

# SKRIPSI

## SIMULASI KOLAM DETENSI PENGENDALI BANJIR KOTA SENGKANG (KASUS JL. DAHLIA – VETERAN)

Disusun dan diajukan oleh:

**MAULANA BAGASWARA MARSIDI**  
**D011 18 1311**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
**GOWA**  
**2024**



**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**SIMULASI KOLAM DETENSI PENGENDALI BANJIR KOTA  
SENGKANG (KASUS JL. DAHLIA – VETERAN)**

Disusun dan diajukan oleh

**Maulana Bagaswara Marsidi  
D011181311**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian  
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 10 Juli 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Ir. Rita Tahir Lopa, M.T.  
NIP 196703191992032001

Pembimbing Pendamping,



Dr. Ir. Riswal K, ST., MT., IPM., AER  
NIP 197105052006041002

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng  
NIP 196805292002121002



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini ;

Nama : Maulana Bagaswara Marsidi  
NIM : D011 18 1311  
Program Studi : Teknik Sipil  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Simulasi Kolam Detensi Pengendali Banjir Kota Sengkang (Kasus Jl. Dahlia – Veteran)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak mana pun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala risiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 10 Juli 2024

Yang Menyatakan

  
  
Maulana Bagaswara Marsidi



## ABSTRAK

**MAULANA BAGASWARA MARSIDI.** *Simulasi Kolam Detensi Pengendali Banjir Kota Sengkang (Kasus Jl. Dahlia – Veteran)* (dibimbing oleh Rita Tahir Lopa dan Riswal K)

Banjir dan genangan yang kerap terjadi di perkotaan dan pedesaan menjadi masalah yang belum dapat ditangani secara optimal dan sering kali menjadi konflik multi-pihak. Penyebabnya bervariasi, mulai dari pasang air laut, intensitas curah hujan tinggi, perubahan tata guna lahan, hingga sedimentasi drainase. Studi ini berfokus pada Kota Sengkang, Sulawesi Selatan, yang setiap tahunnya mengalami banjir akibat intensitas curah hujan tinggi dan perubahan tata guna lahan.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan ketahanan daerah perkotaan yang rentan terhadap banjir melalui evaluasi efektivitas kolam detensi pengendali banjir. Diharapkan, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam penanganan masalah banjir dan genangan di Kota Sengkang dan daerah lainnya yang memiliki problematik serupa.

Sebagai solusi, penelitian ini mengevaluasi efektivitas kolam detensi pengendali banjir dalam mengurangi dampak banjir perkotaan. Kolam detensi berfungsi menampung air hujan berlebih dan menyimpannya sementara waktu untuk mengurangi beban sistem drainase perkotaan. Metode simulasi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Centers - River Analysis System*) untuk mengembangkan model hidraulika yang akurat.

Implementasi kolam detensi pengendali banjir di Jalan Dahlia – Jalan Veteran efektif dalam mereduksi puncak debit limpasan dengan potensi reduksi minimal 24,38% dan akumulasi volume yang mengarah ke hilir dengan potensi reduksi minimal 10,18%, akan tetapi belum efektif dalam mereduksi luas genangan dan tinggi muka air khususnya di area Bundaran Tugu Veteran.

Kata Kunci: HEC-RAS, Kolam Detensi, Simulasi, Sengkang, Banjir



## ABSTRACT

**MAULANA BAGASWARA MARSIDI.** *Flood Control Detention Pond Simulation in Kota Sengkang (Case of Jl. Dahlia – Veteran)* (supervised by Rita Tahir Lopa and Riswal K)

Floods and inundations that frequently occur in urban and rural areas remain an unresolved issue and often become a multi-party conflict. The causes vary, ranging from sea tides, high rainfall intensity, land use changes, to drainage sedimentation. This study focuses on the city of Sengkang, South Sulawesi, which experiences floods every year due to high rainfall intensity and land use changes.

This research aims to enhance the resilience of urban areas prone to flooding through the evaluation of the effectiveness of flood control detention ponds. It is hoped that the results of this research can serve as a basis for addressing flooding and inundation issues in the city of Sengkang and other areas with similar problems.

As a solution, this research evaluates the effectiveness of flood control detention ponds in reducing the impact of urban flooding. Detention ponds function to accommodate excess rainwater and temporarily store it to reduce the burden on the urban drainage system. The simulation method used in this research utilizes the HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers - River Analysis System) software to develop an accurate hydraulic model.

The implementation of flood control detention ponds on Dahlia Street – Veteran Street is effective in reducing the peak runoff with a minimum reduction potential of 24.38% and the accumulation of volume heading downstream with a minimum reduction potential of 10.18%. However, it is not yet effective in reducing the extent of flooding and water levels, especially in the Bundaran Tugu Veteran area.

Keywords: HEC-RAS, Detention Pond, Simulation, Sengkang, Flood



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
KATA PENGANTAR .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan.....	3
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan.....	4
1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Drainase .....	5
2.2 Kolam Detensi.....	7
2.3 Analisis Hidrologi.....	7
2.4 Debit Banjir Rancangan .....	22
2.5 HEC-RAS.....	26
BAB 3 METODE PENELITIAN/PERANCANGAN .....	34
3.1 Lokasi Penelitian.....	34
3.2 Jenis Penelitian dan Sumber Data.....	34
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	35
3.4 Prosedur Penelitian .....	36
3.5 Studi Literatur .....	40
3.6 Metode Pengumpulan Data.....	40
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	41
4.1 Hasil Identifikasi Daerah Studi.....	41
4.2 Pengukuran Topografi / Pengukuran <i>Drone</i> .....	41
4.3 Analisis Hidrologi.....	43
4.4 Analisis Debit Banjir Rancangan.....	57
4.5 Simulasi HEC-RAS.....	62
4.6 Desain Kolam Detensi dan Pembentukan Model Simulasi .....	74
4.7 Hasil Simulasi Kolam Detensi .....	75
4.8 Analisis Hasil dan Pembahasan .....	101
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....	106
5.1 Kesimpulan .....	106
5.2 Saran.....	106
DAFTAR PUSTAKA .....	107



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Alir Pemetaan Genangan Banjir.....	33
Gambar 2. Lokasi penelitian pada ruas Jalan Dahlia – Jalan Veteran, Sengkang, Kabupaten Wajo.....	34
Gambar 3. Bagan Alir Penelitian .....	36
Gambar 4. Lokasi Penelitian .....	41
Gambar 5. <i>Digital Terrain Model (DTM)</i> dengan Garis Kontur .....	42
Gambar 6. Daerah Tangkapan Air dan Pembagian Sub-DTA.....	43
Gambar 7. Lokasi Stasiun Curah Hujan TRMM .....	44
Gambar 8. Peta HSG Sekitar Lokasi Penelitian.....	55
Gambar 9. Peta Tutupan Lahan Lokasi Penelitian.....	56
Gambar 10. Skema Simulasi DTA Jalan Dahlia – Jalan Veteran pada HEC- HMS .....	58
Gambar 11. Hidrograf Banjir Sub-DTA Upstream 1.....	59
Gambar 12. Hidrograf Banjir Sub-DTA Upstream 2.....	60
Gambar 13. Hidrograf Banjir Sub-DTA Upstream 3.....	61
Gambar 14. Hidrograf Banjir Sub-DTA Upstream 4.....	62
Gambar 15. Model <i>Terrain</i> dengan saluran pada HEC-RAS .....	63
Gambar 16. Data Geometri HEC-RAS 2D .....	64
Gambar 17. <i>Land Cover</i> dan Koefisien <i>Manning's</i> .....	65
Gambar 18. Data <i>Unsteady Flow</i> .....	66
Gambar 19. Pengaturan <i>Unsteady Flow Analysis</i> .....	66
Gambar 20. Peta Genangan Banjir Periode Kala Ulang 2 Tahun .....	68
Gambar 21. Profil Melintang Elevasi Muka Air di Hilir Jalan Dahlia Periode Kala Ulang 2 Tahun .....	69
Gambar 22. Profil Melintang Elevasi Muka Air di <i>Box Culvert</i> Jalan Veteran (Bundaran Tugu Veteran) Periode Kala Ulang 2 Tahun.....	69
Gambar 23. Peta Genangan Banjir Periode Kala Ulang 5 Tahun .....	70
Gambar 24. Profil Melintang Elevasi Muka Air di Hilir Jalan Dahlia Periode Kala Ulang 5 Tahun .....	71
Gambar 25. Profil Melintang Elevasi Muka Air di <i>Box Culvert</i> Jalan Veteran (Bundaran Tugu Veteran) Periode Kala Ulang 5 Tahun.....	71
Gambar 26. Peta Genangan Banjir Periode Kala Ulang 10 Tahun .....	72
Gambar 27. Profil Melintang Elevasi Muka Air di Hilir Jalan Dahlia Periode Kala Ulang 10 Tahun .....	73
Gambar 28. Profil Melintang Elevasi Muka Air di <i>Box Culvert</i> Jalan Veteran (Bundaran Tugu Veteran) Periode Kala Ulang 10 Tahun.....	73
Gambar 29. Lokasi Kolam Detensi.....	74
Gambar 30. Pemodelan Kolam Detensi pada HEC-RAS .....	75
Gambar 31. Peta Genangan Banjir Setelah Pengendalian Periode Kala Ulang 2 Tahun.....	76
Gambar 32. Peta Luasan Area Tergenang Sebelum dan Setelah Pengendalian Periode Kala Ulang 2 Tahun .....	76
Gambar 33. Profil Melintang Elevasi Muka Air di Hilir Jalan Dahlia Setelah Pengendalian Periode Kala Ulang 2 Tahun.....	77



Gambar 34. Profil Melintang Elevasi Muka Air di <i>Box Culvert</i> Jalan Veteran (Bundaran Tugu Veteran) Setelah Pengendalian Periode Kala Ulang 2 Tahun.....	78
Gambar 35. Debit <i>Outflow</i> Pada <i>Outlet</i> 1 di Jalan Nusa Indah Periode Kala Ulang 2 Tahun.....	79
Gambar 36. Debit <i>Outflow</i> Pada <i>Outlet</i> 2 di Jalan Melati Periode Kala Ulang 2 Tahun.....	79
Gambar 37. Debit <i>Outflow</i> Pada <i>Outlet</i> 3 di Jalan Jawa Periode Kala Ulang 2 Tahun.....	80
Gambar 38. Akumulasi Volume Pada <i>Outlet</i> 1 di Jalan Nusa Indah Periode Kala Ulang 2 Tahun .....	81
Gambar 39. Akumulasi Volume Pada <i>Outlet</i> 2 di Jalan Melati Periode Kala Ulang 2 Tahun.....	81
Gambar 40. Akumulasi Volume Pada <i>Outlet</i> 3 di Jalan Jawa Periode Kala Ulang 2 Tahun.....	82
Gambar 41. Peta Genangan Banjir Setelah Pengendalian Periode Kala Ulang 5 Tahun.....	83
Gambar 42. Peta Luasan Area Tergenang Sebelum dan Setelah Pengendalian Periode Kala Ulang 5 Tahun .....	83
Gambar 43. Profil Melintang Elevasi Muka Air di Hilir Jalan Dahlia Setelah Pengendalian Periode Kala Ulang 5 Tahun.....	84
Gambar 44. Profil Melintang Elevasi Muka Air di <i>Box Culvert</i> Jalan Veteran (Bundaran Tugu Veteran) Setelah Pengendalian Periode Kala Ulang 5 Tahun.....	85
Gambar 45. Debit <i>Outflow</i> Pada <i>Outlet</i> 1 di Jalan Nusa Indah Periode Kala Ulang 5 Tahun.....	86
Gambar 46. Debit <i>Outflow</i> Pada <i>Outlet</i> 2 di Jalan Melati Periode Kala Ulang 5 Tahun.....	86
Gambar 47. Debit <i>Outflow</i> Pada <i>Outlet</i> 3 di Jalan Jawa Periode Kala Ulang 5 Tahun.....	87
Gambar 48. Akumulasi Volume Pada <i>Outlet</i> 1 di Jalan Nusa Indah Periode Kala Ulang 5 Tahun .....	88
Gambar 49. Akumulasi Volume Pada <i>Outlet</i> 2 di Jalan Melati Periode Kala Ulang 5 Tahun.....	88
Gambar 50. Akumulasi Volume Pada <i>Outlet</i> 3 di Jalan Jawa Periode Kala Ulang 5 Tahun.....	89
Gambar 51. Peta Genangan Banjir Setelah Pengendalian Periode Kala Ulang 10 Tahun.....	90
Gambar 52. Peta Luasan Area Tergenang Sebelum dan Setelah Pengendalian Periode Kala Ulang 10 Tahun .....	90
Gambar 53. Profil Melintang Elevasi Muka Air di Hilir Jalan Dahlia Setelah Pengendalian Periode Kala Ulang 10 Tahun.....	91
Gambar 54. Profil Melintang Elevasi Muka Air di <i>Box Culvert</i> Jalan Veteran (Bundaran Tugu Veteran) Setelah Pengendalian Periode Kala Ulang 10 Tahun.....	92
Gambar 55. Debit <i>Outflow</i> Pada <i>Outlet</i> 1 di Jalan Nusa Indah Periode Kala Ulang 10 Tahun.....	93



Gambar 56. Debit <i>Outflow</i> Pada <i>Outlet</i> 2 di Jalan Melati Periode Kala Ulang 10 Tahun.....	93
Gambar 57. Debit <i>Outflow</i> Pada <i>Outlet</i> 3 di Jalan Jawa Periode Kala Ulang 10 Tahun.....	94
Gambar 58. Akumulasi Volume Pada <i>Outlet</i> 1 di Jalan Nusa Indah Periode Kala Ulang 10 Tahun .....	95
Gambar 59. Akumulasi Volume Pada <i>Outlet</i> 2 di Jalan Melati Periode Kala Ulang 10 Tahun.....	95
Gambar 60. Akumulasi Volume Pada <i>Outlet</i> 3 di Jalan Jawa Periode Kala Ulang 10 Tahun.....	96
Gambar 61. Garis Melintang Saluran Kolam Detensi .....	97
Gambar 62. Skema Debit Puncak dan Volume Akumulatif Limpasan Setelah Pengendalian Periode Kala Ulang 10 Tahun.....	98
Gambar 63. Pola Aliran Setelah Implementasi Kolam Detensi.....	99
Gambar 64. Hidrograf Outlet Kolam Detensi.....	101
Gambar 65. Grafik Luas Area Genangan.....	102
Gambar 66. Grafik Akumulasi Volume.....	105



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Pemilihan Distribusi Frekuensi.....	12
Tabel 2. Tabel nilai variabel reduksi <i>Gauss</i> .....	13
Tabel 3. Hubungan $n$ (besar sampel) dengan $Y_n$ dan $S_n$ .....	14
Tabel 4. Hubungan $n$ (besar sampel) dengan <i>Reduced Variate</i> ( $Y_t$ ).....	14
Tabel 5. Klasifikasi <i>HSG</i> .....	20
Tabel 6. Kelompok Hidrologi Jenis Tanah .....	20
Tabel 7. Nilai <i>CN</i> Tipe Lahan .....	21
Tabel 8. Fasilitas Komputasi dan Model HEC-HMS.....	23
Tabel 9. Nilai <i>Manning's</i> dengan Tutupan Lahan .....	31
Tabel 10. Curah Hujan Stasiun Tosara .....	45
Tabel 11. Curah Hujan Stasiun Laringgi .....	45
Tabel 12. Curah Hujan Stasiun Tassipi.....	46
Tabel 13. Data Curah Hujan Maksimum Metode Rerata Aljabar.....	47
Tabel 14. Nilai Rata-Rata.....	48
Tabel 15. Perhitungan Standar Deviasi.....	48
Tabel 16. Perhitungan Koefisien Kemencengan.....	49
Tabel 17. Perhitungan Koefisien Kurtosis .....	50
Tabel 18. Perhitungan Distribusi Frekuensi Metode Log Normal dan Log Pearson III.....	51
Tabel 19. Pemilihan Distribusi yang Sesuai untuk Hujan Harian.....	51
Tabel 20. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson III.....	52
Tabel 21. Uji Chi-Kuadrat Distribusi Log Pearson III.....	53
Tabel 22. Uji Smirnov-Kolmogorov .....	53
Tabel 23. Intensitas Hujan Model Mononobe.....	54
Tabel 24. Distribusi Hujan Jam-jaman.....	55
Tabel 25. Persentase Pola Guna Lahan pada DTA .....	56
Tabel 26. <i>Curve Number</i> Sub-DTA .....	57
Tabel 27. Parameter bahan inputan HEC HMS .....	57
Tabel 28. Debit Banjir Rancangan Kondisi Batas Upstream 1 .....	58
Tabel 29. Debit Banjir Rancangan Kondisi Batas Upstream 2.....	59
Tabel 30. Debit Banjir Rancangan Kondisi Batas Upstream 3.....	60
Tabel 31. Debit Banjir Rancangan Kondisi Batas Upstream 4.....	61
Tabel 32. Curah Hujan Efektif Metode SCS CN .....	62
Tabel 33. Puncak Debit Potongan Melintang Sekitar Kolam Detensi.....	100
Tabel 34. Akumulasi Volume Air pada Potongan Melintang Sekitar Kolam Detensi.....	100
Tabel 35. Perubahan Luas Area Genangan Periode Kala Ulang .....	102
Tabel 36. Rekapitulasi Tinggi Muka Air Maksimum .....	103
Tabel 37. Puncak Debit pada Saluran <i>Outlet</i> .....	103
Tabel 38. Akumulasi Volume pada <i>Outlet</i> .....	104



## DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
DTA	Daerah Tangkapan Air
HEC-RAS	<i>Hydrologic Engineering Centers - River Analysis System</i>
HEC-HMS	<i>Hydrologic Engineering Centers – Hydrologic Modeling System</i>
SCS	<i>Soil Conservation Service</i>
CN	<i>Curve Number</i>
DEM	<i>Digital Elevation Model (Model Elevasi Digital)</i>
AMC	<i>antecedent moisture conditions</i>
GCP	<i>Ground Control Point</i>



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 tautan URL ke file data curah hujan TRMM Sengkang..... 109



## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kita panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Simulasi Kolam Detensi Pengendali Banjir Kota Sengkang (Kasus Jl. Dahlia – Veteran)” yang merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli ST., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. H. M Wihardi Tjaronge S.T., M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, M.T., selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
4. Bapak Dr. Ir. Riswal K, S.T., M.T.,IPM., selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
5. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik.

Yang istimewa penulis persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua yang tercinta, yaitu Eko R. Marsidi dan Deisy M. Mudeng atas doa, kasih sayang, motivasi, dan segala dukungan selama ini, baik moral maupun material yang diberikan.
2. Saudara tercinta yaitu Larasati F. Marsidi dan Arjuna W. Marsidi yang selalu memberikan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Tiara Yania Ifani Lakita yang selalu memberi dukungan serta bantuan yang tulus selama penyelesaian tugas akhir. Serta Lilo M. yang selalu menemani selama ini.
4. Bapak Idris, Bapak Feri Fadlin, Kak Arfan Aminuddin, dan Kak Nabil Heriza atas bimbingan dan bantuannya selama penelitian berlangsung.
5. Hairah Laila Apriani dan Muh. Yusran H sebagai rekan tim selama penelitian dan bimbingan berlangsung.
6. Teman-teman SIGMA18 yang selalu menjadi rumah selama berada di perantauan.

7. TRANSISI yang senantiasa memberikan warna yang sangat begitu indah, dukungan yang tiada henti semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan luput dari kesalahan, oleh karena itu penulis mengharapkan kepada pembaca kiranya dapat



memberi sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini.

Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Gowa, 10 Juli 2024

Penulis.



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Banjir dan genangan yang terjadi di perkotaan dan pedesaan yang merupakan masalah yang masih umum terjadi sampai saat ini, masalah ini masih saja belum dapat ditangani dan sering kali menjadi konflik multi-pihak. Banjir di setiap wilayah bisa disebabkan oleh berbagai macam faktor. Terjadinya pasang air laut, adanya intensitas curah hujan tinggi yang berlangsung lama secara bersamaan, serta perubahan pada penggunaan tata guna lahan karena pembangunan yang dapat mengurangi daerah resapan dapat mengakibatkan terjadinya banjir atau genangan. Selain faktor-faktor tersebut, meluapnya sistem drainase juga dapat terjadi akibat adanya sedimentasi drainase.

Secara umum drainase didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebih dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu. Drainase perkotaan adalah ilmu drainase yang mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan fisik dan lingkungan sosial budaya yang ada di Kawasan kota tersebut. Sistem Drainase perkotaan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi: permukiman, kawasan industri dan perdagangan, sekolah, rumah sakit dan fasilitas umum lainnya yang merupakan bagian dari sarana kota.

Sistem drainase perkotaan yang baik menjadi suatu hal yang menunjang gaya hidup bersih dan sehat bagi masyarakat yang tinggal di kota tersebut. Apabila suatu kota tersebut memiliki sistem drainase yang buruk maka akan berdampak bagi masyarakat sekitar. Sistem drainase yang tidak memadai dapat disebabkan oleh daya tampung yang lebih kecil dari debit yang ada, kurangnya perawatan maupun sistem pengaliran dan pembuangan yang tidak sesuai. Jika masalah tersebut tidak diperhatikan dan tidak diberi tindak lanjut dengan serius akan dapat menimbulkan



bagian besar wilayah dan kota yang ada di Indonesia dilanda bencana tiap tahunnya. Salah satu penyebab umum yang sering terjadi adalah

ketidakmampuan sistem drainase perkotaan dalam menampung air hujan yang berlimpah saat terjadinya curah hujan tinggi. Akibatnya, air hujan tidak mengalir dengan lancar melalui saluran drainase dan banjir perkotaan pun terjadi. Fenomena ini menjadi perhatian serius, karena banjir perkotaan dapat menyebabkan kerugian ekonomi, kerusakan infrastruktur, serta risiko terhadap keselamatan manusia dan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengendalian banjir yang baik untuk menangani masalah ini.

Salah satu solusi yang banyak digunakan dan terbukti efektif dalam mengurangi dampak banjir perkotaan adalah penggunaan kolam detensi pengendali banjir. Kolam detensi pengendali banjir adalah sejenis kolam atau waduk penampungan air dalam jangka waktu tertentu dalam hal ini ketika curah hujan tinggi. Tujuan utama kolam detensi pengendali banjir adalah menampung air hujan berlebih dan menyimpannya sementara waktu agar tidak membebani sistem drainase perkotaan atau menyebabkan banjir. Ketika curah hujan berkurang dan tingkat banjir menurun, air yang ditampung dalam kolam dapat dibebaskan secara bertahap ke saluran drainase sehingga mengurangi tekanan pada sistem drainase perkotaan.

Kota Sengkang adalah ibukota Kabupaten Wajo, Kecamatan Tempe yang merupakan salah satu pusat kota yang berada di Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki luas wilayah sekitar 38,27 km<sup>2</sup> dan mempunyai topografi dataran rendah di bagian barat dan daerah perbukitan di bagian timur yang merupakan pusat kegiatan perdagangan, dan bidang layanan sosial lainnya. Hampir setiap tahun di Kota Sengkang terjadi bencana banjir yang diakibatkan oleh adanya intensitas curah hujan yang tinggi. Kedudukannya sebagai pusat kota segala aktivitas berpusat di sana sehingga konsekuensinya terjadi perubahan tata guna lahan dan bertambahnya koefisien pengaliran (*Run-off coefficient*) sehingga menyebabkan saluran-saluran yang ada tidak mampu lagi mengalirkan debit air hujan sehingga terjadi banjir.

Metode simulasi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan

perangkat lunak HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Centers - River Analysis*). Simulasi akan mempertimbangkan faktor-faktor seperti topografi, kondisi saluran, dan intensitas curah hujan tinggi untuk mengembangkan model hidraulika



yang akurat. Hasil simulasi akan membantu dalam mengevaluasi efektivitas kolam detensi pengendali banjir dalam mengurangi aliran air ke dalam sistem drainase utama dan mengatasi limpasan air tinggi pada permukaan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas kolam detensi pengendali banjir sebagai langkah proaktif dalam meningkatkan ketahanan daerah perkotaan yang rentan terhadap banjir. Dengan mengintegrasikan kolam detensi pengendali banjir ke dalam sistem drainase perkotaan yang ada, penelitian ini bertujuan untuk secara efektif mengelola dan memitigasi dampak buruk curah hujan tinggi.

Berdasarkan uraian di atas, bahwa permasalahan banjir dan genangan yang kerap terjadi di Kota Sengkang tiap tahunnya mengakibatkan terganggunya segala aktivitas masyarakat. Maka hal tersebut menjadi dasar bagi penulis untuk melakukan penelitian berjudul “**Simulasi Kolam Detensi Pengendali Banjir Kota Sengkang (Kasus Jl. Dahlia – Veteran)**”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana debit banjir pada sistem drainase eksisting di ruas jalan dahlia – veteran?
2. Bagaimana analisis perbandingan sebelum dan setelah implementasi kolam detensi pengendali banjir, seperti yang disimulasikan melalui pemodelan hidraulika?

## 1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan evaluasi terhadap kondisi eksisting prasarana drainase di Kota Sengkang sebagai berikut :

1. Menganalisis debit banjir pada sistem drainase eksisting yang ada di ruas jalan dahlia – veteran.

Menganalisis perbandingan luas dan puncak debit banjir sebelum dan setelah implementasi kolam detensi pengendali banjir, menggunakan simulasi pemodelan hidraulik.



#### 1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu :

1. Diharapkan dapat dijadikan sebagai evaluasi dan bahan pertimbangan bagi instansi yang terkait untuk menyelesaikan permasalahan mengenai banjir di Kota Sengkang.
2. Sebagai bahan kajian untuk mengetahui kapasitas debit banjir drainase Kota Sengkang yang nantinya dapat dijadikan sebagai acuan perencanaan ulang sistem drainase.
3. Memberikan manfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dalam studi yang terkait dan dapat dijadikan sebagai bahan referensi untuk kajian penelitian lebih lanjut.

#### 1.5 Ruang Lingkup/Asumsi perancangan

Ruang lingkup dalam melaksanakan penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan di area ruas Jalan Dahlia – Jalan Veteran.
2. Data yang digunakan merupakan data primer dan data sekunder yang didapatkan secara global maupun dari penyedia data pemerintah setempat.
3. Penelitian tidak membahas secara mendalam mengenai aspek perencanaan dan praktis implementasi pengelolaan kolam detensi pengendali banjir.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Drainase

Drainase yang berasal dari bahasa Inggris “*Drainage*” memiliki arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalihkan air. Dalam bidang teknik sipil, drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan, sehingga fungsi kawasan atau lahan tidak terganggu. Drainase dapat juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas. Jadi, drainase menyangkut tidak hanya air permukaan tapi juga air tanah. Secara umum, sistem drainase dapat 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 (Suripin, 2004, p. 7).

Sistem drainase berkelanjutan adalah pengelolaan drainase yang dilakukan dengan memaksimalkan pemanfaatan air hujan, menyimpan limpasan, membiarkan air meresap, mengendapkan sedimen, dan menyerap polutan hingga membuangnya secara perlahan ke badan air (Rita Lopa, 2015).

Drainase perkotaan adalah sistem pembuangan air yang berfungsi mengalirkan dan mengeringkan bagian-bagian wilayah administrasi kota dari genangan air, baik dari hujan lokal dan pasang air laut yang masuk di wilayah kota, sehingga tidak mengganggu Masyarakat dan dapat memberikan manfaat bagi kehidupan manusia. Bagian wilayah administrasi kota tersebut, misalnya adalah Kawasan pemukiman, Kawasan industri dan perdagangan, sekolah, rumah sakit, dan fasilitas umum lainnya, lapangan olah raga, lapangan parkir, instalasi militer, instalasi listrik dan telekomunikasi, Pelabuhan udara, Pelabuhan laut sungai serta tempat lainnya yang merupakan bagian dari sarana daerah perkotaan (Haribowo & Suhardjono, 2022).

Prinsip dasar drainase perkotaan adalah (a) air hujan yang jatuh di suatu tempat perlu diresapkan, ditampung sementara dan dialirkan, (b) caranya yaitu dengan pembuatan fasilitas resapan, tampungan dan saluran drainase, dan (c) sistem



saluran drainase di atas selanjutnya dialirkan ke sistem yang lebih besar yaitu ke badan air penerima (Haribowo & Suhardjono, 2022).

Fungsi drainase perkotaan adalah mengendalikan kelebihan air akibat air permukaan, maupun akibat naiknya muka air tanah, sehingga tidak merugikan masyarakat dan justru diupayakan agar dapat memberikan manfaat bagi kehidupan manusia. Fungsi tersebut dilakukan melalui tindakan (Haribowo & Suhardjono, 2022):

1. Meringankan bagian wilayah kota yang permukaannya lahannya rendah dari genangan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif berupa kerusakan infrastruktur kota dan harta benda milik Masyarakat.
2. Mengalirkan kelebihan air permukaan ke badan air terdekat secepatnya.
3. Mengendalikan Sebagian air permukaan akibat hujan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik
4. Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah.

### 2.1.1 Sistem Drainase

Sistem drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan membuang kelebihan air dari suatu Kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat berfungsi secara optimal (Suripin, 2004). Sistem drainase adalah cara pengaliran air dengan pembuatan saluran (tersier) untuk menampung air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah, kemudian dialirkan ke sistem yang lebih besar (sekunder dan primer) dan selanjutnya dialirkan ke Sungai dan laut (Kodoatie, 2005).

Sistem drainase perkotaan umumnya terdiri dari saluran terbuka, saluran pembuangan air hujan, fasilitas peresapan air hujan, fasilitas penampungan air hujan, kolam/waduk, dan/atau stasiun pompa drainase atau suatu kombinasi dari komponen sistem ini. Pada sistem drainase perkotaan dikenal istilah sistem drainase utama dan sistem drainase lokal. Sistem jaringan utama pengelolaannya berada di bawah tanggung jawab pemerintah kota/kabupatennya, sedangkan sistem drainase

pengelolaannya oleh pengembang atau pengelolaan khusus dari daerah (Haribowo & Suhardjono, 2022).



## 2.2 Kolam Detensi

Kolam detensi adalah prasarana drainase yang memiliki fungsi sebagai wadah penampungan sementara air hujan di suatu wilayah. Kolam detensi digunakan untuk melindungi daerah bagian hilir saluran dari kerusakan yang disebabkan karena kondisi saluran bagian hilir tidak mampu untuk menampung debit dari saluran bagian hulu, kelebihan debit tersebut ditampung dalam kolam detensi (Saktyanu P, 2016).

Kolam detensi merupakan kolam tampungan sementara sebelum air dialirkan atau di pompa ke sungai atau laut. Sedangkan kolam retensi merupakan bangunan penunjang drainase yang memiliki fungsi untuk meresapkan dan menampung air hujan yang masuk kedalam kolam retensi di suatu wilayah. Kapasitas kolam yang dapat menampung volume air pada saat debit banjir puncak, dihitung dengan persamaan umum seperti yang dapat dilihat di bawah ini:

$$V_k = \int_0^t (Q_{in} - Q_{out}) dt \quad (1)$$

Dengan :

$V_k$  = volume kolam

$t$  = waktu awal air masuk ke dalam *inlet*

$t_0$  = waktu air keluar dari *outflow*

$Q_{in}$  = debit *inflow*

$Q_{out}$  = debit *outflow*

(Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2009)

## 2.3 Analisis Hidrologi

Pada dasarnya, proses analisa hidrologi merupakan proses yang memiliki peranan penting dalam suatu perencanaan khususnya bidang sipil maupun pengairan. Salah satu faktor yang mempunyai peranan itu adalah data-data hidrologi yang mampu mempengaruhi keadaan di lapangan. Proses analisa hidrologi mencakup proses pengolahan data curah hujan, intensitas curah hujan,

pengaliran, data luas area pengaliran (*catchment area*) serta debit banjir (Adiputra, 2018).



Menurut Sri Harto (1993), daerah tangkapan hujan adalah suatu daerah tadah hujan di mana air mengalir pada permukaannya ditampung oleh saluran yang bersangkutan. Sistem drainase yang baik yaitu apabila ada hujan harus segera di buang, untuk itu dibuat saluran yang menuju saluran utama. Supaya air dapat dialirkan dengan optimal dan efektif, maka perlu ditentukan daerah tangkapan hujan, sehingga sistem pengalirannya sesuai dengan kondisi daerah tangkapnya tergantung pada kondisi lapangan suatu daerah dan topografi suatu wilayah di sekitar saluran yang bersangkutan yang merupakan daerah tangkap dan mengairkan air hujan ke saluran drainase. Untuk menentukan daerah tangkap hujan sekitar drainase dapat dengan membagi luas lahan yang ditinjau.

### 2.3.1 Curah Hujan Regional / Wilayah

Data mengenai intensitas hujan dan aliran air adalah elemen kunci dalam evaluasi sistem drainase. ketepatan dalam memilih lokasi dan perangkat untuk mengukur curah hujan dan debit sangat penting untuk memastikan data yang akurat. Analisis data hujan bertujuan untuk menentukan besaran curah hujan dan analisis statistik yang relevan untuk menghitung debit banjir yang dirancang. Jika di dalam suatu area terdapat beberapa alat pencatat curah hujan, maka dapat diambil nilai rata – rata untuk mendapatkan nilai curah hujan areal. Ada 3 macam cara yang berbeda dalam menentukan tinggi curah hujan rata-rata pada area tertentu dari angka-angka curah hujan di beberapa titik pos pencatat curah hujan (Soemarto, 1995).

#### 2.3.1.1 Metode Rerata Aljabar

Metode ini adalah metode paling sederhana untuk menghitung curah hujan rata-rata di suatu wilayah. Metode ini ditempuh dengan melakukan penjumlahan pengukuran curah hujan yang dilakukan secara simultan di berbagai stasiun, yang kemudian hasilnya dibagi dengan total jumlah stasiun tersebut. Stasiun-stasiun yang dipilih untuk perhitungan biasanya terletak di dalam Daerah Aliran Sungai (DAS). Metode ini umumnya diaplikasikan pada area-area yang topografinya relatif

memiliki banyak pos curah hujan, dan di mana diasumsikan bahwa distribusi wilayah itu relatif merata (*uniform distribution*).

$$= \frac{1}{n}x(RA + RB + RC + \dots + Rn) \quad (2)$$



Dengan :

- $R$  = tinggi curah hujan rata-rata  
 $RA, RB, RC, \dots, Rn$  = tinggi curah hujan pada pos penakar 1,2,...,n  
 $n$  = banyaknya pos penakar

(Soemarto, 1995)

### 2.3.1.2 Metode Polygon Thiessen

Cara ini berdasarkan rata-rata timbang (*weighted average*). Digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata dengan asumsi bahwa variasi hujan antara stasiun hujan yang satu dengan yang lainnya adalah linier. Masing-masing pencatat mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung di antara dua pos curah hujan.

$$R = \frac{R_A A_A + R_B A_B + R_C A_C + \dots + R_n A_n}{A_A + A_B + A_C + \dots + A_n} \quad (3)$$

Dengan :

- $A$  = luas area  
 $R$  = tinggi curah hujan rata-rata areal  
 $R_A, R_B, \dots, R_n$  = tinggi curah hujan di pos 1,2,...,n  
 $A_A, A_B, \dots, A_n$  = luas daerah pengaruh pos 1,2,...,n

(Soemarto, 1995)

### 2.3.1.3 Metode Isohyet

Metode Isohyet adalah teknik yang sangat akurat untuk menentukan kedalaman rata-rata presipitasi di suatu wilayah. Metode ini memerlukan banyak stasiun pengukuran hujan yang terdistribusi secara merata di seluruh area. Dalam metode ini, diasumsikan bahwa curah hujan di wilayah antara dua garis Isohyet adalah konstan dan sama dengan rata-rata dari dua nilai Isohyet tersebut. Untuk menerapkan metode ini, kita perlu menggambar kontur isohyet, yang merupakan garis dengan tingkat presipitasi yang sama di peta.

$$R = \frac{A_A \left( \frac{R_A + R_B}{2} \right) + A_B \left( \frac{R_B + R_C}{2} \right) + \dots + A_{n-1} \left( \frac{R_{n-1} + R_n}{2} \right)}{A_A + A_B + \dots + A_n} \quad (4)$$

= luas areal



$R$  = tinggi curah hujan rata-rata areal

$R_A, R_B, \dots, R_n$  = tinggi curah hujan di pos 1,2,...,n

$A_A, A_B, \dots, A_n$  = luas daerah pengaruh pos 1,2,...,n

(Soemarto, 1995)

### 2.3.2 Analisis Distribusi Frekuensi Curah Hujan Rencana

Menurut Sri Harto (1993) hujan rencana adalah hujan terbesar yang mungkin terjadi di dalam suatu daerah pada periode ulang tertentu, yang di pakai sebagai dasar untuk menghitung rencana ukuran suatu bangunan. Jatuhnya hujan di suatu daerah, baik menurut waktu maupun pembagian geografisnya tidak tetap melainkan berubah-ubah. Pada musim hujan pun dari hari ke hari, dari jam ke jam hujan tidak sama. Demikian pula dari tahun ke tahun banyaknya hujan tidak sama dan juga hujan maksimum dalam suatu hari untuk berbagai tahun tidak sama.

Dalam analisis frekuensi, terdapat parameter yang digunakan dalam perhitungan yang meliputi parameter nilai rata-rata ( $\bar{X}$ ), standar deviasi ( $Sd$ ), koefisien variasi ( $Cv$ ), koefisien kemencengan ( $Cs$ ), dan koefisien kurtosis ( $Ck$ ). Perhitungan parameter didasarkan pada data catatan curah hujan harian rata-rata maksimum 20 tahun terakhir.

#### 1) Nilai Rata - Rata

Nilai rata-rata dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

Dengan :

$\bar{X}$  = nilai rata-rata curah hujan (mm)

$x_i$  = curah hujan rencana tahunan (mm)

$n$  = jumlah data

#### 2) Standar Deviasi

Apabila persebaran sangat besar terhadap nilai rata-rata, maka nilai ( $Sd$ ) akan besar, akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka ) akan kecil. Jika dirumuskan dalam suatu persamaan adalah sebagai



$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (6)$$

Dengan :

$Sd$  = standar deviasi

$\bar{X}$  = nilai rata-rata curah hujan (mm)

$x_i$  = curah hujan rencana tahunan (mm)

$n$  = jumlah data

(Soewarno, 1995)

### 3) Koefisien Variasi

Koefisien variasi (*variation coefficient*) adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}} \quad (7)$$

Dengan :

$Cv$  = koefisien variasi curah hujan

$Sd$  = standar deviasi

$\bar{X}$  = nilai rata-rata curah hujan (mm)

(Soewarno, 1995)

### 4) Koefisien Kemencengan

Kemencengan (*skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (*assymetry*) dari suatu bentuk distribusi. Umumnya ukuran kemencengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) dan dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \quad (8)$$

Dengan :

$Cs$  = koefisien kemencengan

$Sd$  = standar deviasi

= curah hujan rencana tahunan (mm)

= nilai rata-rata curah hujan (mm)

= jumlah data



(Soewarno, 1995)

### 5) Koefisien Kurtosis

Pengukuran kurtosis dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal. Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi, dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)Sd^4} \quad (9)$$

Dengan :

$Ck$  = koefisien kurtosis

$Sd$  = standar deviasi

$x_i$  = curah hujan rencana tahunan (mm)

$\bar{X}$  = nilai rata-rata curah hujan (mm)

$n$  = jumlah data

Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan 4 jenis distribusi yang sering digunakan dalam bidang hidrologi yaitu distribusi Normal, Log Normal, Log Pearson III, dan Gumbel.

Setiap distribusi sebaran memiliki khas tersendiri sehingga harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing sebaran tersebut. Pemilihan sebaran yang tidak benar dapat mengundang kesalahan perkiraan yang cukup besar. Untuk menentukan jenis sebaran yang akan digunakan, maka parameter statistik data curah hujan wilayah diperiksa terhadap beberapa jenis sebaran yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pemilihan Distribusi Frekuensi

No	Distribusi	Syarat
1	Normal	$Cs \approx 0$ $Ck \approx 3$
2	Log Normal	$Cs = Cv^3 + 3Cv$ $Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
	Gumbel I	$Cs = 1,14$ $Ck = 5,4$
	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

Sumber: Triatmodjo (2008)



### 2.3.2.1 Distribusi Normal

Perhitungan hujan periode ulang dapat dilakukan dengan menggunakan distribusi normal. Perhitungan ini dipengaruhi oleh nilai variabel reduksi *Gauss*, seperti dapat dilihat pada Tabel 2 (Soewarno, 1995).

Tabel 2. Tabel nilai variabel reduksi *Gauss*

Periode ulang T (tahun)	Peluang	K
1,001	0,999	-3,05
1,005	0,995	-2,58
1,010	0,990	-2,33
1,050	0,950	-1,64
1,110	0,900	-1,28
1,250	0,800	-0,84
1,330	0,750	-0,67
1,430	0,700	-0,52
1,670	0,600	-0,25
2,000	0,500	0
2,500	0,400	0,25
3,330	0,300	0,52
4,000	0,250	0,67
5,000	0,200	0,84
10,000	0,100	1,28
20,000	0,050	1,64
50,000	0,020	2,05
100,000	0,010	2,33
200,000	0,005	2,58
500,000	0,002	2,88
1000,000	0,001	3,09

Sumber: Soewarno (1995)

samaan yang digunakan untuk curah hujan rancangan ( $X_t$ ) yaitu:

$$= \bar{X} + K.Sd \quad (10)$$



Dengan:

$X_t$  = curah hujan periode ulang (mm/hari)

$\bar{X}$  = nilai hujan maksimum rata-rata (mm/hari)

$Sd$  = standar deviasi

$K$  = faktor frekuensi (nilai variabel reduksi *gauss* Tabel 2)

### 2.3.2.2 Distribusi Metode Gumbel

Perhitungan hujan periode ulang dapat dilakukan dengan menggunakan distribusi Gumbel. Perhitungan ini dipengaruhi oleh banyak variabel yaitu *reduced variate* ( $Y_t$ ), *reduced mean* ( $Y_n$ ), dan *reduced standard deviation* ( $S_n$ ). Hubungan  $n$  dan  $Y_n / S_n$  disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hubungan  $n$  (besar sampel) dengan  $Y_n$  dan  $S_n$

$n$	$Y_n$	$S_n$	$n$	$Y_n$	$S_n$
10	0.4952	0.9497	20	0.5235	1.0629
11	0.4996	0.9676	21	0.5252	1.0696
12	0.5053	0.9833	22	0.5268	1.0754
13	0.507	0.9972	23	0.5283	1.0811
14	0.51	1.0095	24	0.5296	1.0864
15	0.5128	1.0206	25	0.5309	1.0914
16	0.5157	1.0316	26	0.532	1.0961
17	0.5181	1.0411	27	0.5332	1.1004
18	0.5202	1.0493	28	0.5343	1.1047
19	0.522	1.0566	29	0.5353	1.1086
20	0.5235	1.0629	30	0.5362	1.1124

Sumber: Soewarno (1995)

Hubungan antara nilai  $Y_t$  dan periode ulang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hubungan  $n$  (besar sampel) dengan *Reduced Variate* ( $Y_t$ )

Periode ulang ( $T$ )	<i>Reduced Variate</i> ( $Y_t$ )
2	0.3668
5	1,5004
10	2,2510



Periode ulang ( $T$ )	<i>Reduced Variate</i> ( $Yt$ )
20	2,9709
50	3,1993
100	4,6012
200	5,2969
250	5,5206
500	6,2149
1000	6,9087
5000	8,5188
10000	9,2121

Sumber: Suripin (2004)

Analisis frekuensi untuk curah hujan rancangan ( $Xt$ ) dengan metode Gumbel, dilakukan dengan persamaan (Soewarno, 1995):

$$Xt = \bar{X} + (K.Sd) \quad (11)$$

Dengan :

$Xt$  = curah hujan periode ulang (mm/hari)

$\bar{X}$  = nilai hujan maksimum rata-rata (mm/hari)

$Sd$  = standar deviasi

Nilai variabel reduksi diperoleh dengan persamaan:

$$K = \frac{Yt - Yn}{Sn} \quad (12)$$

Dengan :

$K$  = Faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari waktu ulang dan tipe frekuensi

$Yt$  = *Reduced variate*

$Yn$  = *Reduced mean* yang tergantung dari besarnya sampel  $n$

$Sn$  = *Reduced mean deviation* yang tergantung dari besarnya sampel  $n$

### 2.3.2.3 Distribusi Log Normal

Analisis frekuensi untuk curah hujan rancangan ( $x$ ) dengan metode Log hampir sama dengan metode distribusi normal, hanya saja pada metode ini



digunakan nilai logaritmik. Persamaan yang digunakan untuk analisis frekuensi metode log normal, yaitu (Soewarno, 1995):

$$\log Xt = \log \bar{X} + K.Sd_{\log X} \quad (13)$$

Dengan:

$\log Xt$  = curah hujan periode ulang (mm/hari)

$\log \bar{X}$  = nilai hujan maksimum rata-rata (mm/hari)

$Sd_{\log X}$  = standar deviasi

$K$  = faktor frekuensi (nilai variabel reduksi gauss)

#### 2.3.2.4 Distribusi Log Pearson III

Setelah diketahui tinggi curah hujan harian maksimum dari data hujan yang diperoleh, maka dengan menggunakan metode ini dapat dihitung besarnya hujan rancangan yang terjadi dengan periode ulang T tahun (Soewarno, 1995).

Curah Hujan Rancangan:

$$Yt = \bar{Y} + K.Sd_Y \quad (14)$$

Nilai Rerata :

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \quad (15)$$

Standar Deviasi :

$$Sd_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}} \quad (16)$$

Koefisien Asimetri atau Kemencengan:

$$C_S = \frac{n \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^3}{(n-1)(n-2)Sd_Y^3} \quad (17)$$

Dengan:

$Yt$  = Nilai Logaritmik dari  $X$  dengan kala ulang T tahun

$\bar{Y}$  = Nilai rata-rata dari  $Y$

$Sd_Y$  =  $Sd_{\log X}$  = Standar deviasi dari  $\log X$

$K$  = Faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari kala ulang dan koefisien kemencengan.

= Koefisien Kemencengan atau Asimetri



### 2.3.3 Uji Kesesuaian Distribusi

Untuk mengetahui apakah suatu data sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang di pilih maka setelah penggambarannya pada kertas probabilitas perlu di lakukan pengujian lebih lanjut. Analisa uji kecocokan distribusi dilakukan untuk menguji kecocokan distribusi frekuensi sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut.

#### 2.3.3.1 Uji Chi-Kuadrat

Menurut Soemarto (1987), uji ini digunakan untuk menguji apakah distribusi pengamatan dapat disamai dengan baik oleh distribusi teoritis. Uji chi-kuadrat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (18)$$

$$G = 1 + 3,22 \log n \quad (19)$$

Dengan:

$X_h^2$  = parameter chi-kuadrat terhitung

$G$  = jumlah sub-kelompok

$E_i$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke – i

$O_i$  = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke – i

Agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima. Maka harga  $X_h^2 < X_{cr}^2$ . Harga  $X_{cr}^2$  dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikan  $\alpha$  dengan derajat kebebasan. Batas kritis  $X_{cr}^2$  tergantung pada derajat kebebasan dan derajat kepercayaan. Untuk kasus ini derajat kebebasan mempunyai nilai yang didapat dari perhitungan sebagai berikut:

$$Dk = G - (P + 1) \quad (20)$$

Dengan:

$Dk$  = derajat kebebasan

$G$  = jumlah sub-kelompok

$P$  = faktor ketertarikan, banyaknya parameter

#### Uji Smirnov-Kolmogorov

Menurut Soemarto (1987), pengujian ini dilakukan dengan menggambarkan batas untuk tiap data, yaitu distribusi empiris dan distribusi teoritis yang di gambar dengan  $\Delta_{maks}$ . Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering disebut juga uji



kecocokan non para metrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Tahap-tahap pengujian Smirnov-Kolmogorof adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

- 1) Plot data dengan peluang tagihan empiris pada kertas probabilitas, dengan menggunakan persamaan Weibull:

$$P = \frac{m}{(n+1)} \times 100\% \quad (21)$$

Dengan:

$m$  = nomor urut dari kecil ke besar

$n$  = banyaknya data

- 2) Tarik garis dengan mengikuti persamaan teoritis dari hasil penggambarannya data (persamaan distribusinya)
- 3) Dari grafik *plotting* diperoleh perbedaan - perbedaan maksimum antara distribusi teoritis dan empiris:

$$\Delta_{maks} = |Pe - Pt| \quad (22)$$

Dengan:

$\Delta_{maks}$  = selisih data probabilitas teoritis dan empiris

$Pe$  = peluang empiris

$Pt$  = peluang teoritis

- 4) Taraf signifikan diambil 5% dari jumlah data ( $n$ ), bila  $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ , maka dapat diterima.

### 2.3.4 Analisis Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada kurun waktu di mana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan dinotasikan dengan huruf I dengan satuan (mm/Jam), yang artinya tinggi curah hujan yang terjadi sekian mm dalam kurun waktu per jam. Analisa intensitas curah hujan dengan metode Mononobe dapat dilakukan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia melainkan menggunakan data hujan harian (Suripin, 2004). Persamaan

digunakan untuk analisis intensitas hujan metode Mononobe, yaitu:

$$\frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (23)$$



$I$  = intensitas hujan (mm/jam)

$t$  = durasi hujan (jam)

$R_{24}$  = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

### 2.3.5 Analisis Hujan Efektif

Menurut Triatmodjo (2008), hujan efektif (*effective rainfall*) adalah bagian dari hujan yang menjadi limpasan langsung di sungai yang sama dengan hujan total yang jatuh di permukaan tanah dikurangi kehilangan air yang biasa juga disebut dengan abstraksi meliputi air yang hilang dikarenakan infiltrasi, tertahan di dalam cekungan-cekungan di permukaan tanah dan karena penguapan. Hujan yang jatuh di permukaan tanah merupakan fungsi waktu yang berbentuk histogram yang sangat penting dalam analisis hubungan hujan-limpasan. *The Soil Conservation Service (SCS)* mengembangkan metode untuk menghitung hujan efektif dari hujan deras, dalam bentuk persamaan berikut:

$$Pe = \frac{(P-0,2 S)^2}{P+0,8 S} \quad (24)$$

Dengan:

$Pe$  = kedalaman hujan efektif (mm)

$P$  = kedalaman hujan (mm)

$S$  = retensi potensial maksimum air oleh tanah (mm)

Retensi potensial maksimum mempunyai bentuk berikut:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (25)$$

Dengan:

$CN$  = *Curve Number*

*Curve Number* adalah fungsi dari karakteristik DAS seperti tipe tanah, vegetasi penutup, pola guna lahan, kelembaban, dan cara pengerjaan tanah.

#### 2.3.5.1 Hydrologic Soil Groups

*SCS-CN* mengembangkan sistem klasifikasi tanah dengan mengelompokkan tanah ke empat kelompok hidrologi (*Hydrologic Soil Groups – HSG*) ditandai notasi huruf A, B, C, dan D di mana memiliki hubungan dengan laju minimum kelompok tanah tersebut seperti dapat dilihat pada Tabel 5.



Tabel 5. Klasifikasi *HSG*

Kelompok Tanah	Keterangan	Laju Infiltrasi (mm/jam)
A	Potensi aliran permukaan paling kecil, termasuk tanah pasir dengan unsur debu dan liat. Laju infiltrasi tinggi	8 - 12
B	Potensi aliran permukaan kecil, tanah berpasir lebih dangkal dari A. Tekstur halus sampai sedang. Laju infiltrasi sedang	4 - 8
C	Potensi aliran permukaan sedang, tanah dangkal dan mengandung cukup liat. Tekstur sedang sampai halus. Laju infiltrasi rendah	1 - 4
D	Potensi aliran permukaan tinggi, kebanyakan tanah liat dengan lapisan kedap air dekat permukaan tanah. Infiltrasi paling rendah	0 - 1

Sumber: Asdak (1995)

Pengklasifikasian kelompok hidrologi pada jenis tanah dilakukan berdasarkan sifat – sifat tanah. Faktor – faktor seperti tekstur, pemadatan, kekuatan, struktur tanah, mineralogi lempung, dan bahan organik menjadi pertimbangan dalam penentuan kelompok tanah sesuai jenis tanah dengan pendekatan kriteria Tabel 6.

Tabel 6. Kelompok Hidrologi Jenis Tanah

HSG	Tekstur tanah
A	<i>Sand, loamy sand or sandy sand</i> - Pasir, pasir liat atau pasir berpasir
B	<i>Silt loam or loam</i> – lumpur lempung atau lempung
C	<i>Sandy clay loam</i> – lempung tanah liat berpasir
D	<i>Clay loam, silty clay loam, sandy clay, silty clay, or clay</i> – Tanah liat lempung, tanah liat terlanau, tanah liat berpasir, tanah liat berlumpur atau tanah liat

Department of Agriculture (1986)



### 2.3.5.2 Curve Number

SCS-CN merupakan metodologi yang dirancang dengan prinsip sederhana untuk meramal aliran permukaan dari suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Variabel seperti tipe tanah, pola guna lahan, kondisi permukaan, dan tingkat kelembaban DAS berkontribusi terhadap volume aliran langsung yang dihasilkan. Biasanya, untuk kalkulasi aliran tersebut, DAS dibagi menjadi sub-sub DAS yang lebih kecil (Kowalik & Walega, 2015).

Dengan mengintegrasikan pola guna lahan dan struktur tanah yang ada, nilai CN dapat ditentukan untuk setiap area di seluruh DAS. Dalam proses penentuan Curve Number (CN), kondisi kelembaban tanah atau *antecedent moisture conditions* (AMC) harus dipertimbangkan. Kelembaban tanah memiliki pengaruh signifikan terhadap aliran langsung yang terjadi, di mana tanah yang memiliki tingkat kelembaban tinggi (pada musim hujan) akan berpotensi menghasilkan aliran langsung yang cukup besar, dan sebaliknya. *Curve Number* yang digunakan berdasarkan tipe tutupan lahan yang ada dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai CN Tipe Lahan

No	Tipe Lahan	<i>Hydrologic Soil Group</i>			
		A	B	C	D
1	Air Tawar	92	92	92	92
2	Semak	48	67	77	83
3	Gedung	81	88	91	93
4	Hutan	30	55	70	74
5	Kebun	43	65	76	82
6	Pemukiman	51	68	79	84
7	Padang Rumput	49	69	79	84
8	Sawah Irigasi	58	69	77	80
9	Sawah Tadah Hujan	58	69	77	80
10	Tanah Ladang	59	74	82	86

Sumber: Nurdianyoto (2019)



## 2.4 Debit Banjir Rancangan

Dalam perhitungan banjir rancangan, diperlukan *input* berupa hujan rancangan yang didistribusikan ke dalam bentuk hujan jam - jaman (hietograf). Pada umumnya data hujan yang didapat dari stasiun hujan merupakan data hujan harian, artinya data yang tercatat secara kumulatif selama 24 jam. Apabila yang tersedia adalah hujan jam-jaman dari hujan rancangan dapat menggunakan model distribusi hujan (Triatmodjo, 2008).

Debit air hujan atau debit limpasan adalah apabila intensitas hujan yang jatuh di suatu Daerah Aliran Sungai melebihi kapasitas infiltrasi, setelah laju infiltrasi terpenuhi air akan mengisi cekungan – cekungan pada permukaan tanah. Setelah cekungan – cekungan tersebut penuh, selanjutnya air akan mengalir di atas permukaan tanah (Chow, 1992).

Konsep utama dari hidrograf satuan adalah hujan satuan yang berbeda-beda besarnya akan menghasilkan sebuah grafik distribusi yang hampir sama. Perhitungan hidrograf banjir dapat dengan menggunakan berbagai macam metode. Metode yang digunakan untuk menghitung debit banjir rancangan dalam studi ini adalah Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) metode SCS menggunakan perangkat lunak HEC-HMS.

### 2.4.1 Hidrograf Satuan Sintetis HEC-HMS

HSS HEC-HMS adalah salah satu metode untuk mengubah hujan menjadi aliran, khususnya untuk aliran rendah (*lowflow*). Model ini adalah model hidrologi numerik yang dirancang oleh *Hydrologic Engineering Centre* (HEC) dari *US Army Corps of Engineers*. HEC-HMS adalah program komputer yang dirancang untuk mengalkulasi transformasi hujan dan proses *routing* dalam suatu sistem DAS. Model ini dapat digunakan untuk menghitung volume *runoff*, *direct runoff*, *baseflow*, dan *channel flow*.

Dalam model HEC-HMS, pendekatan yang digunakan terhadap sistem DAS adalah dengan memandang hujan sebagai *input* yang diproses berdasarkan sistem dan menghasilkan *output* berupa debit (*runoff*). HEC-HMS terdiri dari model yang terpisah, di mana setiap model yang dipilih memiliki *input*



yang berbeda-beda, seperti yang dijelaskan pada Tabel 8 (US Army Corps of Engineering, 2000).

Tabel 8. Fasilitas Komputasi dan Model HEC-HMS

Komputasi	Model
<i>Loss (infiltration and evaporation)</i>	<i>Deficit and constant</i>
	<i>Exponential</i>
	<i>Green and Ampt</i>
	<i>Gridded deficit and constant</i>
	<i>Gridded SCS curve number</i>
	<i>Gridded SMA</i>
	<i>Initial and constant</i>
	<i>SCS curve Number</i>
	<i>Smith Parlange</i>
	<i>Soil moisture accounting (SMA)</i>
<i>Surface Runoff</i>	<i>User-specified unit hydrograph (UH)</i>
	<i>User-specified s-graph</i>
	<i>Clark's UH</i>
	<i>Snyder's UH</i>
	<i>SCS UH</i>
	<i>ModClark</i>
	<i>Kinematic wave</i>
<i>Subsurface Flow</i>	<i>Bounded recession</i>
	<i>Constantly monthly</i>
	<i>Exponential recession</i>
	<i>Linear Reservoir</i>
	<i>Nonlinear Boussinesq</i>
<i>Routing Open Channel Flow</i>	<i>Kinematic wave</i>
	<i>Lag</i>
	<i>Modified Puls</i>
	<i>Muskingum</i>
	<i>Muskingum-Cunge</i>



Komputasi	Model
	<i>Straddle-stagger</i>
	<i>Confluence</i>
	<i>Bifurcation</i>
	<i>Reservoir</i>

Sumber: (Hydrologic Modeling System HEC-HMS Technical Reference Manual, 2000)

HEC-HMS menganggap bahwa semua daratan dan perairan yang berada dalam suatu DAS dibagi menjadi dua, yaitu 1) lapisan lolos air (*pervious surface*) dan 2) lapisan kedap air (*directly-connected impervious surface*).

Lapisan kedap air adalah bagian dari DAS yang memberikan kontribusi berupa limpasan langsung tanpa memperhitungkan infiltrasi, evaporasi, maupun jenis kehilangan volume lainnya. Dalam pemodelan HEC-HMS, terdapat beberapa metode perhitungan limpasan (*runoff*) yang dapat digunakan, yaitu:

- 1) *The Initial and Constant-Rate Loss Model*
- 2) *The Deficit and Constant-Rate Loss Model*
- 3) *The SCS Curve Number (CN) Loss Model*
- 4) *The Green and Ampt Loss Model*

Pada studi kali ini akan digunakan Metode *SCS Curve Number (CN)* karena ketersesuaian dengan data yang tersedia. Metode perhitungan ini beranggapan bahwa hujan yang menyebabkan limpasan merupakan fungsi dari hujan kumulatif, pola guna lahan, jenis tanah, serta kelembaban. Model perhitungan yang digunakan seperti yang sudah dijelaskan pada persamaan (23).

Nilai dari CN (*Curve Number*) bervariasi mulai dari 100 (untuk permukaan tergenang) hingga sekitar 30 (untuk permukaan tak kedap air dengan infiltrasi tinggi). Dalam pemodelan menggunakan HEC-HMS, disediakan berbagai pilihan metode yang dapat digunakan untuk perhitungan hidrograf satuan. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode Hidrograf Satuan SCS (*SCS Unit Hydrograph method*) (US Army Corps of Engineering, 2000).

Model hidrograf satuan sintesis SCS adalah unit hidrograf yang tak  
si, dengan puncak tunggal unit hidrograf. SCS menyatakan bahwa puncak  
rograf dan waktu puncak unit hidrograf dapat dirumuskan melalui  
n:



$$Up = C \frac{A}{Tp} \quad (26)$$

$$Tp = \frac{\Delta t}{2} + Tlag \quad (27)$$

Dengan:

$Up$  = puncak unit hidrograf

$Tp$  = waktu puncak hidrograf

$A$  = luas daerah aliran

$C$  = konversi tetap (208 untuk satuan SI dan 484 dalam satuan imperial)

$\Delta t$  = jangka waktu kelebihan air

$Tlag$  = perbedaan waktu antara pusat massa dari kelebihan curah hujan dan puncak dari unit hidrograf

(Mustamin, Maricar, & Karamma, 2021)

#### 2.4.2 Penelusuran Aliran Banjir

Penelusuran banjir adalah prosedur dalam menentukan waktu dan besar terjadinya banjir (peramalan hidrograf banjir) pada satu titik tertentu di sebuah aliran sungai atau bagian sungai. Penelusuran banjir berfungsi untuk menghitung besarnya perubahan banjir yang melewati suatu sungai atau waduk. Dengan penelusuran banjir ini, apabila hidrograf di bagian hulu sungai dan waduk diketahui, maka akan dapat dihitung bentuk hidrograf banjir di bagian hilirnya. Prinsip dasar penelusuran banjir dinyatakan dalam bentuk persamaan kontinuitas berikut ini:

$$I - Q = \frac{dS}{dt} \quad (28)$$

Dengan:

$I$  = debit aliran masuk ke dalam permulaan bagian memanjang palung sungai pengamatan ( $m^3/s$ )

$Q$  = debit aliran keluar bagian akhir memanjang palung sungai pengamatan ( $m^3/s$ )

$S$  = nilai tampungan bagian memanjang palung sungai pengamatan

= periode penelusuran (detik, jam atau hari)



## 2.5 HEC-RAS

HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Corps - River Analysis System*) adalah salah satu program yang berfungsi untuk pemodelan hidraulika maupun hidrologi secara komputatif. HEC-RAS adalah sistem perangkat lunak terintegrasi yang dirancang untuk digunakan secara interaktif dalam lingkungan *multitasking*. Sistem ini terdiri dari antarmuka pengguna grafis (*GUI*), komponen analisis terpisah, kemampuan penyimpanan dan manajemen data, grafik, pemetaan, dan fasilitas pelaporan.

Analisis mengenai perilaku saluran/sungai adalah suatu proses yang tidak hanya kompleks tetapi juga cukup rumit. Dalam analisis ini, iterasi sistem harus dilakukan berulang kali dengan parameter tertentu untuk menemukan variabel-variabel, baik pada aliran yang konstan (*steady flow*) maupun aliran yang berubah-ubah (*unsteady flow*). Sistem HEC-RAS mencakup komponen analisis sungai berikut ini:

- 1) perhitungan profil permukaan air aliran tetap satu dimensi;
- 2) simulasi aliran tidak tetap satu dimensi dan/atau dua dimensi;
- 3) perhitungan transportasi sedimen batas bergerak aliran kuasi tidak tetap atau sepenuhnya tidak tetap (1D dan 2D); dan
- 4) analisis kualitas air satu dimensi.

Keempat komponen tersebut menggunakan representasi data geometri yang sama dan rutinitas perhitungan geometri dan hidraulik yang umum. Selain keempat komponen analisis sungai, sistem ini berisi beberapa fitur desain hidraulik yang dapat digunakan setelah profil permukaan air dihitung, sehingga menjadikan *software* ini sebagai alat yang ampuh dalam melakukan pemodelan komputatif menyeluruh (US Army Corps of Engineering, 2024)

### 2.5.1 Model Hidrodinamika HEC-RAS 2D

Analisis hidrolika penampang saluran dihitung dengan menggunakan program HEC-RAS. Dengan analisis ini dapat diketahui elevasi muka air pada saluran saat suatu debit air melalui saluran tersebut. Analisis yang dilakukan oleh HEC-RAS adalah analisis Aliran *Steady*, *Unsteady* dan *Sediment* transport. Aliran *Steady* adalah sebuah aliran di mana jumlah cairan yang mengalir



per detik melalui bagian apa pun, adalah konstan. Aliran *Steady* pun di bagi menjadi 2, yaitu *Uniform Flow* dan *Non Uniform Flow*. Sedangkan *Unsteady Flow* adalah sebuah aliran di mana jumlah cairan yang mengalir per detik melalui bagian apa pun adalah tidak konstan. Data yang dibutuhkan dalam melakukan analisis HEC-RAS 2D adalah (Islami, 2022):

- 1) Data Model Elevasi Digital (*Digital Elevation Model – DEM*)
- 2) Data informasi Sungai/Saluran (*file .shp* dan nilai *manning*)
- 3) Data debit jam – jaman
- 4) Data pasang surut (apabila muara atau hilir sungai adalah laut)
- 5) *Slope* atau kemiringan sungai/saluran

Dalam penelitian kali ini, simulasi banjir dilakukan menggunakan fitur penelusuran aliran hidrodinamika HEC-RAS 2D dalam analisis aliran tidak tetap (*Unsteady*). Pemodelan aliran 2D dapat ditempuh dengan menambahkan area aliran 2D (*2D flow area*) dengan bentuk poligon yang ditimpa di atas lapisan model elevasi digital (DEM) sehingga dapat menghasilkan *mesh* komputasi 2D, rangka ini kemudian dapat terhubung dan diintegrasikan dengan elemen – elemen 1D untuk menghasilkan model hidrodinamika 1D/2D (US Army Corps of Engineering, 2024).

#### 2.5.1.1 Persamaan Kekekalan Massa

Prinsip dasar dalam simulasi aliran tak tetap HEC-RAS adalah kekekalan massa. Persamaan kekekalan massa atau yang sering juga disebut sebagai persamaan kontinuitas, menyatakan bahwa dalam volume kontrol, perubahan volume air seimbang dengan aliran yang masuk dan keluar. Dengan asumsi kerapatan air konstan, persamaan kekekalan massa (kontinuitas) dapat ditulis dalam bentuk:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q \quad (29)$$

Dengan:

$h$  = kedalaman air

$t$  = waktu

$u$  = komponen kecepatan dengan arah x dan y

$q$  = aliran masuk/keluar



Dalam bentuk vektor, persamaan kontinuitas dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \nabla \cdot (hV) = q \quad (30)$$

Dengan:

- $h$  = kedalaman air
- $t$  = waktu
- $V = (u, v)^T$  = vektor kecepatan
- $\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y)^T$  = operator diferensial vektor
- $q$  = air masuk/keluar

Jika diintegrasikan ke sel komputasi HEC-RAS, maka diperoleh persamaan:

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{\Omega} d\Omega + \iint_S (V \cdot n) dS = Q \quad (31)$$

Dengan:

- $\Omega$  = volume air pada sel
- $t$  = waktu
- $V = (u, v)^T$  = vektor kecepatan
- $Q$  = air masuk/keluar
- $n$  = unit vektor luaran sel komputasi
- $S$  = batas samping

Dengan pendekatan *Finite-Volume Discretization*, yaitu pendekatan yang mengintegrasikan persamaan kontinuitas di atas seluruh volume kontrol dan menggunakan pendekatan diskrit untuk mewakili turunan spasial. Hal ini menghasilkan persamaan yang menghubungkan perubahan volume air dalam sel dengan aliran masuk dan keluar melalui sel komputasi. maka diperoleh persamaan:

$$\frac{\Omega_i^{n+1} - \Omega_i^n}{\Delta t} + \sum_{k \in K(i)} (V_k \cdot n_{ik}) A_k = Q_i \quad (32)$$

Dengan:

- $\Omega$  = volume air pada sel
- $\Delta t$  = selisih waktu
- $V = (u, v)^T$  = vektor kecepatan
- $Q$  = air masuk/keluar
- $n$  = unit vektor luaran sel komputasi
- $A$  = luas *face* sel komputasi



(US Army Corps of Engineering, 2020)

### 2.5.1.2 Persamaan Kekekalan Momentum

HEC-RAS menggunakan prinsip kekekalan momentum, yang dinyatakan oleh hukum Newton kedua dalam perhitungan hidrodinamika. Prinsip ini menyatakan bahwa laju momentum yang masuk ke dalam volume (*flux momentum*) ditambah dengan jumlah semua gaya eksternal yang bekerja pada volume tersebut harus sama dengan akumulasi momentum.

Dalam konteks HEC-RAS, persamaan kekekalan momentum ini sering kali disebut persamaan *full momentum* atau pada kasus lain, *Shallow Water Equations* (persamaan air dangkal). Persamaan ini dapat ditulis dalam vektor sebagai berikut:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + (V \cdot \nabla)V + f_c k \cdot V = -g \nabla z_s + \frac{1}{h} \nabla \cdot (v_t h \nabla V) - \frac{\tau_b}{\rho R} + \frac{\tau_s}{\rho h} - \frac{1}{\rho} \nabla P_a \quad (33)$$

Dengan:

$V = (u, v)^T =$  vektor kecepatan

$\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y)^T =$  operator diferensial vektor

$f_c =$  parameter *Coriolis*

$g =$  percepatan gravitasi

$z_s =$  elevasi muka air

$h =$  kedalaman air

$t =$  waktu

$R =$  radius hidrolis

$P_a =$  tekanan atmosfer

$k =$  satuan vektor sumbu vertikal

$\rho =$  densitas air

$\tau_b =$  vektor tekanan dasar permukaan

$\tau_s =$  vektor tekanan udara pada permukaan

Pada sisi kiri persamaan merupakan istilah atau perumusan dari percepatan. Sisi kanan dari persamaan mewakili gaya internal maupun eksternal terhadap fluida (air). Kedua sisi dari persamaan ini dirumuskan sedemikian rupa berdasarkan

Newton kedua, di mana persamaan kekekalan momentum diturunkan. Setiap suku dalam persamaan momentum memiliki padanan fisik yang jelas. Dari padanan, istilah – istilah tersebut yakni akselerasi tidak stabil, akselerasi



konvektif, perumusan *Coriolis*, tekanan barotropik, difusi momentum, gesekan dasar permukaan, dan gaya yang disebabkan oleh angin (US Army Corps of Engineering, 2020).

### 2.5.1.3 Diffusion Wave Approximation

*Diffusion Wave Approximation* atau perkiraan gelombang difusi merupakan alternatif dari persamaan momentum penuh (*full momentum*) yang sudah dijelaskan di bagian sebelumnya. Persamaan Gelombang Difusi ini yang merupakan opsi *default* yang ada pada HEC-RAS 2D, dapat digunakan dalam situasi di mana gerakan aliran didominasi oleh gradien tekanan barotropik dan gesekan dasar permukaan, hal ini dikarenakan persamaan gelombang difusi ini merupakan bentuk penyederhanaan persamaan *full momentum* dengan mengabaikan faktor seperti akselerasi dan turbulensi yang kemudian disubstitusikan dengan persamaan kekekalan massa. Persamaan Gelombang difusi dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \nabla \cdot (\beta \nabla z_s) + S + q \quad (34)$$

$$\beta = \frac{hR^{2/3}}{n} \left| \nabla z_s + \frac{1}{\rho g} \nabla P_a - \frac{\tau_s}{\rho gh} \right|^{-1/2} \quad (35)$$

$$S = \nabla \cdot \left[ \beta \left( \frac{1}{\rho g} \nabla P_a - \frac{\tau_s}{\rho gh} \right) \right] \quad (36)$$

Dengan:

$\beta$  = koefisien difusi non-linear

$S$  = *source/sink* aliran air

$\nabla$  =  $(\partial/\partial x, \partial/\partial y)^T$  = operator diferensial vektor

$g$  = percepatan gravitasi

$z_s$  = elevasi muka air

$h$  = kedalaman air

$t$  = waktu

$R$  = radius hidrolis

$P_a$  = tekanan atmosfer

$\rho$  = densitas air

$\tau_s$  = vektor tekanan udara pada permukaan

$q$  = sumber atau keluaran air

(US Army Corps of Engineering, 2020)



#### 2.5.1.4 Land Cover dan Manning's layer

*Land cover* dan *Manning's layer* adalah komponen penting dalam pemodelan HEC-RAS 2D untuk memperkirakan kekasaran aliran permukaan dan infiltrasi. *Land cover dataset* digunakan untuk mendefinisikan koefisien kekasaran Manning's  $n$  untuk setiap jenis tutupan lahan (US Army Corps of Engineering, 2024). Untuk tiap jenis tutupan lahan memiliki nilai kekasaran *Manning's*  $n$  yang berbeda – beda, kekasaran *Manning's* untuk tiap – tiap tutupan lahan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai *Manning's* dengan Tutupan Lahan

Tutupan Lahan	Nilai 'n' Manning
Pemukiman padat	0,2 – 0,5
Pemukiman	0,1 – 0,2
Kawasan industri dan komersial	0,2 – 0,5
Area terbuka dengan vegetasi rendah	0,03 – 0,05
Area terbuka dengan vegetasi sedang (semak - semakan)	0,05 – 0,07
Area terbuka dengan vegetasi tinggi (pepohonan)	0,07 – 0,12
Saluran dengan vegetasi rendah	0,02 – 0,04
Saluran dengan vegetasi tinggi	0,04 – 0,1
Saluran beton	0,015 – 0,02
Jalan dan parkir	0,02 – 0,03

Sumber: Engineers Australia (2012)

#### 2.5.1.5 Rain-on-Grid Model

Model *Rain-on-Grid* dalam HEC-RAS dapat diartikan juga dengan pemodelan simulasi dengan menjatuhkan hujan langsung pada *Terrain*. Simulasi rain-on-grid mulai sering digunakan sebagai acuan perencanaan sistem drainase karena dapat menggambarkan genangan, baik yang disebabkan oleh luapan air atau saluran maupun akibat hujan yang turun langsung pada suatu lahan (Ginting, & Ginting, 2023).

*Rain-on-grid* merupakan opsi pemodelan yang cukup baik untuk wilayah pertanian dan pemukiman, hal ini dikarenakan pemodelan konvensional 1D tidak



cukup merepresentasikan pola aliran yang kompleks yang umumnya ada di area perkotaan. Rain-on-grid juga dapat digunakan dalam pemodelan simulasi yang memiliki pola alir yang belum diketahui atau data yang terbatas. Adapun data yang dibutuhkan dalam membangun model simulasi rain-on-grid, yaitu:

- 1) Model Elevasi Digital atau *Terrain (DEM)*
- 2) Delineasi DTA (*Watershed*)
- 3) Curah hujan jam – jaman (*Precipitation Boundary Condition*)
- 4) Data Infiltrasi dan Manning (*Infiltration and Manning Layer*)

### 2.5.2 Metode Pemetaan Banjir

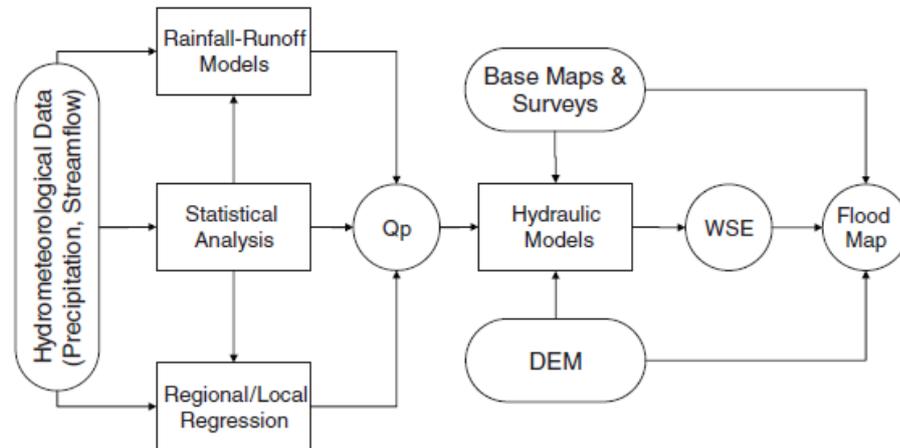
Dalam proses pemetaan genangan banjir di sungai membutuhkan data hasil analisis hidraulika dan hidrologi, di mana hasil analisis akan berupa penentuan elevasi dasar permukaan sungai, kedalaman genangan, lebar dataran banjir, debit air yang mengalir di saluran saat terjadi banjir dan hambatan yang terdapat pada aliran. Berdasarkan National Research Council (2009) terdapat empat metode pemetaan genangan banjir yaitu:

1. Kajian detail (*detailed studies*) : Metode pemetaan genangan banjir dengan syarat data pengukuran sungai dan model hujan limpasan dilakukan dengan analisis hidrologi, kemudian analisis hidraulika dilakukan dengan pemodelan aliran menggunakan data survei sungai secara detail.
2. Kajian detail terbatas (*limited detailed studies*) : Metode pemetaan genangan banjir dengan syarat data hasil pengukuran sungai digunakan untuk analisis hidrologi dan analisis hidraulika dilakukan tanpa data detail terkait sungai yang akan diamati.
3. Kajian pendekatan (*approximate studies*) : Metode pemetaan genangan banjir yang dilakukan dengan memperkirakan batas – batas genangan tanpa kajian teknis secara mendalam seperti hanya dengan membaca peta topografi atau survei lapangan.
4. Re-delineasi : Metode pemetaan genangan banjir dengan cara membuat ulang

banjir berdasarkan data elevasi muka air banjir yang sudah pernah terjadi di peta topografi yang baru.



Pada umumnya banyak penelitian dalam pemetaan genangan banjir menggunakan metode re-delineasi dan kajian pendekatan dikarenakan metode ini terbatas hanya berfokus pada kedalaman genangan dan luasan daerah rawan banjir. Untuk menghasilkan debit, kecepatan aliran, kedalaman genangan dan luasan banjir harus dilakukan pemodelan hidrodinamik.



Gambar 1. Diagram Alir Pemetaan Genangan Banjir

Sumber: National Research Council (2009)

Berdasarkan skema yang telah digambarkan, analisis hidrologi dilakukan di tahap awal sehingga hasil yang diberikan dapat digunakan dalam proses analisis hidraulika. Data yang diolah seperti hujan berupa kecepatan, kedalaman dan debit digunakan sebagai *input* yang selanjutnya dihitung menggunakan model hujan limpasan atau model regresi (*rating curve*) yang menghasilkan data hidrograf banjir dan debit puncak ( $Q_p$ ). Setelah data telah diperoleh selanjutnya dilakukan pemodelan hidraulika dengan *input* berupa data topografi dalam bentuk *digital elevation model* (DEM) dan peta dasar, kemudian dilakukan simulasi yang menghasilkan peta genangan banjir secara lengkap.

