputi:

- Sebelah Utara : Kab. Deli Serdang
- Sebelah Selatan : Kec. Medan Sunggal
- Sebelah Barat : Kec. Medan Sunggal
- Sebelah Timur : Kec. Medan Barat dan Kec. Medan Petisah

3.2.3 Letak Geografis dan Tata Guna Lahan

Dilihat dari segi geografis, Kecamatan Medan Helvetia terletak antara Lintang Utara : 3° – 2° LU , Lintang Selatan : 62° – 41° LS dan Bujur Timur : 98° – 39° BT Kecamatan Medan Helvetia memiliki luas 11,55 Km². Topografi kota Medan cenderung miring ke utara dan berada pada ketinggian 27 meter di atas permukaan laut.

Bagian Wilayah Perkotaan (BWP) Kecamatan Medan Helvetia yaitu sebagai pusat pelayanan ekonomi, transportasi wilayah bagian barat, pusat kegiatan sosial budaya, dan pertahanan keamanan.

3.3. Metodologi

Pendugaan kemungkinan terjadinya banjir atau genangan yang cukup luas dan tinggi di Kecamatan Medan Helvetia Timur jalan Helvetia Raya diakibatkan jaringan drainase yang bermasalah. Dalam penulisan ini pengolahan data tersebut dianalisis menggunakan metode Rasional. Sehingga untuk memperoleh hasil akhirnya harus melalui tahapan kerja tertentu. Tahapan kerja yang dimaksud terdiri dari pemasukan (*input*), proses (*process*), dan keluaran (*output*).

3.4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan semua informasi penelitian yang berguna dalam menganalisis hidrologi dan hidrolika pada lokasi penelitian. Data-data tersebut berupa data lokasi penelitian tersebut serta data curah hujan harian maksimum berdasarkan beberapa stasiun penangkar curah hujan tahun 2008 hingga 2017 yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG).

3.4.1 Data primer

Data primer didapat langsung dari lapangan dengan cara mengadakan peninjauan atau investigasi survei lapangan untuk melakukan pengamatan dan penelitian secara cermat dan memperhatikan kondisi lapangan. Data primer terdiri atas:

1. *Catchmen area* (luas genangan banjir) Daerah Tangkapan Air (DTA) kawasan Jalan Helvetia raya pada gambar 3.1.
2. Gambar keadaan Daerah Tangkapan Air (DTA) drainase primer kawasan Jalan Helvetia Raya dapat dilihat pada Gambar 3.3 sampai dengan Gambar 3.6



Gambar 3.3: Drainase kanan jalan helvetia raya saat waktu normal



Gambar 3.4: Drainase kiri jalan Helvetia raya tertutup sedimentasi

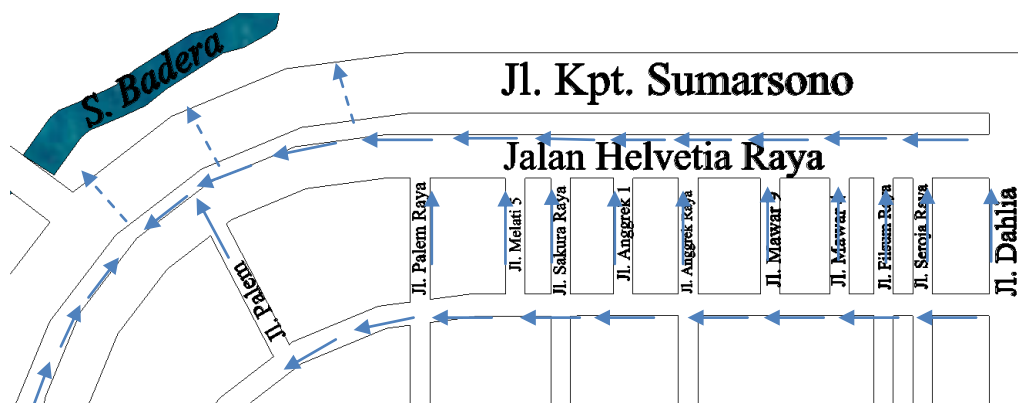


Gambar 3.5: Drainase pada jalan Mawar 4 tertutup vegetasi



Gambar 3.6: Gorong-gorong pada saluran kanan Jln. Helvetia Raya.

3. Peta denah dan pola aliran air Daerah Tangkapan Air (DTA) dari survei drainase pada kawasan Jalan Helvetia Raya Kota Medan.



Gambar 3.7: Peta denah pola aliran air.

3.4.2 Data sekunder

Data sekunder hujan bulanan dan harian maksimum tahun 2008 hingga 2017 yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) stasiun Sampali Kota Medan. Untuk data sekunder yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2: Data Curah Hujan Harian Maksimum (Stasiun BMKG Sampali)

| Tahun | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Ags | Sep | Okt | Nov | Des |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2008 | 42 | 6 | X | 18 | 60 | 10 | 46 | 65 | 52 | 21 | 65 | 76 |
| 2009 | 9 | X | 25 | 40 | 35 | 71 | 87 | 39 | 39 | 69 | 75 | 76 |
| 2010 | 15 | 65 | 30 | 33 | 10 | 67 | 52 | 28 | 84 | 35 | 40 | 25 |
| 2011 | 45 | 45 | 35 | 47 | 30 | 30 | 45 | 50 | 53 | 60 | 45 | 25 |
| 2012 | 40 | 25 | 40 | 55 | 47 | 5 | 53 | 10 | 97 | 68 | 72 | 30 |

Tabel 3.2: *Lanjutan*

| Tahun | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Ags | Sep | Okt | Nov | Des |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2013 | 14 | 49 | 25 | 25 | 51 | 27 | 14 | 30 | 35 | 78 | 30 | 57 |
| 2014 | 20 | 16 | 29 | 30 | 47 | 70 | 30 | 65 | 47 | 47 | 47 | 59 |
| 2015 | 59 | 45 | 10 | 52 | 37 | 30 | 67 | 42 | 42 | 69 | 63 | 63 |
| 2016 | 26 | 59 | 7 | 9 | 52 | 52 | 55 | 30 | 69 | 35 | 37 | 35 |
| 2017 | 32 | 30 | 37 | 25 | 33 | 29 | 32 | 32 | 45 | 34 | 59 | 73 |

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini berupa perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) mulai dari pemasukan data (*input*) sampai dengan pencetakan hasil (*output*) berupa peta. Peralatan tersebut mencakup perangkat keras yang terdiri dari: (a) komputer, (b) printer dan (c) alat tulis. Perangkat lunak yang terdiri dari: (a) *Microsoft office 2007*, (b) *Google Earth versi 5.0.11733.9347*, (c) *Auto Cad versi 2007*, (d) *Global Mapper 19*

3.5. Pengolahan dan Analisis Data

Untuk menganalisa tinggi muka air banjir diperlukan beberapa langkah yang harus dilakukan sebagai berikut:

1. Menentukan curah hujan harian maksimum tahunan dari BMKG
2. Menganalisa frekuensi curah hujan maksimum dengan 2 metode:
 - a. Menganalisis curah hujan dengan Distribusi Log Pearson Tipe III dengan menentukan mean (\bar{x}), Standard Deviation (Sd), Koefisien Skewness (Cs), Pengukuran kurtosis (Ck) dan Koefisien Variasi (Cv).
 - b. Menganalisis curah hujan dengan Distribusi Gumbell dengan menentukan Standard Deviation (Sd), Koefisien Skewness (Cs), Pengukuran kurtosis (Ck) dan Koefisien Variasi (Cv).
3. Melakukan pengujian distribusi frekuensi dengan Uji Kecocokan Chi-Square dan Uji Smirnov Kolmogrov untuk mengetahui apakah jenis distribusi yang dipilih sudah tepat.
4. Menganalisa debit banjir rancangan dengan Metode Rasional

3.6. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi yang dilakukan pada studi ini meliputi kegiatan mengolah data mentah sampai didapatkan harga debit limpasan (banjir). Data hujan yang dipakai untuk analisis ini berasal dari stasiun yang berada di wilayah kota Medan.

3.6.1. Analisis Frekuensi Curah Hujan

Tujuan dari analisis frekuensi curah hujan ini adalah untuk memperoleh curah hujan dengan beberapa perioda ulang. Data hujan yang digunakan adalah data bulanan maksimum. Pada analisis ini digunakan beberapa metoda analisis distribusi untuk memperkirakan curah hujan dengan tahun periode ulang tertentu. Metode yang dipakai nantinya harus ditentukan dengan melihat karakteristik distribusi hujan daerah setempat. Periode ulang yang akan dihitung pada masing-masing metode adalah untuk periode ulang 2, 5, dan 10 tahun.

1. Metode distribusi Log Pearson Tipe III.
2. Metode distribusi Gumbel.

3.6.2. Uji Kecocokan Distribusi

Pengujian parameter untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut. Pengujian ini untuk menguji apakah sebaran yang dipilih dalam pembuatan duration curve cocok dengan sebaran empirisnya. Pengujian parameter dilakukan dengan Uji Smirnov-Kolmogorov.

3.6.3. Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan persatuan waktu. Sifat umum hujan adalah makin singkat hujan berlangsung intensitasnya cenderung makin tinggi dan makin besar periode ulangnya makin tinggi pula intensitasnya.

Intensitas hujan diperoleh dengan cara melakukan analisis data hujan baik secara statistik maupun secara empiris. Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jamjaman. Data curah hujan jangka pendek ini hanya dapat diperoleh dengan menggunakan alat pencatat hujan otomatis. Apabila data hujan jangka pendek

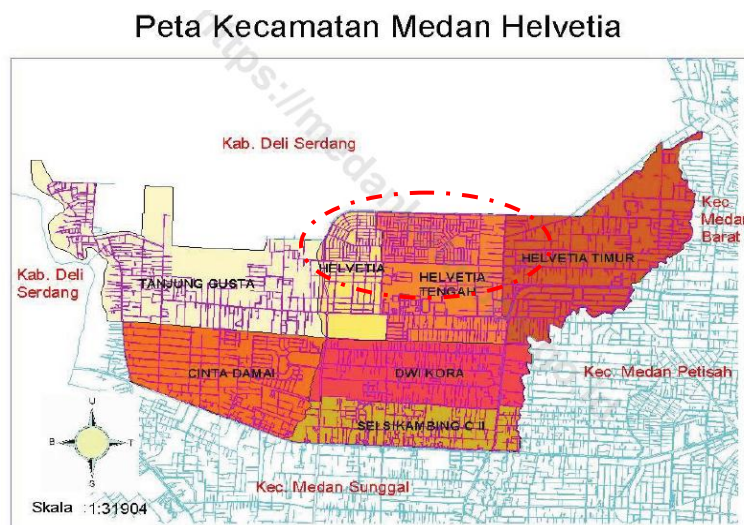
tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe dapat dilihat pada Pers. 2.1 Bab 2.

3.6.4. Metode Rasional

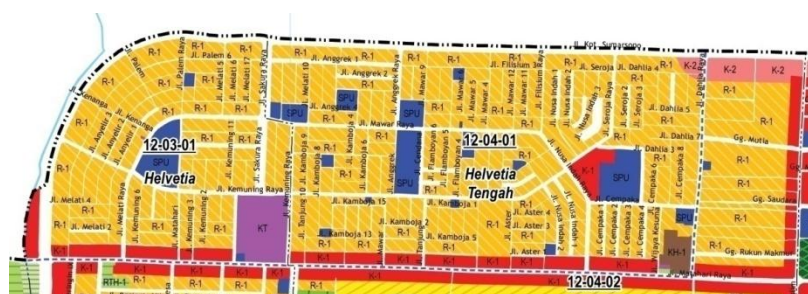
Untuk menghitung debit rencana pada studi ini dipakai perhitungan dengan metode rasional. Metode rasional adalah salah satu metode untuk menentukan debit aliran permukaan yang diakibatkan oleh curah hujan yang umumnya merupakan suatu dasar untuk merancang debit saluran drainase. Adapun asumsidari metode rasional adalah pengaliran maksimum terjadi kalau lama waktu curah hujan sama dengan lama waktu konsentrasi daerah alirannya.

3.7. Peta Lokasi Studi

Lokasi Penelitian berada pada kecamatan Helvetia khususnya pada daerah banjir Perumnas Helvetia.



Gambar 3.8: Peta Kecamatan Medan Helvetia (sumber BPS Kota Medan)



Gambar 3.9: Peta Perumnas Helvetia, (Sumber RTRW Kota Medan)

BAB 4

ANALISA DATA

4.1 Lokasi Studi

Lokasi studi kawasan Helvetia, Khususnya kawasan Perumahan Nasional (perumnas) Helvetia, pada jalan helvetia raya.

4.2 Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis Curah Hujan Rencana adalah analisa curah hujan untuk mendapatkan tinggi curah hujan tahunan tahun ke 10 yang mana akan digunakan untuk mencari debit banjir rancangan. Jika di dalam suatu areal terdapat beberapa alat penakar atau pencatat curah hujan, maka dapat diambil nilai rata-rata untuk mendapatkan nilai curah hujan real.

Tabel 4.1: Data Curah Hujan Harian Maksimum dari Stasiun Sampali

| Tahun | Curah Hujan Harian Maksimum (mm) |
|--------------|---|
| 2008 | 76 |
| 2009 | 87 |
| 2010 | 84 |
| 2011 | 60 |
| 2012 | 97 |
| 2013 | 78 |
| 2014 | 70 |
| 2015 | 69 |
| 2016 | 69 |
| 2017 | 73 |
| N = 10 Tahun | 763 |

Sumber : Stasiun Klimatologi Deli Serdang

Dari data curah hujan rata-rata maksimum tersebut kemudian dihitung pola distribusi sebarannya dengan menggunakan perhitungan analisa frekuensi. Distribusi sebaran yang akan dicari analisa frekuensinya antara lain adalah distribusi gumbel, distibusi log normal, dan distribusi log pearson tipe III.

4.3 Analisis Frekuensi

4.3.1 Perhitungan Analisa Frekuensi Distribusi Gumbel

Tabel 4.2: Perhitungan analisa frekuensi untuk distribusi Gumbel.

| Tahun | X_i (mm) | \bar{X} | $X_i - \bar{X}$ | $(X_i - \bar{X})^2$ | $(X_i - \bar{X})^3$ | $(X_i - \bar{X})^4$ |
|-----------------|---------------|-----------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 2008 | 76 | 76,3 | -0,3 | 0,09 | -0,027 | 0,0081 |
| 2009 | 87 | 76,3 | 10,7 | 114,49 | 1225,043 | 13107,96 |
| 2010 | 84 | 76,3 | 7,7 | 59,29 | 456,533 | 3515,30 |
| 2011 | 60 | 76,3 | -16,3 | 265,69 | -4330,747 | 70591,17 |
| 2012 | 97 | 76,3 | 20,7 | 428,49 | 8869,743 | 183603,68 |
| 2013 | 78 | 76,3 | 1,7 | 2,89 | 4,913 | 8,35 |
| 2014 | 70 | 76,3 | -6,3 | 39,69 | -250,047 | 1575,29 |
| 2015 | 69 | 76,3 | -7,3 | 53,29 | -389,017 | 2839,82 |
| 2016 | 69 | 76,3 | -7,3 | 53,29 | -389,017 | 2839,82 |
| 2017 | 73 | 76,3 | -3,3 | 10,89 | -35,937 | 118,59 |
| N = 10 Tahun | 763 | | | 1028,10 | 5161,44 | 278200,017 |

Parameter Statistik:

Curah hujan rata-rata (\bar{X}):

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{763}{10} = 76,3$$

Standart deviasi (S_d) berdasarkan Pers. 2.1

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(N-1)}} = \sqrt{\frac{1028,10}{9}} = 10,687$$

Koefisien variasi (C_v) berdasarkan Pers. 2.2.

$$C_v = \frac{s}{\bar{X}} = \frac{10,687}{76,3} = 0,14006553$$

Koefisien skewness (C_s) berdasarkan Pers. 2.3.

$$C_s = \frac{N \cdot \sum (X_i - \bar{X})^3}{(N-1) \cdot (N-2) \cdot S_d^3} = \frac{10 \cdot (5161,44)}{(9) \cdot (8) \cdot (10,687)^3} = 0,58715006$$

Pengukuran kurtosis (C_k) berdasarkan Pers. 2.4.

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{S_d^4} = \frac{\frac{1}{10} (278200,017)}{10,687^4} = 2,131923$$

Dari Tabel 2.4 dan Tabel 2.1, untuk $n = 10$

$$Y_n = 0,4952$$

$$S_n = 0,9496$$

Dari Tabel 2.3 untuk periode ulang (T) 2 Tahun

$$Y_{Tr} = 0,3668$$

Faktor probabilitas

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} = \frac{0,3668 - 0,4952}{0,9496} = -0,135$$

Curah hujan rencana periode ulang (T) 2 tahun

$$X_T = X + K.S =$$

$$X_T = 76,3 + ((-0,135) \times 10,687) = 74,857 \text{ mm}$$

Dari Tabel 2.3 untuk periode ulang (T) 5 Tahun

$$Y_{Tr} = 1,5004$$

Faktor probabilitas

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} = \frac{1,5004 - 0,4952}{0,9496} = 1,059$$

Curah hujan rencana periode ulang (T) 5 tahun

$$X_T = X + K.S =$$

$$X_T = 76,3 + (1,059 \times 10,687) = 87,6175 \text{ mm}$$

Dari Tabel 2.3 untuk periode ulang (T) 10 Tahun

$$Y_{Tr} = 2,2510$$

Faktor probabilitas

$$K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n} = \frac{2,2510 - 0,4952}{0,9496} = 1,849$$

Curah hujan rencana periode ulang (T) 10 tahun

$$X_T = X + K.S =$$

$$X_T = 76,3 + (1,849 \times 10,687) = 96,06 \text{ mm}$$

Tabel 4.3: Analisa curah hujan rencana dengan Distribusi Gumbel.

| No | Periode Ulang (T) Tahun | Y_{Tr} | Y_n | S_n | X | S | K | X_T (mm) |
|----|-------------------------|----------|--------|--------|------|--------|--------|------------|
| 1 | 2 | 0,3668 | 0,4952 | 0,9496 | 76,3 | 10,687 | -0,135 | 74,857 |
| 2 | 5 | 1,5004 | 0,4952 | 0,9496 | 76,3 | 10,687 | 1,059 | 87,617 |
| 3 | 10 | 2,2510 | 0,4952 | 0,9496 | 76,3 | 10,687 | 1,849 | 96,06 |
| 4 | 25 | 3,1993 | 0,4952 | 0,9496 | 76,3 | 10,687 | 2,848 | 106,736 |
| 5 | 50 | 3,9028 | 0,4952 | 0,9496 | 76,3 | 10,687 | 3,588 | 114,645 |
| 6 | 100 | 4,6012 | 0,4952 | 0,9496 | 76,3 | 10,687 | 4,324 | 122,510 |

4.3.2 Perhitungan Analisa Frekuensi Distribusi *Log Pearson Type III*.

Untuk mengetahui perhitungan analisa frekuensi dengan menggunakan metode distribusi *Log Pearson Type III* seperti pada Tabel 4.4:

Tabel 4.4: Perhitungan analisa frekuensi untuk distribusi *Pearson Type III*.

| No. | Tahun | X_i | $\text{Log } X_i$ | $\text{Log } X_i - \text{Log } X_{rt}$ | $(\text{Log } X_i - \text{Log } X_{rt})^2$ | $(\text{Log } X_i - \text{Log } X_{rt})^3$ | $(\text{Log } X_i - \text{Log } X_{rt})^4$ |
|--------|-------|-------|-------------------|--|--|--|--|
| 1 | 2008 | 76 | 1,880814 | $-1,71095 \times 10^{-3}$ | $2,927 \times 10^{-6}$ | $-5,01 \times 10^{-9}$ | $8,6 \times 10^{-12}$ |
| 2 | 2009 | 87 | 1,939519 | $5,6995 \times 10^{-2}$ | $3,2484 \times 10^{-3}$ | $1,851415 \times 10^{-4}$ | $1,0552 \times 10^{-5}$ |
| 3 | 2010 | 84 | 1,924279 | $4,17547 \times 10^{-2}$ | $1,7434 \times 10^{-3}$ | $7,27977 \times 10^{-5}$ | $3,0396 \times 10^{-6}$ |
| 4 | 2011 | 60 | 1,778151 | $-1,04373 \times 10^{-1}$ | $1,0894 \times 10^{-2}$ | $-1,13702 \times 10^{-3}$ | $1,1867 \times 10^{-4}$ |
| 5 | 2012 | 97 | 1,986772 | $1,04247 \times 10^{-1}$ | $1,0867 \times 10^{-2}$ | $1,13290 \times 10^{-3}$ | $1,1810 \times 10^{-4}$ |
| 6 | 2013 | 78 | 1,892095 | $9,570 \times 10^{-3}$ | $9,158 \times 10^{-5}$ | $8,765 \times 10^{-7}$ | $8,388 \times 10^{-9}$ |
| 7 | 2014 | 70 | 1,845098 | $-3,74 \times 10^{-2}$ | $1,4007 \times 10^{-3}$ | $-5,24249 \times 10^{-5}$ | $1,962 \times 10^{-6}$ |
| 8 | 2015 | 69 | 1,838849 | $-4,36 \times 10^{-2}$ | $1,907 \times 10^{-3}$ | $-8,33129 \times 10^{-5}$ | $3,638 \times 10^{-6}$ |
| 9 | 2016 | 69 | 1,838849 | $-4,36 \times 10^{-2}$ | $1,907 \times 10^{-3}$ | $-8,33129 \times 10^{-5}$ | $3,638 \times 10^{-6}$ |
| 10 | 2017 | 73 | 1,863323 | $-1,92 \times 10^{-2}$ | $3,687 \times 10^{-4}$ | $-7,0797 \times 10^{-6}$ | $1,359 \times 10^{-7}$ |
| Jumlah | | 763 | 18,78775 | $-3,75 \times 10^{-2}$ | $3,243 \times 10^{-2}$ | $2,85644 \times 10^5$ | $2,60 \times 10^{-4}$ |
| | | | Log X_{rt} = | 1,882524538 | | | |

Parameter Statistik

Curah hujan rata-rata (X)

$$X = \frac{\sum X_i}{N} = \frac{763}{10} = 76,3 \text{ mm}$$

Log $X_{rt} = \text{Log } X$

$$= \text{Log } 76,3$$

$$=1,882524538$$

Standart deviasi (Sd)

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(\text{Log } X_i - \bar{X})^2}{(N-1)}} = \sqrt{\frac{0,032432168}{9}} = 0,060029$$

Koefisien variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{0,060029}{76,3} = 0,000787$$

Hitung koefisien kemencengan

$$G = \frac{n \sum_{i=0}^n (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} = \frac{10 \times 0,0000285644}{9 \times 8 \times (0,060029777)^3} = 0.018339724$$

Pengukuran kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{sd^4} = \frac{\frac{1}{10} (2,6 \times 10^{-5})}{(0,060029777)^4} = 2,0002$$

Logaritma hujan atau banjir dengan periode kala ulang T

$$\log x_T = \log \bar{X} + K \cdot s$$

$$T = 2 \text{ Tahun}$$

$$\text{Log } X_2 = 1,882524538 + (-0,00312 \times 0,060029)$$

$$\text{Log } X_2 = 1,882337$$

$$X_2 = 76,267 \text{ mm}$$

$$\log x_T = \log \bar{X} + K \cdot s$$

$$T = 5 \text{ Tahun}$$

$$\text{Log } X_5 = 1,882524538 + (0,8409 \times 0,060029)$$

$$\text{Log } X_5 = 1,932816$$

$$X_5 = 85.704 \text{ mm}$$

$$\log x_T = \log \bar{X} + K \cdot s$$

$$T = 10 \text{ Tahun}$$

$$\text{Log } X_{10} = 1,882524538 + (0,924529 \times 0,060029)$$

$$\text{Log } X_{10} = 1,938023$$

$$X_{10} = 91,115 \text{ mm}$$

Tabel 4.5: Kombinasi periode ulang tahunan (mm).

| Periode Ulang (T) | Distribusi Log Person Type III (mm) | Distribusi Gumbel (mm) |
|----------------------|--|---------------------------|
| 2 | 76.267 | 74,857 |
| 5 | 85.704 | 87,6175 |
| 10 | 91,115 | 96,06 |
| 25 | 97,277 | 106,7365 |
| 50 | 101.486 | 114,6449 |
| 100 | 105.431 | 122,5105 |

Untuk mengetahui hasil dispersi parameter statistik dan parameter hasil logaritma pengukuran dispersi stasiun sampali dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6: Hasil pengukuran dispersi Stasiun BMKG Sampali.

| No. | Dispersi | Hasil Dispersi | |
|-----|----------|---------------------|---------------------------|
| | | Parameter Statistik | Parameter Hasil Logaritma |
| 1 | Sd | 10,687 | 0,060030 |
| 2 | CV | 0,140 | 0,000787 |
| 3 | Cs | 0,587 | 0,018340 |
| 4 | Ck | 2,132 | 2,000287 |

4.4. Pemilihan Jenis Sebaran

Ketentuan dalam parameter pemilihan distribusi curah hujan tercantum dalam Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Parameter pemilihan distribusi curah hujan.(Suripin,2004)

| Jenis sebaran | Kriteria | Hasil | Keterangan |
|-----------------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------|
| <i>Gumbel</i> | Cs = 1,14 Ck = 5,4 | Cs = 0,587150063 Ck = 2,131922695 | |
| <i>Log Pearson Tipe III</i> | Cs ≠ 0 | Cs = 0,018339724 | Dipakai |

Berdasarkan parameter data hujan skala normal maka dapat mengestimasi distribusi yang cocok dengan curah hujan tertentu. Adapun distribusi yang dipakai dalam perhitungan ini adalah metode Log Pearson Tipe III.

4.5. Pengujian Keselarasan Sebaran

Uji kecocokan distribusi adalah untuk menentukan kecocokan (*Goodness of fit test*) distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter.

4.5.1. Uji Kecocokan Chi-Square

Untuk menguji kecocokan Metode Log Pearson Tipe III dan Metode Gumbel, maka digunakan uji kecocokan Chi-Square untuk menguji distribusi pengamatan.

Apakah sampel memenuhi syarat distribusi yang di uji atau tidak. Perhitungan uji Chi-Square adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} K &= 1 + 3,322 \log n \\ &= 1 + 3,322 \log 10 \\ &= 4,322 \approx 5 \end{aligned}$$

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

$$E_i = \frac{n}{K} = \frac{10}{5} = 2$$

$$\Delta X = \frac{(X_{\text{maks}} - X_{\text{min}})}{(K)} = \frac{(1,9867 - 1,7781)}{(5)} = 0,0521$$

$$\frac{1}{2} \Delta X = 0,026$$

$$\begin{aligned} X_{\text{awal}} &= X_{\text{min}} - \frac{1}{2} \Delta X \\ &= 1,778 - 0,0260 \\ &= 1,752 \end{aligned}$$

Nilai X^2 cr dicari pada Tabel 2.5 dengan menggunakan nilai $DK = 2$ dan derajat kepercayaan 5%, lalu dibandingkan dengan nilai X^2 hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8. syarat yang harus dipenuhi yaitu X^2 hitung $< X^2$ cr.

Tabel 4.8: Perhitungan uji kecocokan Chi-Square dengan Log Pearson Tipe III.

| No | Nilai Batas Tiap Kelas | Ef | Of | $(Ef - Of)^2$ | $\frac{(Ef - Of)^2}{Ef}$ |
|----|--------------------------|----|----|---------------|--------------------------|
| 1 | 1.752074 < Xi < 1.804229 | 2 | 1 | 1 | 0.5 |
| 2 | 1.804229 < Xi < 1.856384 | 2 | 3 | 1 | 0.5 |
| 3 | 1.856384 < Xi < 1.908539 | 2 | 3 | 1 | 0.5 |
| 4 | 1.908539 < Xi < 1.960694 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 5 | 1.960694 < Xi < 2.012849 | 2 | 1 | 1 | 0.5 |
| | Jumlah | 10 | 10 | | 2 |

Dilihat dari hasil perbandingan diatas bahwa $X^2 =$ harga Chi-Square = 3,021 $< X^2$ cr (Tabel 2.5) = 5,991 maka hipotesa yang diuji dapat diterima.

4.5.2. Uji Kecocokan Smirnov Kolmogorof

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Perhitungan uji kecocokan sebaran dengan Smirnov-Kolmogorof untuk metode Log Pearson Type III pada daerah studi dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Perhitungan uji kecocokan Smirnov-Kolmogorof (Hasil perhitungan 2018)

| M | Xi | Log Xi | P(Xm) | Log Xi | P(Xm<) | Sd | P(Xm) | P(Xm<) | D |
|----|----|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 1 | 97 | 1,9868 | 0,0909 | 0,0199 | 0,9091 | 0,014 | 0,1111 | 0,8889 | 0,0202 |
| 2 | 87 | 1,9395 | 0,1818 | 0,0193 | 1,8182 | 0,014 | 0,2222 | 1,7778 | 0,0404 |
| 3 | 87 | 1,9395 | 0,2727 | 0,0193 | 2,7273 | 0,014 | 0,3333 | 2,6667 | 0,0606 |
| 4 | 78 | 1,8921 | 0,3636 | 0,0189 | 3,6364 | 0,014 | 0,4444 | 3,5556 | 0,0808 |
| 5 | 76 | 1,8808 | 0,4545 | 0,0188 | 4,5455 | 0,014 | 0,5556 | 4,4444 | 0,1010 |
| 6 | 73 | 1,8633 | 0,5455 | 0,0186 | 5,4545 | 0,014 | 0,6667 | 5,3333 | 0,1212 |
| 7 | 70 | 1,8451 | 0,6364 | 0,0185 | 6,3636 | 0,014 | 0,7778 | 6,2222 | 0,1414 |
| 8 | 69 | 1,8388 | 0,7273 | 0,0184 | 7,2727 | 0,014 | 0,8889 | 7,1111 | 0,1616 |
| 9 | 69 | 1,8388 | 0,8182 | 0,0184 | 8,1818 | 0,014 | 1,0000 | 8,0000 | 0,1818 |
| 10 | 60 | 1,7782 | 0,9091 | 0,0178 | 9,0909 | 0,014 | 1,1111 | 8,8889 | 0,2020 |

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

Dimana:

$P(X_m)$ = data sesudah dirangking dari kecil ke besar

M = nomor urut

N = jumlah data (10)

$$P(X_m) = \frac{m}{n+1}$$

$$\begin{aligned} P(X_m) &= \frac{1}{10+1} \\ &= 0,090 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P(x <) &= 1 - P \\ &= 1 - 0,090 \\ &= 0,909 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K &= \frac{(x - x_{ret})}{s} \\ &= \frac{(97 - 76,3)}{10,68} \\ &= 1,937 \end{aligned}$$

untuk nilai $P'(X)$ didapat dari Tabel L1

$$\begin{aligned} P'(X <) &= 1 - P'(X) \\ &= 1 - 0,0268 \\ &= 0,973 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= P'(X) - P(X <) \\ &= 0,0268 - 0,909 \\ &= 0,064 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui hasil dari plotting data yang sesuai dengan distribusi dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Ploting data (Hasil Perhitungan, 2018)

| Tahun | Rmax | M | P | $P(x<) = 1-P$ | $k = (X-X_{ret})/s$ | $P'(x)$ | $P'(x<)$ | $D = P'(x)-P(x<)$ |
|-----------|-------|----|----------|---------------|---------------------|---------|----------|-------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 2012 | 97 | 1 | 0.090909 | 0.909091 | 1.937 | 0.0268 | 0.973 | 0.064 |
| 2009 | 87 | 2 | 0.181818 | 0.818182 | 1.001 | 0.1587 | 0.841 | 0.023 |
| 2010 | 84 | 3 | 0.272727 | 0.727273 | 0.720 | 0.2358 | 0.764 | 0.037 |
| 2013 | 78 | 4 | 0.363636 | 0.636364 | 0.159 | 0.4404 | 0.560 | -0.077 |
| 2008 | 76 | 5 | 0.454545 | 0.545455 | -0.028 | 0.5080 | 0.492 | -0.053 |
| 2017 | 73 | 6 | 0.545455 | 0.454545 | -0.309 | 0.6179 | 0.382 | -0.072 |
| 2014 | 70 | 7 | 0.636364 | 0.363636 | -0.589 | 0.7190 | 0.281 | -0.083 |
| 2015 | 69 | 8 | 0.727273 | 0.272727 | -0.683 | 0.7517 | 0.248 | -0.024 |
| 2016 | 69 | 9 | 0.818182 | 0.181818 | -0.683 | 0.7517 | 0.248 | 0.066 |
| 2011 | 60 | 10 | 0.909091 | 0.090909 | -1.525 | 0.9357 | 0.064 | -0.027 |
| Jumlah | 763 | | | | | | | |
| Rata-rata | 76.3 | | | | | | | |
| Sx | 10.68 | | | | | | | |

Sumber : Perhitungan

$$D_{max} = 0,066$$

Dari perhitungan nilai D menunjukkan nilai $D_{max} = 0,066$, data pada peringkat $m = 10$. Dengan menggunakan data pada Tabel 2.5 untuk derajat kepercayaan 5% atau $= 0,05$, maka diperoleh $D_0 = 0,409$. Karena nilai D_{max} lebih kecil dari nilai D_0 kritis ($0,066 < 0,41$), maka persamaan distribusi yang diperoleh dapat diterima.

Tabel 2.6: Nilai kritis D_0 untuk uji Smirnov-Kolomogorov (Suripin, 2004).

| N | Derajat kepercayaan, | | | |
|----|----------------------|------|------|------|
| | 0,20 | 0,10 | 0,05 | 0,01 |
| 5 | 0,45 | 0,51 | 0,56 | 0,67 |
| 10 | 0,32 | 0,37 | 0,41 | 0,49 |
| 15 | 0,27 | 0,30 | 0,34 | 0,40 |
| 20 | 0,23 | 0,26 | 0,29 | 0,36 |
| 25 | 0,21 | 0,24 | 0,27 | 0,32 |
| 30 | 0,19 | 0,22 | 0,24 | 0,29 |
| 35 | 0,18 | 0,20 | 0,23 | 0,27 |
| 40 | 0,17 | 0,19 | 0,21 | 0,25 |
| 45 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,24 |

4.6. Pengukuran Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana dengan metode distribusi Log Pearson III, seperti yang terlihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Analisa frekuensi distribusi Log Pearson Type III

| No. | Tahun | Xi | Log Xi | Log Xi - Log Xrt | (Log Xi - Log Xrt) ² | (Log Xi - Log Xrt) ³ | (Log Xi - Log Xrt) ⁴ |
|--------|-------|-----|----------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 2008 | 76 | 1,880814 | -1,71095 x 10 ⁻³ | 2,927 x 10 ⁻⁶ | -5,01 x 10 ⁻⁹ | 8,6 x 10 ⁻¹² |
| 2 | 2009 | 87 | 1,939519 | 5,6995 x 10 ⁻² | 3,2484 x 10 ⁻³ | 1,851415 x 10 ⁻⁴ | 1,0552 x 10 ⁻⁵ |
| 3 | 2010 | 84 | 1,924279 | 4,17547 x 10 ⁻² | 1,7434 x 10 ⁻³ | 7,27977 x 10 ⁻⁵ | 3,0396 x 10 ⁻⁶ |
| 4 | 2011 | 60 | 1,778151 | -1,04373 x 10 ⁻¹ | 1,0894 x 10 ⁻² | -1,13702 x 10 ⁻³ | 1,1867 x 10 ⁻⁴ |
| 5 | 2012 | 97 | 1,986772 | 1,04247 x 10 ⁻¹ | 1,0867 x 10 ⁻² | 1,13290 x 10 ⁻³ | 1,1810 x 10 ⁻⁴ |
| 6 | 2013 | 78 | 1,892095 | 9,570 x 10 ⁻³ | 9,158 x 10 ⁻⁵ | 8,765 x 10 ⁻⁷ | 8,388 x 10 ⁻⁹ |
| 7 | 2014 | 70 | 1,845098 | -3,74 x 10 ⁻² | 1,4007 x 10 ⁻³ | -5,24249 x 10 ⁻⁵ | 1,962 x 10 ⁻⁶ |
| 8 | 2015 | 69 | 1,838849 | -4,36 x 10 ⁻² | 1,907 x 10 ⁻³ | -8,33129 x 10 ⁻⁵ | 3,638 x 10 ⁻⁶ |
| 9 | 2016 | 69 | 1,838849 | -4,36 x 10 ⁻² | 1,907 x 10 ⁻³ | -8,33129 x 10 ⁻⁵ | 3,638 x 10 ⁻⁶ |
| 10 | 2017 | 73 | 1,863323 | -1,92 x 10 ⁻² | 3,687 x 10 ⁻⁴ | -7,0797 x 10 ⁻⁶ | 1,359 x 10 ⁻⁷ |
| Jumlah | | 763 | 18,78775 | -3,75 x 10 ⁻² | 3,243 x 10 ⁻² | 2,85644 x 10 ⁵ | 2,60 x 10 ⁻⁴ |
| | | | Log Xrt= | 1,882524538 | | | |

$$X = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{763}{10} = 76,3$$

$$\text{Log Xrt} = \sum \log Xi = 18,7877488$$

$$\text{Rata rata Log Xi} = 1,882524538$$

Rumus *Log Pearson Type III*:

$$\text{Log}(Xt) = \text{Log } X_{rt} + K \times S$$

$$Xt = 10^{\text{Log } Xt}$$

Dimana:

Xt = curah hujan rencana

Xrt = curah hujan rata-rata

k = koefisien untuk distribusi *Log Pearson Type III* (Tabel 4.9)

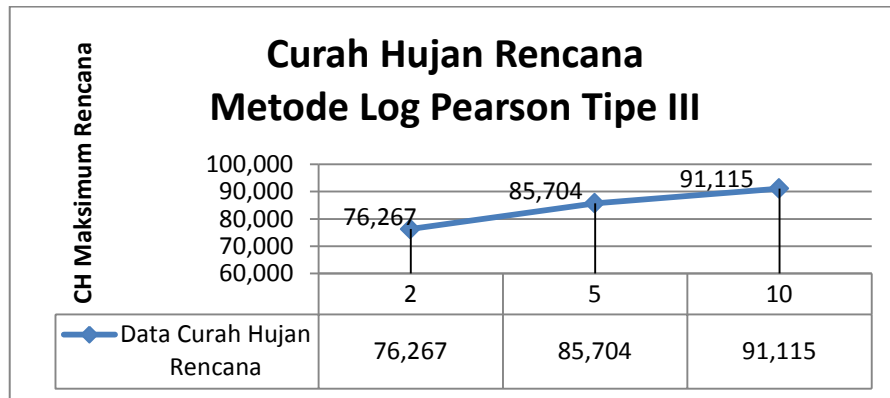
S = standar deviasi

Perhitungan curah hujan rencana dengan metode *Log Pearson Type III* dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Perhitungan curah hujan rencana metode *Log Pearson Type III*.

| No | Periode (T) | Rata - rata Log Xi | Sd | Cs | Nilai k | Log Pearson Type III | |
|----|-------------|-----------------------|----------|----------|----------|----------------------|---------|
| | | | | | | Log Rr | Rr (mm) |
| 1 | 2 | 1,8788 | 0.060029 | 0.018339 | -0.00312 | 1.8823 | 76,267 |
| 2 | 5 | 1,8788 | 0.060029 | 0.018339 | 0.8409 | 1.933 | 85,704 |
| 3 | 10 | 1,8788 | 0.060029 | 0.018339 | 1,2838 | 1.95959 | 91,115 |
| 4 | 25 | 1,8788 | 0.060029 | 0.018339 | 1,7572 | 1,98801 | 97,277 |
| 5 | 50 | 1,8788 | 0.060029 | 0.018339 | 2.0637 | 2.00641 | 101,487 |
| 6 | 100 | 1,8788 | 0.060029 | 0.018339 | 2.3395 | 2.02297 | 105,431 |

Grafik curah hujan rencana dengan menggunakan metode *Log Pearson Type III* dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Grafik curah hujan rencana metode *Log Pearson Type III*.

4.7. Analisa Debit Rencana

Untuk menghitung debit rencana pada penelitian ini dipakai perhitungan dengan metode rasional. Metode rasional adalah salah satu metode untuk menentukan debit aliran permukaan yang diakibatkan oleh curah hujan, yang umumnya merupakan suatu dasar untuk merencanakan debit saluran drainase.

4.8.1. Metode Rasional

Metode rasional digunakan karena luas pengaliran dari saluran drainase kawasan Medan Helvetia adalah 3,23 km². Sesuai dengan rumus debit banjir rancangan metode rasional dengan Pers. 4.4.

$$Q = 0,00278 C.I.A \quad (4.4)$$

Dimana:

$$Q = \text{Debit dalam (m}^3/\text{det)}$$

- C = Koefisien pengaliran
- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- A = Luas daerah pengaliran (Ha)

Pada drainase kawasan Jalan Helvetia Raya digunakan koefisien pengaliran sebesar 0,95 sesuai pada Tabel 2.7 Koefisien aliran, dikarenakan daerah permukiman di kawasan Jl. Helvetia Raya adalah daerah perkotaan.

4.8. Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan dalam satuan waktu, umpamanya mm/jam untuk curah hujan jangka pendek, dan besarnya intensitas curah hujan tergantung pada lamanya curah hujan. Beberapa rumus yang menyatakan hubungan antara intensitas dan lamanya curah hujan adalah sebagai berikut:

Metode dr. Mononobe

Rumus Untuk mencari intensitas curah hujan Mononobe digunakan persamaan

Rumus:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3}$$

Dimana:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam).

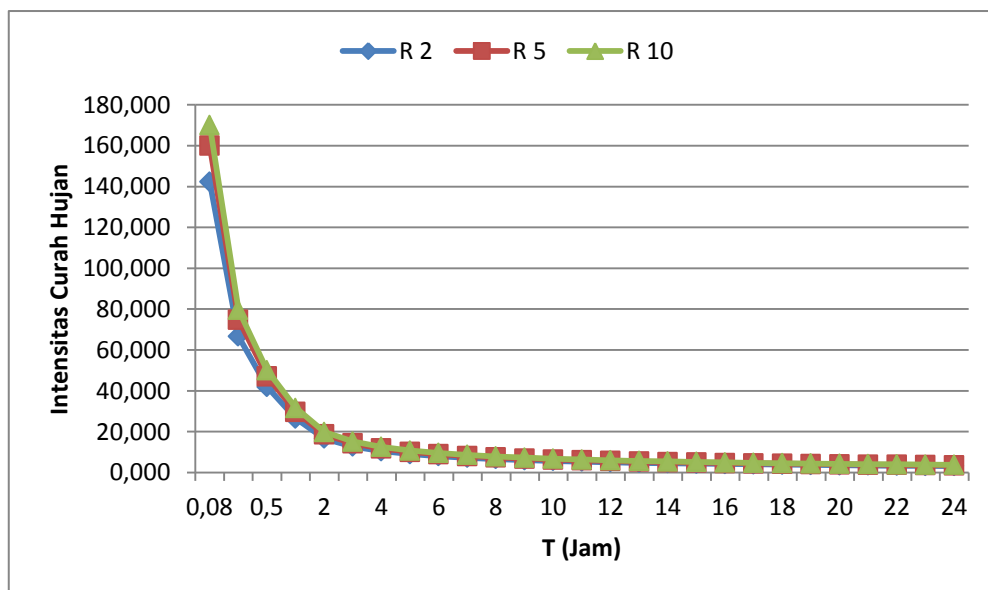
tc = Lamanya curah hujan (Jam) dapat dilihat pada Pers. 2.14

R24 = Curah hujan yang mungkin terjadi berdasarkan masa ulang tertentu (curah hujan maksimum dalam waktu 24 jam-mm).

Tabel 4.13: Perhitungan Intensitas Curah Hujan

| t (Jam) | R24 | | |
|---------|--------|--------|--------|
| | R 2 | R 5 | R 10 |
| | 76.27 | 85.70 | 91.12 |
| 0.08 | 142.41 | 160.03 | 170.14 |
| 0.25 | 66.63 | 74.87 | 79.60 |
| 0.5 | 41.97 | 47.16 | 50.14 |
| 1 | 26.44 | 29.71 | 31.59 |
| 2 | 16.66 | 18.72 | 19.90 |
| 3 | 12.71 | 14.28 | 15.19 |
| 4 | 10.49 | 11.79 | 12.54 |

| | | | |
|----|------|-------|-------|
| 5 | 9.04 | 10.16 | 10.80 |
| 6 | 8.01 | 9.00 | 9.57 |
| 7 | 7.23 | 8.12 | 8.63 |
| 8 | 6.61 | 7.43 | 7.90 |
| 9 | 6.11 | 6.87 | 7.30 |
| 10 | 5.70 | 6.40 | 6.81 |
| 11 | 5.35 | 6.01 | 6.39 |
| 12 | 5.04 | 5.67 | 6.03 |
| 13 | 4.78 | 5.37 | 5.71 |
| 14 | 4.55 | 5.12 | 5.44 |
| 15 | 4.35 | 4.89 | 5.19 |
| 16 | 4.16 | 4.68 | 4.97 |
| 17 | 4.00 | 4.49 | 4.78 |
| 18 | 3.85 | 4.33 | 4.60 |
| 19 | 3.71 | 4.17 | 4.44 |
| 20 | 3.59 | 4.03 | 4.29 |
| 21 | 3.47 | 3.90 | 4.15 |
| 22 | 3.37 | 3.78 | 4.02 |
| 23 | 3.27 | 3.67 | 3.91 |
| 24 | 3.18 | 3.57 | 3.80 |



Gambar 4.2: Grafik Intensitas Curah Hujan



Gambar 4.3. Saluran drainase, wilayah yang terkena banjir, dan catchment area (google Earth, 2018)

Luas *catchment area* drainase kawasan Jl. Helvetia Raya Kecamatan Medan Helvetia adalah = 17,5 Ha. Koefisien pengaliran (C) = 0,60 – 0,75 (Perumahan, multi unit, tergabung) Tabel 2.7: Koefisien aliran (C) secara umum (Suripin, 2004).

Jadi debit banjir rancangan untuk kala ulang 2 tahun adalah:

$$Q = 0,00278 C.I.A$$

$$Q = 0,00278. 0,75. 26.44. 17,5$$

$$Q = 0,6077 \text{ m}^3/\text{det}$$

Untuk perhitungan kala ulang 5 tahun dan 10 tahun tersedia didalam Tabel 4.14.

Tabel 4.14: Perhitungan Q rancangan pada Jl. Helvetia Raya Kec. Medan Helvetia.

| No | Periode | L (Km) | C | tc (jam) | I (mm/jam) | A (Ha) | Q (m ³ /det) |
|----|---------|--------|------|----------|------------|--------|-------------------------|
| 1 | 2 | 1,52 | 0,75 | 1 | 16,66 | 17.5 | 0,964 |
| 2 | 5 | 1,52 | 0,75 | 1 | 29,712 | 17.5 | 1,084 |
| 3 | 10 | 1,52 | 0,75 | 1 | 31,588 | 17.5 | 1,152 |

4.9. Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika penampang saluran drainase di kawasan Jl. Helvetia Raya Kecamatan Medan Helvetia dilakukan dengan melakukan perbandingan besarnya debit banjir rancangan dengan besarnya kemampuan saluran menampung debit banjir. Apabila Q rancangan debit banjir $<$ Q tampungan saluran maka saluran tidak akan mampu menampung besarnya banjir.

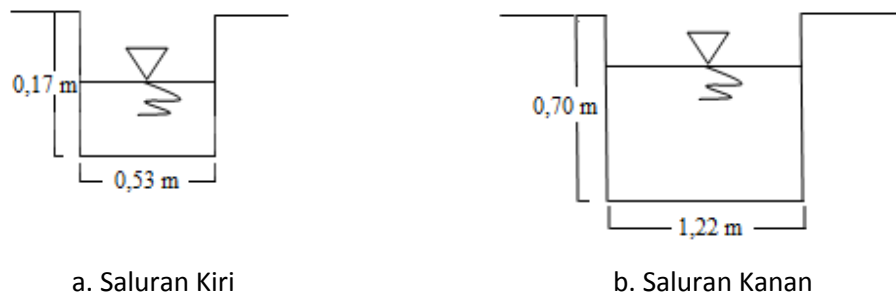
4.9.1 Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase

Berdasarkan hasil survei yang dilakukan di lapangan data-data yang tertera pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15: Hasil survei drainase di Jl. Helvetia Raya

| No | Saluran | Ukuran Saluran | | Panjang Saluran (km) | Kondisi Eksisting Saluran |
|----|-------------------------|----------------|-----------|----------------------|---------------------------|
| | | B (meter) | H (meter) | | |
| 1 | Jl. Helvetia Raya kiri | 0,53 | 0,17 | 1,52 | Beton |
| 2 | Jl. Helvetia Raya kanan | 1,22 | 0,70 | 1,52 | Beton |

Dari hasil survei juga didapat bentuk saluran drainase dan dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4: Saluran drainase sekunder

a. Saluran Jln. Helvetia Raya kiri

Diketahui:

Luas Permukaan (A):

$$A = b \times h$$

$$A = 0,53 \times 0,17$$

$$A = 0,09 \text{ m}^2$$

Keliling Basah (P):

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

$$P = (2 \times 0,17) + 0,53$$

$$P = 0,87 \text{ m}$$

Jari-jari Hidraulis (R):

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

$$R = \frac{0,0901}{0,87}$$

$$R = 0,1035 \text{ m}$$

Kecepatan (*Manning*):

Koefisien pengaliran *Manning* untuk kondisi saluran pasangan batu disemen

= 0,025 dari Tabel 2.11.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,025} \times 0,1035^{\frac{2}{3}} \times 0,002^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 0,025 \text{ m/det}$$

Jadi kapasitas tampungan penampang saluran adalah:

$$Q = V \times A$$

$$Q = 0,3944 \times 0,0901$$

$$Q = 0,0355 \text{ m}^3/\text{det}$$

b. Saluran Jl. Helvetia Raya kanan

Diketahui:

Luas Permukaan (A):

$$A = b \times h$$

$$A = 1,22 \times 0,70$$

$$A = 0,854 \text{ m}^2$$

Keliling Basah (P):

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

$$P = (2 \times 1) + 1.2$$

$$P = 2,62 \text{ m}$$

Jari-jari Hidraulis (R):

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

$$R = \frac{0,854}{2,62}$$

$$R = 0,3259 \text{ m}$$

Kecepatan (*Manning*):

Koefisien pengaliran *Manning* untuk kondisi saluran pasangan batu disemen = 0,025 dari Tabel 2.11.

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{1}{0,025} \times 0,326^{\frac{2}{3}} \times 0,002^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 0,847 \text{ m/det}$$

Jadi kapasitas tampungan penampang saluran adalah:

$$Q = V \times A$$

$$Q = 0,8472 \times 0,854$$

$$Q = 0,72355 \text{ m}^3/\text{det}$$

Dari hasil Q rancangan debit banjir dan Q analisis tampungan penampung diatas di buat perbandingan hasil perhitungan untuk mengetahui kondisi saluran drainase seperti pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16: Perbandingan Q analisis tampungan penampung dan Q analisis rancangan debit banjir di Jl. Helvetia Raya.

| No | Nama Saluran | Q Tampungan Penampung | Q Rancangan Debit Banjir | | | Keterangan |
|----|---------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------|
| | | | 2 Tahun | 5 Tahun | 10 Tahun | |
| 1 | Drainase Jl. Helvetia Raya Kiri | 0,0355 m ³ /det | 0,964 m ³ /det | 1,084 m ³ /det | 1,152 m ³ /det | Tidak aman |

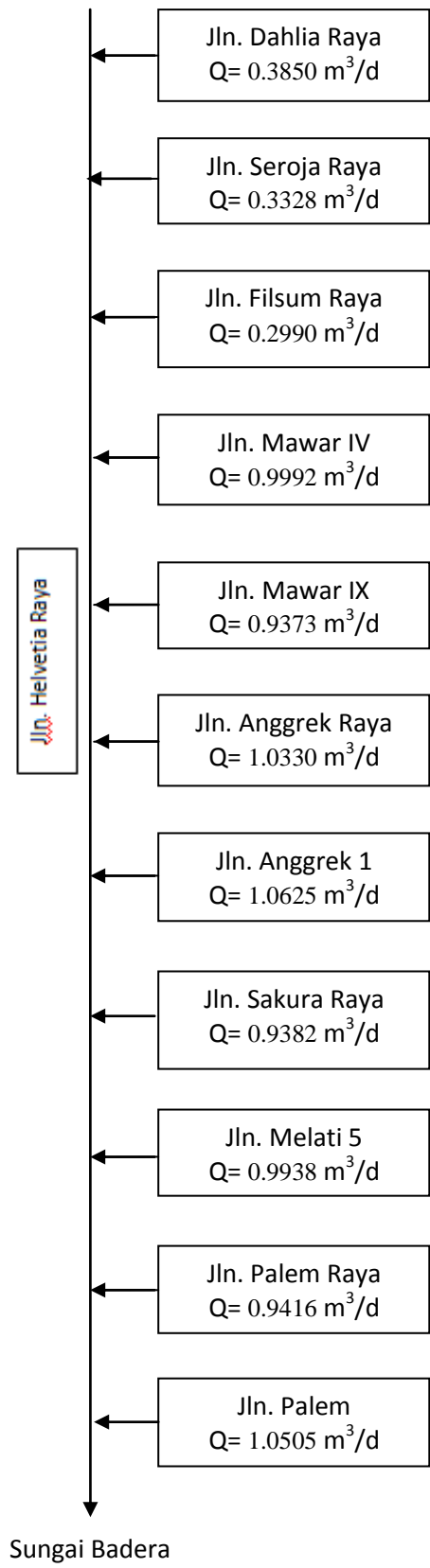
Tabel 4.16: *Lanjutan*

| No | Nama Saluran | Q Tampung Penampung | Q Rancangan Debit Banjir | | | Keterangan |
|----|--|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------|
| 2 | Drainase Jl. Helvetia Raya Kanan | 0,7235 m ³ /det | 0,964 m ³ /det | 1,084 m ³ /det | 1,152 m ³ /det | Tidak aman |

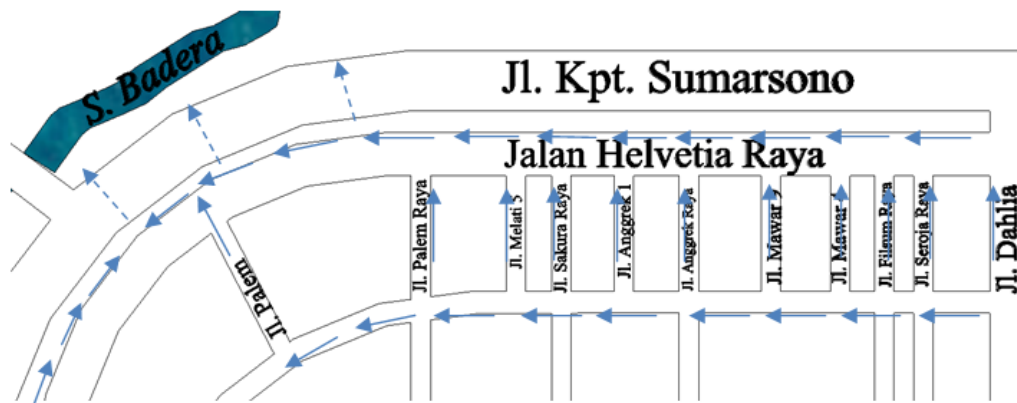
Dari hasil perhitungan nilai Q kapasitas tampungan penampung drainase dengan perhitungan nilai Q rancangan debit banjir periode 2, 5, dan 10 tahun diketahui drainase tidak mampu lagi menampung besarnya debit curah hujan.

Tabel 4.17: Daftar saluran Tersier yang ditinjau

| Nama Saluran Drainase | Lebar (meter) | Tinggi (meter) | A (meter ²) | Q M ³ /detik | Debit banjir kala ulang 10 tahun | Limpasan M ³ /detik |
|--------------------------|------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|--|-----------------------------------|
| Jln. dahlia Kiri | 0,95 | 0,9 | 0,855 | 0,701932 | 1,152 | 0,45 |
| Jln. Seroja raya Kanan | 0,98 | 0,92 | 0,9016 | 0,754103 | 1,152 | 1,02 |
| Jln. Seroja raya Kiri | 0,95 | 1 | 0,95 | 0,79842 | 1,152 | 0,398 |
| Jln. Filsum raya Kanan | 0,97 | 1,09 | 1,0573 | 0,913475 | 1,152 | 0,354 |
| Jln. Filsum raya Kiri | 1,03 | 0,9 | 0,927 | 0,78798 | 1,152 | 0,239 |
| Jln. Mawar 4 Kanan | 0,28 | 0,73 | 0,2044 | 0,087702 | 1,152 | 0,36459 |
| Jln. Mawar 4 Kiri | 0,4 | 0,8 | 0,32 | 0,168708 | 1,152 | 1,06487 |
| Jln. Mawar IX Kanan | 0,39 | 0,89 | 0,3471 | 0,18296 | 1,152 | 0,98386 |
| Jln. Mawar IX Kiri | 0,37 | 0,8 | 0,296 | 0,149651 | 1,152 | 0,96961 |
| Jln. Anggrek raya Kanan | 0,8 | 1,2 | 0,96 | 0,769589 | 1,152 | 1,00292 |
| Jln. Anggrek raya Kiri | 0,32 | 0,4 | 0,128 | 0,053923 | 1,152 | 0,38298 |
| Jln. Anggrek 1 Kanan | 0,35 | 0,47 | 0,1645 | 0,074551 | 1,152 | 1,09864 |
| Jln. Anggrek 1 Kiri | 0,23 | 0,31 | 0,0713 | 0,02444 | 1,152 | 1,07802 |
| Jln. Sakura Raya Kn | 1,05 | 1 | 1,05 | 0,922619 | 1,152 | 1,12813 |
| Jln. Sakura Raya Kiri | 0,5 | 0,54 | 0,27 | 0,148733 | 1,152 | 0,22995 |
| Jln. Melati 5 Kanan | 0,67 | 0,6 | 0,402 | 0,258061 | 1,152 | 1,00383 |
| Jln. Melati 5 Kiri | 0,3 | 0,7 | 0,21 | 0,093176 | 1,152 | 0,89451 |
| Jln. palem raya Kanan | 0,6 | 0,43 | 0,258 | 0,145335 | 1,152 | 1,05939 |
| Jln. palem raya Kiri | 0,99 | 1,16 | 1,1484 | 1,014324 | 1,152 | 1,00723 |
| Jln. palem Kanan | 0,37 | 0,5 | 0,185 | 0,087105 | 1,152 | 0,13824 |
| Jln. palem Kiri | 0,2 | 0,53 | 0,106 | 0,036406 | 1,152 | 1,06546 |



Gambar 4.5: Skema Saluran



Gambar 3.7: Peta denah pola aliran air.

4.10. Perencanaan Sumur resapan

Tabel 4.18: Rancangan yang ingin diresapkan melalui sumur resapan

| No | Nama Saluran | Q Rancangan Debit Banjir | | | Keterangan |
|----|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| | | 2 Tahun | 5 Tahun | 10 Tahun | |
| 1 | Drainase Jl. Helvetia Raya kiri | 0,929 m ³ /det | 1,048 m ³ /det | 1,117 m ³ /det | Besarnya debit untuk diresapkan |
| 2 | Drainase Jl. Helvetia Raya kanan | 0,241 m ³ /det | 0,360 m ³ /det | 0,429 m ³ /det | Besarnya debit untuk diresapkan |

Pengukuran Laju Infiltrasi dari kelurahan Helvetia Tengah 7,20 cm/ Jam 1,73 m/ Hari dengan kedalaman muka air tanah 155 cm. dari data tersebut maka kedalaman Muka air Mendekati SNI > 75 < 150 cm.

Untuk perhitungan dan penentuan Sumur Resapan yang akan diterapkan ialah dengan Penampang Lingkaran. Sesuai SNI No. 03-2453-2002 maka digunakan rumus,

$$V_{ab} = 0,855 \cdot C_{\text{tadah}} \cdot A_{\text{tadah}} \cdot R$$

$$V_{ab} = 0,855 \cdot 0,70 \cdot 175000 \cdot 1,117$$

$$V_{ab} = 116991,78 \text{ L}$$

$$V_{ab} = 116,99 \text{ m}^3$$

Untuk Perhitungan volume air hujan yang meresap, terlebih dahulu ditentukan rencana diameter sumur (D_{sumur}) dan kedalaman sumur (H_{rencana}). Maka anggapan awal ditetapkan:

$$D_{\text{sumur}} = 0,8 \text{ m}$$

$$H_{\text{rencana}} = 1,5 \text{ m}$$

Selanjutnya, Perhitungan volume air hujan yang meresap.

$$t_e = 0,9 \cdot R^{0,92} / 60$$

$$t_e = 0,9 \cdot (1,051)^{0,92} / 60$$

$$t_e = 0,0156 \text{ Menit} = 0,000277 \text{ Jam.}$$

Untuk A_{total} sumur didapat dari penjumlahan luas dinding sumur (A_v) dan luas alas sumur (A_h).

$$A_{\text{sumur}} = \text{luas dinding} + \text{luas alas}$$

$$A_{\text{sumur}} = (2\pi \times r \times H) + (2\pi \times r^2)$$

$$A_{\text{sumur}} = (2 \times 3,14 \times 0,4 \times 1,5) + (2 \times 3,14 \times 0,4^2)$$

$$A_{\text{sumur}} = 3,768 + 1,0048$$

$$= 4,7728 \text{ m}^2$$

Nilai permabilitasnya didapat dari nilai faktor peresapan pada titik percobaan pengujian dilapangan sebagai berikut:

$$K = 7,20 \text{ cm}^2/\text{Jam}$$

$$1,73 \text{ m}^2/\text{Hari}$$

Semua hasil perhitungan yang telah dicari, disubstitusikan kedalam rumus:

$$\begin{aligned} V_{\text{rsp}} &= \frac{t_e}{24} \cdot A_{\text{total sumur}} \cdot K \\ &= \frac{0,000276}{24} \cdot 4,7728 \cdot 1,73 \\ &= 0,0000952 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Untuk mendapat volume penampungan (storasi) air hujan, digunakan rumus:

$$\begin{aligned} V_{\text{storasi}} &= V_{\text{ab}} - V_{\text{rsp}} \\ &= 116,99 - 0,0000952 = 116,99 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Penentuan jumlah Sumur Resapan terlebih dahulu menghitung H_{total} menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} H_{\text{total}} &= \frac{V_{\text{ab}} - V_{\text{rsp}}}{A_{\text{alas sumur}}} \\ &= \frac{116,99}{1,0048} = 116,43 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah Sumur Resapan didapat dengan menggunakan rumus:

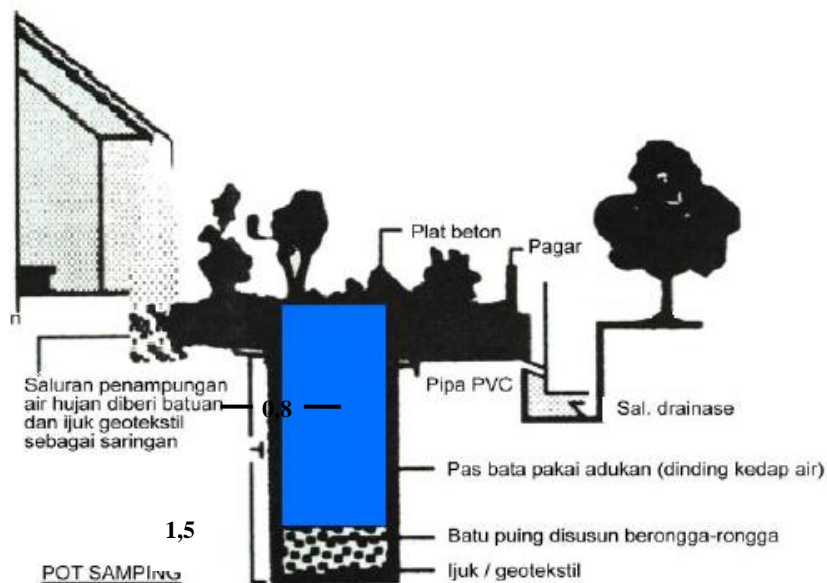
$$n = \frac{H_{total}}{H_{rencana}}$$

$$= \frac{116,43}{1,5} = 77,62 \approx 78 \text{ Unit Sumur Resapan.}$$

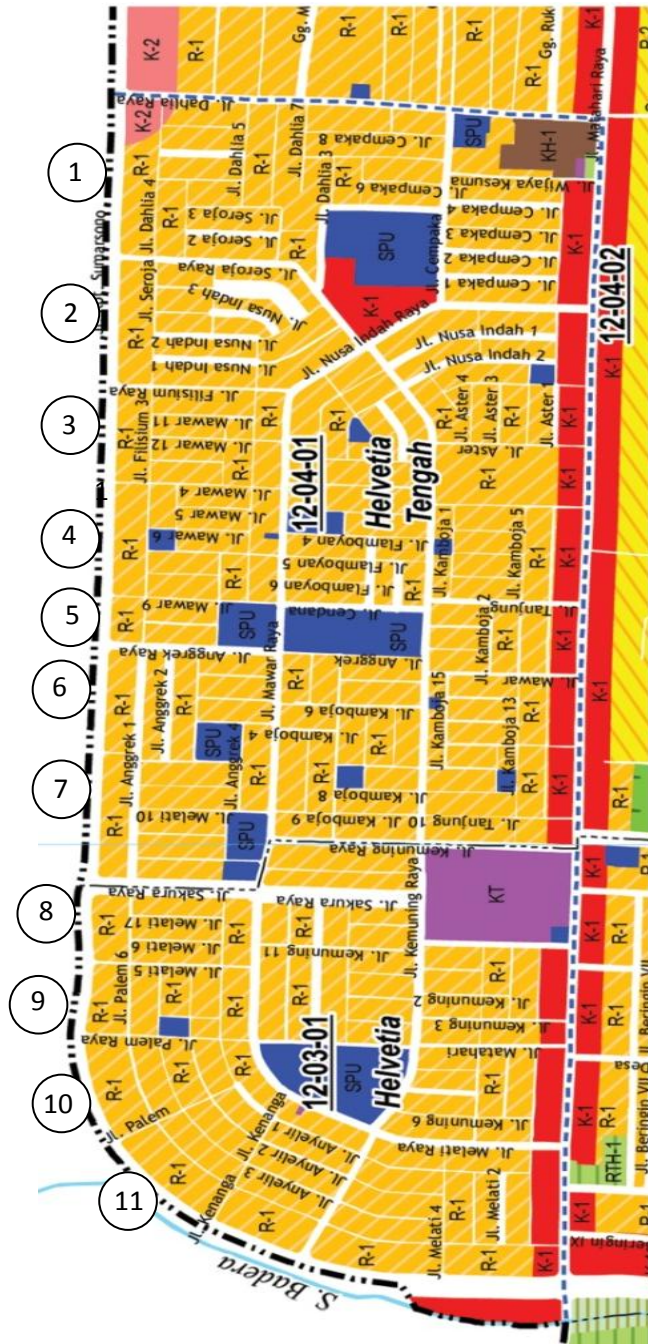
Untuk pembagian banyaknya sumur resapan pada daerah helvetia sesuai dengan luas daerah yang ditinjau maka didapat 11 bagian wilayah, dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19: Penjelasan unit dan lokasi sumur resapan

| No. | Unit | Volume penampungan Rencana (m ³) | Volume (m ³) |
|-------|------|--|--------------------------|
| 1 | 11 | 110,07 | 1166,41 |
| 2 | 9 | 110,07 | 951,44 |
| 3 | 6 | 110,07 | 710,89 |
| 4 | 8 | 110,07 | 883,93 |
| 5 | 3 | 110,07 | 365,20 |
| 6 | 7 | 110,07 | 802,48 |
| 7 | 9 | 110,07 | 1008,70 |
| 8 | 5 | 110,07 | 583,84 |
| 9 | 5 | 110,07 | 571,93 |
| 10 | 7 | 110,07 | 790,57 |
| 11 | 7 | 110,07 | 750,03 |
| Total | 78 | | 8585,46 |



Gambar 4.6: Perencanaan sumur resapan



Gambar 4.7: Ploting sumur resapan yang direncanakan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Besarnya debit banjir rencana.
Kala ulang 2 Tahun : $0.964 \text{ m}^3/\text{det}$, $t= 1 \text{ jam}$
Kala ulang 5 Tahun : $1,084 \text{ m}^3/\text{det}$, $t= 1 \text{ jam}$
Kala ulang 10 Tahun : $1,152 \text{ m}^3/\text{det}$, $t= 1 \text{ jam}$
2. Limpasan air yang tidak mampu ditampung drainase di Jln Matahari raya.
Drainase kiri
Kala ulang 2 Tahun : $0.929 \text{ m}^3/\text{det}$, $t= 1 \text{ jam}$
Kala ulang 5 Tahun : $1,048 \text{ m}^3/\text{det}$, $t= 1 \text{ jam}$
Kala ulang 10 Tahun : $1,117 \text{ m}^3/\text{det}$, $t= 1 \text{ jam}$
Drainase kanan
Kala ulang 2 Tahun : $0,241 \text{ m}^3/\text{det}$, $t= 1 \text{ jam}$
Kala ulang 5 Tahun : $0,360 \text{ m}^3/\text{det}$, $t= 1 \text{ jam}$
Kala ulang 10 Tahun : $0,429 \text{ m}^3/\text{det}$, $t= 1 \text{ jam}$
3. Dari hasil yang diperoleh untuk meresapkan air sebanyak $116,99 \text{ m}^3$ dari $17,5 \text{ Ha}$ daerah yang ditinjau diperlukan sebanyak 78 unit sumur resapan, ukuran sumur dengan diameter 80 cm dan tinggi 150 cm.

5.2. Saran

1. Hasil penelitian tulisan ini diharapkan dapat dikembangkan lagi agar drainase ramah lingkungan dapat diterapkan dan dijadikan solusi penanggulangan banjir.
2. Hasil penelitian tulisan ini dapat diharapkan menjadi masukan yang berguna bagi pengiat lingkungan.
3. Perlunya koordinasi yang baik antar pemerintah kota Medan dengan masyarakat agar pembangunan utilitas drainase yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arafat, Yassir. 2008. Reduksi Beban Aliran Drainase Permukaan dengan Menggunakan Sumur Resapan. *Jurnal SMARTek*, Vol. 6, No. 3: 144–153.
- Ardiana, Suci Emi. (2017). Analisa Drainase Sebagai Pengendalian Banjir Di Kecamatan medan Timur. *Tugas Akhir*, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. 2012. Buku Jilid IA Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan. Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum. 1989. Metode Perhitungan Debit Banjir Edisi Pertama. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Bangunan
- Hisbulloh (1995) *Hidrologi untuk pengairan*, Jakarta: Pradnya Paramita.
- JR dan Paulhus. (1986) *Mengenal dasar-dasar hidrologi*, Bandung : Nova.
- Kurnia, Nanda Alif (2017). Studi Pemanfaatan Air Hujan Dari Atap Bangunan Sebagai Solusi Menghemat Pemakaian Air Pdam Pada Gedung Perkantoran Di Kecamatan Medan Belawan. Tugas Akhir Prodi S1 Teknik Sipil UMSU.
- Kusnaedi. 2011. Sumur Resapan untuk Pemukiman Perkotaan dan Pedesaan. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Montarcih (2009) *Hidrologi teknik sumber daya air jilid 1*, Malang: Citra.
- Prasetyo, Bayu (2018). Evaluasi Saluran Drainase Pada Jalan Seroja Di Kelurahan Tanjung Rejo Kecamatan Medan Sunggal. Tugas Akhir Prodi S1 Teknik Sipil UMSU.
- Republik Indonesia. 2014. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12 Tahun 2004 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan. Jakarta
- Seyhan (1990) *Dasar-dasar hidrologi*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Siahaan, Firis Adilla (2018). Analisis Banjir Rancangan Dengan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Snyder Dan Scs (*Soil Conservation Services*) Das Deli. Tugas Akhir Prodi S1 Teknik Sipil UMSU
- Soedibyo. (2003) *Teknik bendungan*, Jakarta: Pradya Paramita.
- Soemarto, C.D. (1995) *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Sri. (1993) *Analisis hidrologi*, Jakarta: Mediatama Saptakarya.

- Sunjoto, Sistem Peresapan Air Hujan di Kawasan Pesisir, *Prosiding Seminar Pengelolaan dan Pemanfaatan Airtanah Berwawasan Lingkungan di Daerah Pesisir*, BPPT, Jakarta, 1995, 157 - 170.
- Suroso. 2015. "MENGATASI BANJIR DENGAN SUMUR RESAPAN" (online), (<http://trtb.pemkomedan.go.id>)
- Suripin (2004) *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Jakarta: Andi.
- Syifa, I. H. (2015) Kajian Metode Hidrograf Satuan Sintetik Pada Sungai Deli, *Laporan Tugas Akhir*, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.
- Triatmodjo, B. (1993) *Hidraulika Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wesli (2008) *Drainase Perkotaan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Zevri, A. (2014). Analisis Potensi Resiko Banjir pada DAS yang Mencakup Kota Medan dengan Sistem Informasi Geografis. *Tesis Master Prodi S2 Teknik Sipil USU*.

LAMPIRAN



Gambar L.1: Drainase pada jalan Helvetia raya



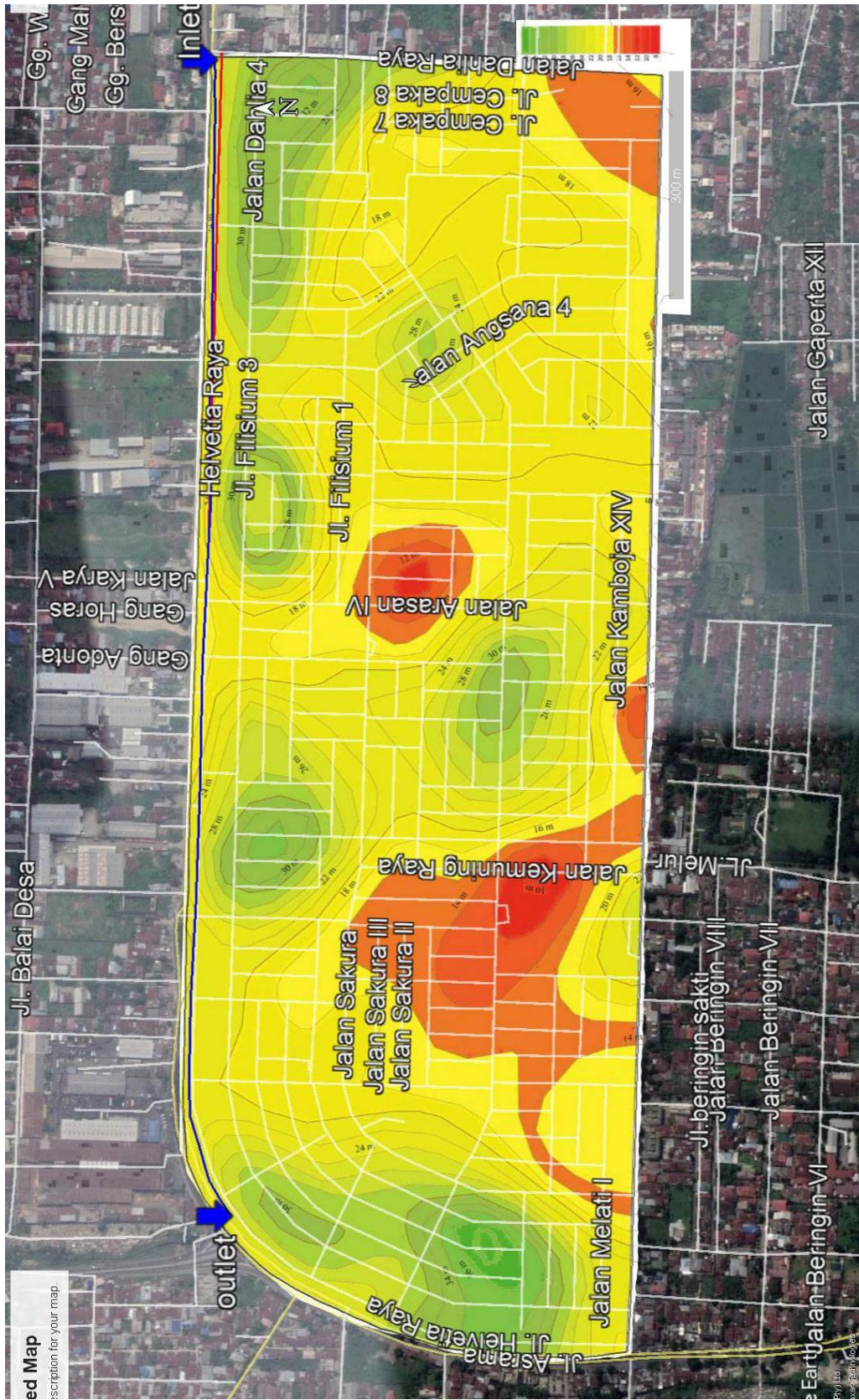
Gambar L.2: Keadaan banjir pada jalan Helvetia Raya



Gambar L.3: Keadaan banjir pada jalan sakura raya



Gambar L.4: Keadaan banjir pada jalan Helvetia Raya



Gambar L.5: Kontur perumnas (Global Mapper)

| Z | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| -3.9 | 0.00005 | 0.00005 | 0.00004 | 0.00004 | 0.00004 | 0.00004 | 0.00004 | 0.00004 | 0.00003 | 0.00003 |
| -3.8 | 0.00007 | 0.00007 | 0.00007 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00005 | 0.00005 | 0.00005 |
| -3.7 | 0.00011 | 0.00010 | 0.00010 | 0.00010 | 0.00009 | 0.00009 | 0.00008 | 0.00008 | 0.00008 | 0.00008 |
| -3.6 | 0.00016 | 0.00015 | 0.00015 | 0.00014 | 0.00014 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00012 | 0.00012 | 0.00011 |
| -3.5 | 0.00023 | 0.00022 | 0.00022 | 0.00021 | 0.00020 | 0.00019 | 0.00019 | 0.00018 | 0.00017 | 0.00017 |
| -3.4 | 0.00034 | 0.00032 | 0.00031 | 0.00030 | 0.00029 | 0.00028 | 0.00027 | 0.00026 | 0.00025 | 0.00024 |
| -3.3 | 0.00048 | 0.00047 | 0.00045 | 0.00043 | 0.00042 | 0.00040 | 0.00039 | 0.00038 | 0.00036 | 0.00035 |
| -3.2 | 0.00069 | 0.00066 | 0.00064 | 0.00062 | 0.00060 | 0.00058 | 0.00056 | 0.00054 | 0.00052 | 0.00050 |
| -3.1 | 0.00097 | 0.00094 | 0.00090 | 0.00087 | 0.00084 | 0.00082 | 0.00079 | 0.00076 | 0.00074 | 0.00071 |
| -3.0 | 0.00135 | 0.00131 | 0.00126 | 0.00122 | 0.00118 | 0.00114 | 0.00111 | 0.00107 | 0.00103 | 0.00100 |
| -2.9 | 0.0019 | 0.0018 | 0.0018 | 0.0017 | 0.0016 | 0.0016 | 0.0015 | 0.0015 | 0.0014 | 0.0014 |
| -2.8 | 0.0026 | 0.0025 | 0.0024 | 0.0023 | 0.0023 | 0.0022 | 0.0021 | 0.0021 | 0.0020 | 0.0019 |
| -2.7 | 0.0035 | 0.0034 | 0.0033 | 0.0032 | 0.0031 | 0.0030 | 0.0029 | 0.0028 | 0.0027 | 0.0026 |
| -2.6 | 0.0047 | 0.0045 | 0.0044 | 0.0043 | 0.0041 | 0.0040 | 0.0039 | 0.0038 | 0.0037 | 0.0036 |
| -2.5 | 0.0062 | 0.0060 | 0.0059 | 0.0057 | 0.0055 | 0.0054 | 0.0052 | 0.0051 | 0.0049 | 0.0048 |
| -2.4 | 0.0082 | 0.0080 | 0.0078 | 0.0075 | 0.0073 | 0.0071 | 0.0069 | 0.0068 | 0.0066 | 0.0064 |
| -2.3 | 0.0107 | 0.0104 | 0.0102 | 0.0099 | 0.0096 | 0.0094 | 0.0091 | 0.0089 | 0.0087 | 0.0084 |
| -2.2 | 0.0139 | 0.0136 | 0.0132 | 0.0129 | 0.0125 | 0.0122 | 0.0119 | 0.0116 | 0.0113 | 0.0110 |
| -2.1 | 0.0179 | 0.0174 | 0.0170 | 0.0166 | 0.0162 | 0.0158 | 0.0154 | 0.0150 | 0.0146 | 0.0143 |
| -2.0 | 0.0228 | 0.0222 | 0.0217 | 0.0212 | 0.0207 | 0.0202 | 0.0197 | 0.0192 | 0.0188 | 0.0183 |
| -1.9 | 0.0287 | 0.0281 | 0.0274 | 0.0268 | 0.0262 | 0.0256 | 0.0250 | 0.0244 | 0.0239 | 0.0233 |
| -1.8 | 0.0359 | 0.0351 | 0.0344 | 0.0336 | 0.0329 | 0.0322 | 0.0314 | 0.0307 | 0.0301 | 0.0294 |
| -1.7 | 0.0446 | 0.0436 | 0.0427 | 0.0418 | 0.0409 | 0.0401 | 0.0392 | 0.0384 | 0.0375 | 0.0367 |
| -1.6 | 0.0548 | 0.0537 | 0.0526 | 0.0516 | 0.0505 | 0.0495 | 0.0485 | 0.0475 | 0.0465 | 0.0455 |
| -1.5 | 0.0668 | 0.0655 | 0.0643 | 0.0630 | 0.0618 | 0.0606 | 0.0594 | 0.0582 | 0.0571 | 0.0559 |
| -1.4 | 0.0808 | 0.0793 | 0.0778 | 0.0764 | 0.0749 | 0.0735 | 0.0721 | 0.0708 | 0.0694 | 0.0681 |
| -1.3 | 0.0968 | 0.0951 | 0.0934 | 0.0918 | 0.0901 | 0.0885 | 0.0869 | 0.0853 | 0.0838 | 0.0823 |
| -1.2 | 0.1151 | 0.1131 | 0.1112 | 0.1093 | 0.1075 | 0.1056 | 0.1038 | 0.1020 | 0.1003 | 0.0985 |
| -1.1 | 0.1357 | 0.1335 | 0.1314 | 0.1292 | 0.1271 | 0.1251 | 0.1230 | 0.1210 | 0.1190 | 0.1170 |
| -1.0 | 0.1587 | 0.1562 | 0.1539 | 0.1515 | 0.1492 | 0.1469 | 0.1446 | 0.1423 | 0.1401 | 0.1379 |
| -0.9 | 0.1841 | 0.1814 | 0.1788 | 0.1762 | 0.1736 | 0.1711 | 0.1685 | 0.1660 | 0.1635 | 0.1611 |
| -0.8 | 0.2119 | 0.2090 | 0.2061 | 0.2033 | 0.2005 | 0.1977 | 0.1949 | 0.1922 | 0.1894 | 0.1867 |
| -0.7 | 0.2420 | 0.2388 | 0.2358 | 0.2327 | 0.2296 | 0.2266 | 0.2236 | 0.2206 | 0.2177 | 0.2148 |
| -0.6 | 0.2743 | 0.2709 | 0.2676 | 0.2643 | 0.2611 | 0.2578 | 0.2546 | 0.2514 | 0.2482 | 0.2451 |
| -0.5 | 0.3085 | 0.3050 | 0.3015 | 0.2981 | 0.2946 | 0.2912 | 0.2877 | 0.2843 | 0.2810 | 0.2776 |
| -0.4 | 0.3446 | 0.3409 | 0.3372 | 0.3336 | 0.3300 | 0.3264 | 0.3228 | 0.3192 | 0.3156 | 0.3121 |
| -0.3 | 0.3821 | 0.3783 | 0.3745 | 0.3707 | 0.3669 | 0.3632 | 0.3594 | 0.3557 | 0.3520 | 0.3483 |
| -0.2 | 0.4207 | 0.4168 | 0.4129 | 0.4090 | 0.4052 | 0.4013 | 0.3974 | 0.3936 | 0.3897 | 0.3859 |
| -0.1 | 0.4602 | 0.4562 | 0.4522 | 0.4483 | 0.4443 | 0.4404 | 0.4364 | 0.4325 | 0.4286 | 0.4247 |
| -0.0 | 0.5000 | 0.4960 | 0.4920 | 0.4880 | 0.4840 | 0.4801 | 0.4761 | 0.4721 | 0.4681 | 0.4641 |

Tabel L1 : Pembagian wilayah

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Radidya Bathara Ismoyo
Tempat, Tanggal Lahir : Medan 16 Februari 1996
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Alamat Sekarang : Jl. Setia Budi, Komp. Griya Kalpataru, No. A5,
Medan
No. HP/Telp Seluler : 08123459584
E-mail : Bathararadidaya@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Lili Suriadi Suryadiningrat SE
Ibu : Sri Dewi Chandrakirana SE

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1507210136
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

| No | Tingkat Pendidikan | Nama dan Tempat | Tahun Kelulusan |
|----|--|-----------------------|-----------------|
| 1 | Sekolah Dasar | SD IKAL Medan | 2008 |
| 2 | SMP | SMP Negeri 16 Medan | 2011 |
| 3 | SMA | SMA KARTIKA I-2 Medan | 2014 |
| 4 | Melanjutkan Kuliah Di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2015 sampai selesai. | | |