

SKRIPSI

**ANALISIS HIDROLOGI DAN HIDROLIKA TERHADAP
PERENCANAAN KOLAM RETENSI PADA SISTEM
DRAINASE KOTA SENGKANG**

Disusun dan diajukan oleh:

**MUH. YUSRAN H
D011 18 1313**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2024**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

ANALISIS HIDROLOGI DAN HIDROLIKA TERHADAP PERENCANAAN KOLAM RETENSI PADA SISTEM DRAINASE KOTA SENGKANG

Disusun dan diajukan oleh:

MUH. YUSRAN H

D011 18 1313

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 24 Januari 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



Muhammad Farid Maricar, B.Eng., M.Eng.
NIP: 199210312018015001

Ketua Program Studi,



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muh. Yusran H

NIM : D011181313

Program Studi : Teknik Sipil

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya yang berjudul

(Perencanaan Kolam Retensi pada Sistem Drainase Kota Sengkang)

adalah karya tulisan penulis sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain dan juga bahwa yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya penulis sendiri.

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

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasikan oleh penulis dimasa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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

Gowa, 24 Januari 2024

Yang membuat pernyataan,



KATA PENGANTAR

Puja dan Puji Syukur kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas Berkat Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Hidrologi dan Hidrolika Terhadap Perencanaan Kolam Retensi pada Sistem Drainase Kota Sengkang**” yang mana hal ini merupakan salah satu syarat yang untuk menyelesaikan Studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa ada banyak sekali kendala yang dialami dalam penyusunan Tugas Akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak maka Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan banyak-banyak ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., 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. Bapak **Dr. Ir. Riswal K, S.T., M.T., IPM., ASEAN. ENG.**, selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan serta arahan sampai selesainya penulisan Tugas Akhir ini.
4. Bapak **M. Farid Maricar, B.Eng., M.Eng.**, selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan serta arahan sampai selesainya penulisan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh Staf dan Karyawan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, serta Staf dan Karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada:

1. Keluarga tercinta, utamanya yaitu Ayahanda **Hariato** dan juga Ibunda **Munirah** serta Saudara kandung **Muh. Yusri H** atas doa, serta segala dukungannya selama ini baik moral maupun materil yang telah diberikan kepada penulis.
2. Kanda-kanda Senior Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin utamanya Kanda **Arfan Aminuddin** atas bimbingan serta arahnya dalam penulisan Tugas Akhir ini.
3. Saudara-saudara seperjuangan **Ikramul Ramadhan, Nur Fahmy Asyura, Danang Bintoro Pangestu, Ridho Rahman Ahmad, Ahmad Khaidir,**

Ehrul Eriadarma Timang Palembang, Muhammad Ahsan, Resky Amalia dan Nur Alif Indranto.

4. Saudara-saudari di **KKD Keairan**, utamanya **Nabilah Jailani, Samuel, Khaidir Tsaqif Nurjaya** dan juga **Yusriah Sahril** yang sudah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Saudara-saudari saya se-**Transisi**, khususnya Ketua Angkatan saya **Imran Aiman**.
6. Saudara-saudari **Anak Teknik Angkatan 2018**, khususnya **Syaiful**, dan **Fredi Bonggatasik** sebagai partner kepengurusan saya kemarin di Lembaga Kemahasiswaan Lingkup Fakultas.
7. Saudara-saudari **KKNT 109 UNHAS Posko Ujung Sabbang**.
8. Dan terakhir untuk support sistem penulis, yaitu **A031201123** yang memberikan dampak paling besar dalam memberikan motivasi kepada penulis untuk segera menyelesaikan masa studi secepatnya demi masa depan yang lebih baik.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak ada yang sempurna dimana tidak akan luput dari kekurangan, karena kesempurnaan hanya milik Sang Pencipta. Oleh karena itu, penulis mengharapkan agar kiranya pembaca dapat memberikan sumbangan pemikiran guna untuk melengkapi kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Semoga apa yang penulis tuangkan dalam Tugas Akhir ini bisa diberikan keberkahan oleh Sang Pencipta, sehingga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak lain, khususnya dalam bidang ketekniksipilan.

ABSTRAK

Banjir dan genangan merupakan permasalahan yang sering sekali terjadi di daerah padat penduduk yang sampai sekarang belum bisa ditangani secara maksimal. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti tingginya intensitas curah hujan, perubahan tata guna lahan, pengelolaan sistem drainase yang kurang maksimal, serta kurangnya kesadaran masyarakat dalam mengelola sampahnya. Salah satu solusi dari permasalahan ini adalah dengan melakukan perencanaan alat pengendali banjir dengan membangun kolam retensi. Secara spesifik kolam retensi akan memangkas puncak banjir yang terjadi. Selain fungsi utamanya sebagai pengendali banjir kolam retensi juga dapat dijadikan sebagai salah satu sarana pariwisata air dan sebagai konservasi air karena mampu meningkatkan cadangan air setempat. Kemudian dalam menentukan jumlah debit untuk merancang kolam retensi, dilakukan analisis hidrologi berdasarkan hujan yang terjadi di daerah kolam retensi. Analisis yang dilakukan dengan menggunakan Metode HSS Nakayasu memperoleh debit puncak sebesar 40.44 m³/det. Sedangkan luas kolam retensi yang direncanakan sebesar 2.34 Ha dengan kedalaman sebesar 6.51 m yang direncanakan dapat menampung volume air sebesar 245849.15 m³.

Kata Kunci: Curah Hujan, Debit Banjir, Kolam Retensi, Sistem Drainase

ABSTRAC

Flooding and inundation are problems that often occur in densely populated areas that until now have to been handled optimally. This is caused by several factors, such as hidgh intensity of rainfall, changes in land us, less than optimal drainage system management, and lack of public awareness in managing waste. One solution to this problem is to plan flood control equipment by building retention ponds. Specifically, retention ponds will cut the peak of flooding that occurs. In addition to its main function as a flood control, retention ponds can also be used as a means of water tourism and as water conservation because they are able to increase local water reserves. Then in determining the amount of discharge to design a retention pond, hydrological analysis is carried out based on the rain that occurs in the retention pond area. Analysis conducted using the HSS Nakayasu method obtained a peak discharge of 40.44 m³/sec. While the planned retention pond area of 2.34 Ha with a depth of 6.51 m is planned to accommodate a water volume of 245849.15 m³.

Keywords: Rainfall, Flood Discharge, Retention Pools, Drainage Systems

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRAC	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
Daftar singkatan dan arti simbol.....	xv
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Batasan Masalah.....	7
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Kolam Retensi.....	10
2.1.1 Fungsi Kolam Retensi	11
2.1.2 Tipe-tipe Kolam Retensi.....	12
2.1.3 Kriteria Hidrologi	14
2.1.4 Kriteria Hidrolika	16
2.1.5 Kriteria Konstruksi	16
2.2 Analisis Hidrologi.....	17
2.2.1 Analisis Distribusi Curah Hujan.....	18
2.2.2 Curah Hujan Rencana.....	22
2.2.3 Intensitas Curah Hujan	39
2.2.4 Analisis Debit Banjir	41

2.2.5	Debit Banjir Rencana	46
2.2.6	Kapasitas Pengaliran/ Debit Akibat Curah Hujan.....	51
2.2.7	Polder	53
2.3	Analisis Kebutuhan Pintu Air.....	58
2.4	Analisis Stabilitas	63
BAB 3. METODE PENELITIAN		66
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	66
3.2	Jenis Penelitian dan Sumber Data	67
3.2.1	Jenis Penelitian	67
3.2.2	Sumber Data.....	67
3.3	Alat dan Bahan Penelitian.....	67
3.4	Prosedur Penelitian	68
3.4.1	Pengumpulan Data Primer.....	69
3.4.2	Pengumpulan Data Sekunder	69
3.4.3	Metode Penelitian dalam Perencanaan Kolam Retensi.....	69
3.5	Studi Literatur	70
3.6	Metode Pengumpulan Data	71
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		72
4.1	Hasil Identifikasi Daerah Studi	72
4.2	Analisis Hidrologi.....	73
4.2.1	Analisis Intensitas Hujan.....	73
4.2.2	Analisis Curah Hujan Wilayah.....	76
4.2.3	Nilai Rata-rata	77
4.2.4	Uji Sebaran.....	78
4.2.5	Nilai Hujan Rencana	81
4.2.6	Uji Kecocokan Sebaran.....	82
4.2.7	Intensitas Curah Hujan	87
4.2.8	Analisis Debit Banjir.....	89
4.3	Analisis Hidrolika.....	99
4.3.1	Volume Aliran Air Masuk.....	99
4.3.2	Penelusuran Aliran	101
4.3.3	Simulasi Hidrolis Kondisi Eksisting.....	105

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	117
5.1 Kesimpulan.....	117
5.2 Saran.....	118
Daftar Pustaka	119

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sarana dan Prasarana Drainase.....	5
Tabel 2. Periode Ulang untuk Perencanaan Kolam Retensi	14
Tabel 3. Pedoman Pemilihan Sebaran.....	26
Tabel 4. Frekuensi Reduksi Metode Normal dan Log Normal	28
Tabel 5. Frekuensi Reduksi Metode Gumbel (Harga Y_n dan S_n)	30
Tabel 6. Frekuensi Reduksi Metode Log Pearson III	32
Tabel 7. Derajat Kepercayaan Uji Keselarasan Chi Kuadrat.....	35
Tabel 8. Nilai Derajat Kepercayaan Uji Keselarasan Smirnov Kolmogorof.....	37
Tabel 9. Nilai Peluang Teoritis Smirnov Kolmogorof	38
Tabel 10. Koefisien Run-Off.....	49
Tabel 11. Koefisien Run-Off.....	50
Tabel 12. Klasifikasi Kelas Kemiringan Lereng.....	50
Tabel 13. Klasifikasi Kelas Kemiringan Lereng.....	51
Tabel 14. Klasifikasi Kelas Kemiringan Lereng.....	51
Tabel 15. Data Curah Hujan Tosora.....	74
Tabel 16. Data Curah Hujan Lanringgi.....	74
Tabel 17. Data Curah Hujan Tassipi	75
Tabel 18. Data Curah Hujan dari 3 pos Curah Hujan.....	76
Tabel 19. Nilai Rata-Rata Curah Hujan	77
Tabel 20. Kesimpulan Hasil Perhitungan Uji Sebaran yang Memenuhi.....	80
Tabel 21. Hasil Perhitungan Nilai Hujan Rencana Tahunan Metode Sebaran Log Pearson III.....	81
Tabel 22. Hasil Perhitungan penentuan Chi Hitung untuk Metode Sebaran Log Pearson III.....	85
Tabel 23. Hasil Perhitungan penentuan D_{maks} untuk Metode Sebaran Log Normal dan Log Pearson III	87
Tabel 24. Hasil Perhitungan Intensitas Curah Hujan.....	88
Tabel 25. Hasil Distribusi Hujan Jam-jaman Periode Ulang 10 Tahun.....	91
Tabel 26. Curah Hujan Efektif.....	92

Tabel 27. Resume HSS Nakayasu.....	95
Tabel 28. Hidrograf Limpasan Langsung pada saat Terjadi Hujan Jam-jaman Berturut-turut.....	97
Tabel 29. Analisis Perhitungan Nilai Volume Kumulatif HSS Nakayasu	100
Tabel 30. Penelusuran Aliran Menggunakan Debit <i>Inflow</i> Menggunakan HSS Nakayasu	104
Tabel 31. Luas Area Genangan Banjir.....	110
Tabel 32. Perubahan Luas Area Genangan Berdasarkan Kedalaman Banjir.....	116

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sistem Drainase Perkotaan	4
Gambar 2. Kolam Retensi Tipe di Samping Badan Sungai	12
Gambar 3. Kolam Retensi di Dalam Badan Sungai	13
Gambar 4. Kolam Retensi Tipe Storage Memanjang	14
Gambar 5. Metode Plygon Thiessen	21
Gambar 6. Metode Isohyet	22
Gambar 7. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu	44
Gambar 8. Bentuk Umum HSS Snyder	46
Gambar 9. Sistem polder dengan pompa dan kolam di samping badan saluran/sungai	55
Gambar 10. Sistem polder dengan pompa dan kolam di dalam badan saluran/sungai	55
Gambar 11. Sistem polder dengan pompa dan kolam tipe <i>storage</i> memanjang ..	56
Gambar 12. Pintu Sorong	59
Gambar 13. Pintu Klep Otomatis	59
Gambar 14. Tipe-tipe Pintu Otomatis	60
Gambar 15. Tipe-tipe Pintu Otomatis	60
Gambar 16. Tipe-tipe Pintu Otomatis	60
Gambar 17. Pintu Air Elektro Maknetik	61
Gambar 18. Lokasi Penelitian	66
Gambar 19. Gambar Alir Penelitian	68
Gambar 20. Lokasi penelitian	72
Gambar 21. Grafik Curah Hujan Maksimum Tahunan	77
Gambar 22. Grafik Intensitas Curah Hujan dengan Metode Log Pearson III	89
Gambar 23. Grafik HSS Nakayasu	96
Gambar 24. Grafik <i>Inflow</i> dan <i>Outflow</i> Penelusuran Aliran HSS Nakayasu	105
Gambar 25. <i>Digital Terrain Model</i>	106
Gambar 26. Pemodelan Geometrik Sungai Walennae	107

Gambar 27. Hasil Simulasi HEC-RAS 2D	108
Gambar 28. Peta Area Terdampak Banjir Sungai Walenna	109
Gambar 29. Grafik Luas Berdasarkan Kedalaman Banjir	110
Gambar 30. Peta Lokasi Pengendalian Banjir	111
Gambar 31. Kolam Retensi	112
Gambar 32. Potongan <i>Inlet</i> Kolam Retensi.....	113
Gambar 33. Potongan <i>Outlet</i> Kolam Retensi	113
Gambar 34. Sebaran Banjir Setelah Adanya Pengendalian Banjir	114
Gambar 35. Sebaran Banjir Sebelum dan Setelah Adanya Pengendalian Banjir	115
Gambar 36. Grafik Luas Berdasarkan Kedalaman Banjir	116

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
V	Volume Kolam (m ³)
t	Waktu awal air masuk ke dalam <i>Inlet</i> (det)
t _o	Waktu air keluar dari <i>Outflow</i> (det)
Q _{in}	Debit <i>Inflow</i> (m/det)
Q _{out}	Debit <i>Outflow</i> (m/det)
L	Kecepatan maksimum (m/det)
P	Curah hujan rata-rata DAS (mm)
P ₁ , P ₂ , ... P _n	Curah hujan pada setiap stasiun hujan (mm)
n	Banyaknya stasiun hujan
A ₁ , A ₂ , ... A _n	Luas areal polygon masing-masing stasiun hujan (m ²)
$\bar{R}$	Nilai rata-rata curah hujan (mm)
x _i	Curah hujan rencana tahunan (mm)
N	Jumlah data
D _s	Standar deviasi
C _v	Koefisien variasi
C _s	Koefisien kemiringan (Skewness)
C _k	Koefisien kurtois
F(z)	Probabilitas kumulatif distribusi normal
π	Rata-rata dari nilai x
z	faktor frekuensi dari distribusi normal dan log normal
X _t	Nilai curah hujan rencana dengan periode T
Y _t	Faktor reduksi gumbel
T	Periode ulang
u	Modus dari distribusi
$\bar{y}$	Nilai rata-rata dari nilai y
Y _t	Nilai logaritmik dari x atau log (X _i)
D _{sy}	Standar deviasi nilai variabel y
K	Karakteristik peluang Log Pearson III
Y _i	Curah hujan rencana tahunan (mm)
X ² _{cr}	Parameter chi-kuadrat terhitung
P	Jumlah sub-kelompok
Of	Jumlah nilai pengamatan pada sub-kelompok ke-i
Ef	Jumlah nilai teoritis pada sub-kelompok ke-1
DK	Derajat kebebasan
P	Banyaknya keterikatan = 2 (untuk distribusi normal)

D_{maks}	Nilai selisih data probabilitas pengamatan dan teoritis
I	Debit puncak (m^3) untuk kala ulang T tahun
T	Lamanya curah hujan (jam)
R_{24}	Curah hujan maksimum selama 24 jam (mm)
Q_p	Debit puncak banjir (m^3/det)
A	Luas DAS (Km^2)
R_e	Curah hujan efektif (mm)
T_p	Waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam)
$T_{0,3}$	Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak (jam)
t_g	Waktu konsentrasi (jam)
t_r	Durasi hujan efektif (jam)
α	Koefisien karakteristik DAS
L	Panjang sungai utama
t_p	Waktu dari titik berat durasi hujan efektif t_D ke puncak hidrograf (jam)
$t_p R$	Waktu dari titik berat durasi hujan t_r ke puncak hidrograf (jam)
T	Waktu dasar hidrograf (hari)
$Q_p R$	Debit puncak untuk durasi t_r
L_c	Jarak antara titik kontrol ke titik yang terdekat dengan titik berat DAS (km)
C_t	Koefisien yang tergantung kemiringan DAS, yang bervariasi antara 0,15 sampai 0,19
t_D	Durasi standar dari hujan efektif (jam)
t_r	Durasi hujan efektif (jam)
C	Koefisien <i>Run-off</i> , yang dipengaruhi kondisi tata guna lahan pada daerah tangkapan air
$I_{tc,p}$	Intensitas hujan rata-rata (mm/jam) untuk jangka waktu konsentrasi (t_c) dan kala ulang T tahun
l	Waktu konsentrasi (t_c)
n	Angka kekerasan manning
S	Kemiringan lahan
L	Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)
L_s	Panjang lintasan aliran di dalam saluran/sungai (m)
V	Kecepatan aliran di dalam saluran (m/det)
C_s	Koefisien penampungan
t_c	Waktu konsentrasi (jam)
Δt	Waktu pengaliran dalam saluran (menit)
$d\theta$	Perubahan tampungan (m^3)
dt	Interval waktu penelusuran (detik)
I	Aliran masuk (<i>inflow</i>)(m^3/det)
O	Aliran keluar (<i>Outflow</i>)(m^3/det)
I_1, I_2	Aliran masuk pada waktu ke-1 dan ke-2

O_1, O_2	Aliran keluar pada waktu ke-1 dan ke-2
S_1, S_2	Tampungan pada waktu ke-1 dan ke-2
SN	Perbandingan antara jumlah segmen sungai dengan tingkat I dengan jumlah segmen semua sungai (sungai tingkat)
Cd	Koefisien debit $= 0,93 + 0,1 \times H_1/L$, dengan $L = H_{max}$
C_v	Koefisien kecepatan datang $= C_d \times A'/A_1$
A'	Luas penampang basah diatas meja romijn
A_1	Luas penampang basah saluran pintu
g	Percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m}^2/\text{det}$)
B	Lebar efektif pintu romijn (m)
H_1	Tinggi energi diatas meja (m)
h_1	Tinggi energi hulu diatas meja (m)
b_p	Lebar pintu romijn di pinggir
B_e	Lebar efektif tiap pintu romijn
K_p	Koefisien pilar
K_a	Koefisien abutmen
H_{max}	Tinggi muka air banjir diatas mercu
B_r	Lebar total bangunan pintu romijn
N	Jumlah pintu
b_p	Lebar tiap pintu romijn
$\sum t$	Lebar pilar
$\sum b$	Lebar abutmen
F	Faktor keamanan
n	Jumlah irisan
c	Kohesi (kN/cm^2)
a_i	Panjang lengkung lingkaran pada irisan ke-I (m)
φ	Sudut gesek dalam tanah ($^\circ$)
N_i	$W \cos \theta$
θ_i	Sudut yang didefinisikan pada gambar ($^\circ$)
$\sum$ [momen menahan]	Momen yang melawan penggulingan
$\sum$ [momen mengguling]	Momen yang menyebabkan penggulingan
$\sum V$	Resultan momen arah vertical
$\sum H$	Resultan momen arah horizontal
$\tan \varphi$	Besarnya nilai sudut geser
c	Kohesi tanah

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir dan genangan merupakan permasalahan yang sering sekali terjadi di daerah perkotaan maupun pedesaan yang memiliki tingkat kepadatan penduduk yang cukup tinggi. Hal ini merupakan permasalahan umum yang masih saja terjadi sampai saat ini dan masih saja belum dapat ditangani secara maksimal bahkan bisa saja menimbulkan konflik ke berbagai pihak. Banjir ataupun genangan di setiap wilayah bisa disebabkan oleh banyak faktor, seperti intensitas curah hujan yang tinggi dan berlangsung lama secara bersamaan yang tidak mampu ditampung di daerah tersebut, perubahan tata guna lahan berupa peningkatan luas area kedap air akan memberikan dampak langsung pada peningkatan volume limpasan, serta kurangnya kesadaran masyarakat di lingkungan sekitar dimana banyaknya sampah yang menumpuk dan menyebabkan tersumbatnya saluran drainase perkotaan. Sebagian besar wilayah dan kota yang ada di Indonesia dilanda bencana banjir setiap tahunnya yang disebabkan oleh sistem drainasenya tidak mampu berfungsi dengan baik.

Kota Sengkang yang merupakan Ibukota Kabupaten Wajo, Kecamatan Tempe yang merupakan salah satu kawasan padat penduduk yang berada di Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki luas wilayah sekitar 38,27 km² 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 daerah ini naiknya limpasan air menjadi

genangan yang disebabkan oleh intensitas curah hujan yang tinggi dan juga saluran drainase yang tidak mengalirkan air dengan baik menuju pembuangan akhir. Kedudukannya sebagai pusat kota segala aktifitas berpusat disana sehingga konsekuensinya terjadi perubahan tata guna lahan dan bertambahnya koefisien pengaliran (*run off coefficient*). Penyebab bencana banjir di kota tersebut, diakibatkan oleh kondisi fisik dari saluran drainase yang sudah kurang memadai karena adanya sedimentasi seperti tanah dan sampah. Selain itu, berbagai kebiasaan buruk yang dilakukan oleh masyarakat setempat dan juga kurangnya kesadaran terhadap lingkungannya merupakan faktor yang berpengaruh besar untuk masalah ini.

Kota yang layak dan nyaman untuk ditinggali harus memiliki berbagai infrastruktur penunjang kehidupan, salah satunya adalah infrastruktur sistem drainase. Drainase perkotaan merupakan salah satu elemen yang paling penting dalam suatu kota, tanpa adanya perencanaan drainase yang baik maka kegiatan rutinitas masyarakat dalam suatu kota akan terganggu. Oleh karena itu, sistem drainase perkotaan berkelanjutan merupakan konsep yang sepatutnya diterapkan pada proses pengembangan kawasan padat penduduk. Sehingga limpasan air yang terjadi pada saat musim penghujan pada suatu wilayah bisa diupayakan untuk dapat dikendalikan dan dimanfaatkan kembali seoptimal mungkin termasuk upaya peresapan kembali ke dalam tanah.

Air hujan yang jatuh pada suatu daerah tertentu sebaiknya ditampung, diresapkan dan juga dialirkan dengan cara pembuatan sebuah tempat penampungan air, fasilitas resapan dan saluran drainase. Dari sistem saluran drainase selanjutnya

dialirkan menuju sistem yang lebih besar yaitu ke badan air penerima. Adapun beberapa fungsi drainase perkotaan, seperti berikut di bawah ini.

1. Fungsi drainase perkotaan secara umum

- Membuat daerah perkotaan bisa terbebas dari genangan air sehingga tidak terjadi lagi dampak negatif di lingkungan sekitar.
- Membuat air permukaan bisa lebih cepat menuju ke badan air penerima terdekat.
- Menjadi pengendali dari kelebihan air permukaan sehingga bisa digunakan menjadi persediaan air dan juga kehidupan akuatik.
- Sebagai pelindung sarana dan prasarana perkotaan yang sudah terbangun.

2. Fungsi drainase perkotaan berdasarkan fungsi layanan

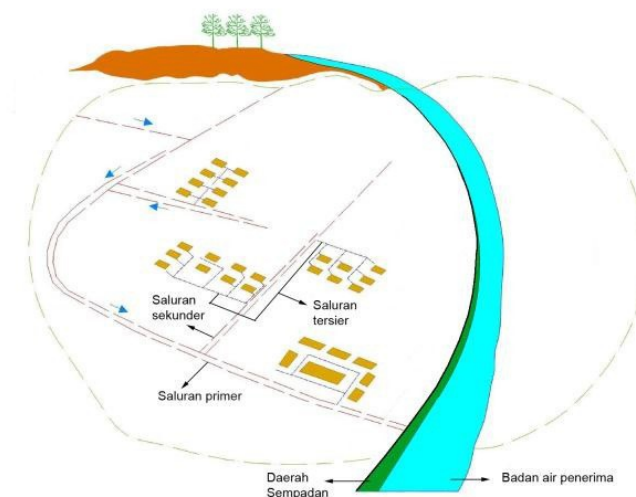
- Sistem drainase lokal, sistem ini merupakan saluran awal yang menjadi tempat pelayanan dalam suatu kawasan perkotaan tertentu seperti contohnya komplek, areal pasar, perkantoran, areal industri dan komersial. Biasanya pengelolaan sistem drainase perkotaan menjadi tanggung jawab dari masyarakat setempat, pengembang/pengelola suatu kawasan atau instansi tertentu.
- Sistem drainase utama, merupakan suatu jaringan dari saluran drainase primer, sekunder, tersier beserta bangunan pelengkap yang melayani suatu kepentingan dari sebagian besar masyarakat. Pengelolaannya merupakan tanggung jawab dari pemerintah kabupaten/kota.
- Pengendalian banjir (*flood control*), hal ini merupakan usaha yang dilakukan dalam mengendalikan air sungai yang melewati wilayah

perkotaan, sehingga tidak mengganggu masyarakat dan juga bisa memberikan manfaat dalam kehidupan masyarakat setempat. Untuk pengelolanya merupakan tugas yang harus dilakukan oleh Dinas Pengairan (Sumber Daya Air).

3. Fungsi drainase perkotaan berdasarkan fisiknya

- Saluran primer, merupakan saluran drainase yang menjadi tempat untuk menerima air dari saluran sekunder dan langsung menyalurkannya ke badan air penerima.
- Saluran sekunder, merupakan saluran yang menjadi tempat untuk menerima air dari saluran tersier dan menyalurkannya ke saluran primer.
- Saluran tersier, merupakan saluran drainase yang menerima air dari saluran penangkap kemudian akan langsung mengalirkannya ke saluran sekunder.

Sistem drainase perkotaan yang berdasarkan dari fungsi layanan dan fungsi fisiknya bisa ditinjau pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Sistem Drainase Perkotaan

Selain itu adapun beberapa sarana dan prasarana dalam sistem drainase perkotaan yang terdiri atas beberapa bangunan-bangunan seperti berikut ini.

Tabel 1. Sarana dan Prasarana Drainase

No	Bangunan Drainase
1	Saluran Terbuka
2	Saluran Tertutup
3	Gorong-gorong
4	Siphon Drainase
5	Bangunan Terjun
6	Tanggul
7	Bangunan Penangkap Air
8	Pintu Air
9	Kolam Retensi
10	Kolam Tandon
11	Kolam detensi
12	Pompa
13	Rumah Pompa
14	Trash Rack
15	Sumur Resapan
16	Kolam Resapan
17	Jalan Inspeksi
18	Daerah sempadan
19	Bak Pemeriksaan/Man Hole
20	Tali Air/Inlet Street

(Sumber: Permen PU No.12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan)

Berdasarkan uraian di atas, terkait permasalahan banjir dan genangan yang sering sekali terjadi di Kota Sengkang setiap tahunnya mengakibatkan terganggunya segala aktifitas masyarakat setempat. Maka hal tersebut menjadi dasar bagi penulis untuk melakukan penelitian yang berjudul “**Analisis Hidrologi dan Hidrolika Terhadap Perencanaan Kolam Retensi pada Sistem Drainase Kota Sengkang**”.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana besar debit banjir pada saluran drainase di Kota Sengkang menggunakan kala ulang 10 tahun dalam menentukan kapasitas tampungan kolam?
2. Berapa besar dimensi kolam retensi yang dibutuhkan sebagai upaya dalam pencegahan banjir di Kota Sengkang?
3. Berdasarkan hasil analisis yang akan dilakukan, bagaimana pengaruh sebelum dan setelah adanya kolam retensi di Kota Sengkang?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan perhitungan analisis hidrologi dan hidrolika untuk mengetahui besar debit banjir yang akan terjadi.
2. Melakukan simulasi untuk menampilkan kondisi wilayah yang terdampak genangan banjir di Kota Sengkang.
3. Menentukan dimensi kolam retensi yang sesuai dalam mereduksi besarnya genangan banjir yang terjadi.
4. Memberikan gambaran kondisi genangan banjir di Kota Sengkang sebelum dan setelah dibuatkan kolam retensi.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Diharapkan dapat dijadikan bahan pertimbangan bagi instansi terkait untuk menyelesaikan permasalahan mengenai sistem drainase di Kota Sengkang.
2. Sebagai bahan kajian untuk mengetahui kapasitas debit banjir sistem drainase Kota Sengkang sebelum dan setelah adanya kolam retensi.
3. Memberikan manfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan untuk studi yang terkait dan dapat dijadikan bahan referensi untuk pelaksanaan penelitian lebih lanjut.

1.5 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian ini dilakukan di Jl. Rusa, Kota Sengkang, Kabupaten Wajo.
2. Perhitungan analisis hidrologi untuk menentukan curah hujan efektif yang akan terjadi nantinya dengan kala ulang tertentu.
3. Daerah tangkapan air yang digunakan berdasarkan peta topografi dan peta jaringan drainase Kota Sengkang.
4. Analisis debit banjir pada saluran drainase dengan menggunakan *software* HecRas.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini untuk menghasilkan penulisan yang baik dan terarah serta memudahkan pembaca memahami uraian secara sistematis, maka tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Pendahuluan memuat suatu gambaran secara singkat dan jelas tentang latar belakang mengapa penelitian ini perlu dilaksanakan. Dalam pendahuluan ini juga memuat rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan tugas akhir ini.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berisi mengenai teori-teori yang relevan dengan topik permasalahan yang dijadikan sebagai landasan atau acuan dalam melakukan penelitian dan memberikan gambaran mengenai metode pemecahan masalah yang akan digunakan pada penelitian ini.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai metode yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi prosedur penelitian yang dituangkan dalam bentuk bagan alir penelitian, jenis dan sumber data serta analisis yang digunakan dalam mengolah data.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini memuat hasil-hasil pengujian serta Analisa data perhitungan menggunakan rumus-rumus empiris diantaranya adalah

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup dari penulisan tugas akhir yang memuat kesimpulan hasil dari analisis penelitian yang disertai dengan saran-saran mengenai keseluruhan penelitian maupun untuk penelitian yang akan datang.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kolam Retensi

Kolam retensi merupakan sebuah bangunan yang berfungsi sebagai penampung air hujan sementara waktu dengan cara meresapkan air ke dalam tanah yang pengoperasiannya dapat digabungkan dengan pompa air atau pintu air, yang selanjutnya akan dilepas kembali ke saluran drainase (Parandangi, Lopa, & Bakri, 2020).

Kolam retensi juga dapat diartikan sebagai kolam/waduk yang digunakan sebagai wadah untuk menampung air hujan dalam rentetan waktu tertentu. Fungsinya sebagai pemotong puncak banjir yang terjadi pada badan air/sungai. Kolam retensi terbagi atas dua macam yakni kolam alami dan juga kolam non alami. Kolam alami yaitu kolam retensi yang berupa cekungan atau lahan resapan yang sudah ada secara alami yang bisa dimanfaatkan seperti danau alami dan sebagainya. Sementara untuk kolam non alami merupakan kolam retensi yang dibuat sesuai dengan bentuk dan kapasitas yang dibutuhkan dengan menggunakan lapisan bahan material yang kaku seperti beton. Untuk kapasitas kolam retensi yang bisa menampung volume air saat debit banjir puncak, dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2014).

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

Dengan:

V = Volume kolam

t = Waktu awal air masuk ke dalam *inlet*

t_o = Waktu air keluar dari *outflow*

Q_{in} = Debit *inflow*

Q_{out} = Debit *outflow*

Dalam perencanaan pembuatan kolam retensi diperlukan analisis hidrologi dalam penentuan banyaknya muatan debit banjir rencana yang akan mempengaruhi besarnya debit maksimum ataupun kestabilan konstruksi yang akan dibuat. Dan juga dibutuhkan data curah hujan untuk perencanaan pemanfaatan air dan bangunan air merupakan curah hujan rerata di seluruh daerah terkait, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu (Sosrodarsono, 1993).

2.1.1 Fungsi Kolam Retensi

Kolam retensi memiliki fungsi dalam penampungan air sementara dari saluran pembuangan sebelum didistribusikan ke sungai sehingga debit banjir dapat diminimalisir. Tingkat pengurangan banjir tergantung dari karakteristik hidrograf banjir, kapasitas kolam dan dinamika beberapa *outlet*. Daerah yang dimanfaatkan dalam pembuatan kolam penampungan biasanya di daerah yang berdataran rendah. Dengan merencanakan dan memanfaatkan tata guna lahan yang benar, maka kolam retensi bisa digunakan sebagai tempat penampungan air hujan sementara dan pendistribusian air (Rasyid, 2021).

Selain fungsinya sebagai alat pengendali banjir, kolam retensi juga dapat dimanfaatkan sebagai sarana pariwisata air dan sebagai konservasi air dikarenakan mampu meningkatkan cadangan air tanah daerah setempat (Rasyid, 2021).

2.1.2 Tipe-tipe Kolam Retensi

Dalam perencanaan kolam retensi ada berbagai tipe yang perlu diperhatikan dan akan disesuaikan dengan kebutuhan ataupun kondisi geografis daerah pembangunan. Dengan berbagai tipe sebagai berikut (Direktorat Jendral Cipta Karya, 2012).

1. Kolam Retensi Tipe di Samping Badan Sungai

Adapun bagian-bagian dari tipe ini seperti pintu *intlet*, bangunan pelimpah samping, pintu *outlet*, saringan sampah dan kolam penangkap sedimen. Tipe jenis ini sebaiknya dibangun didaerah yang berlahan luas untuk kolam retensinya sehingga muatannya bisa maksimal. Keunggulan dari tipe ini tidak mengganggu sistem aliran yang ada, dan juga mudah dalam pembangunan dan pemeliharaannya.



Gambar 2. Kolam Retensi Tipe di Samping Badan Sungai

2. Kolam Retensi di Dalam Badan Sungai

Tipe jenis ini memiliki bagian-bagian berupa tanggul keliling, pintu *outlet*, bending, saringan sampah dan kolam sedimen. Tipe ini dapat dibangun ketika kolam retensi sulit dibangun. Kekurangan dari tipe ini adalah kapasitasnya yang terbatas, harus menunggu aliran air dari hulu, pelaksanaannya sulit serta pemeliharannya yang mahal.

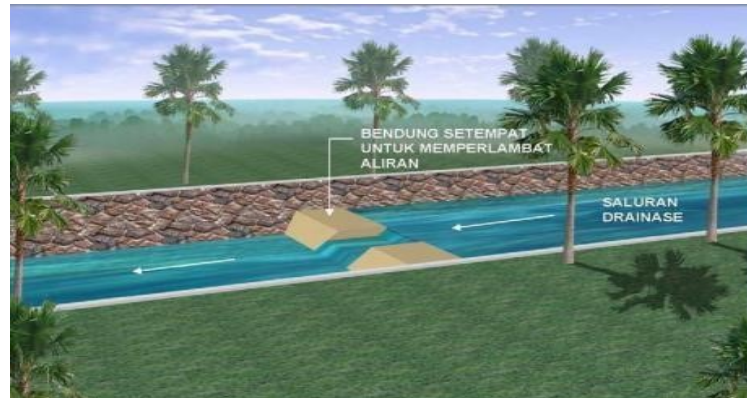


Gambar 3. Kolam Retensi di Dalam Badan Sungai

3. Kolam Retensi Tipe *Storage* Memanjang

Tipe jenis ini memiliki saluran yang lebar, dan dalam serta cek dam atau bending setempat. Tipe ini digunakan apabila lahannya tidak tersedia sehingga harus memaksimalkan saluran drainase yang ada. Kelemahannya memiliki kapasitas yang terbatas, menunggu aliran air yang ada dan pelaksanaannya lebih sulit. Idealnya suatu kolam retensi memiliki perbandingan Panjang/lebar lebih besar dari 2:1. Sedang dua kutub alirannya masuk (*inlet*) dan keluar (*outlet*) terletak di sekitar ujung kolam yang berbentuk bulat telur itulah yang terdapat kedua mulut masuk dan keluarnya air. Keuntungan bentuk kolam memanjang semacam itu, ternyata sedimennya relatif lebih cepat mengendap dan interaksi antar kehidupan di

dalamnya juga menjadi lebih aktif karena terbentuknya air yang terus bergerak, namun tetap dalam kondisi yang tenang, pada saatnya tanaman dapat pula menstabilkan dinding kolam dan mendapat makanan (*nutrient*) yang larut dalam air.



Gambar 4. Kolam Retensi Tipe Storage Memanjang

2.1.3 Kriteria Hidrologi

Penentuan periode ulang dalam perencanaan kolam retensi sesuai luas daerah tangkapan hujan dan tipologi kota berdasarkan pada Permen PU No.12/PRT/M/2014 Tentang penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan. Kala ulang hujan yang digunakan berdasarkan luas area pengaliran (*catchment area*), tipologi kota yang akan direncanakan kolam retensi.

Tabel 2. Periode Ulang untuk Perencanaan Kolam Retensi

Tipologi Kota	Catchment Area (Ha)			
	< 10	10-100	100-500	>500
Kota Metropolitan	2 thn	2-5 thn	5-10 thn	10-25 thn
Kota Besar	2 thn	2-5 thn	5-10 thn	5-20 thn
Kota Sedang/Kecil	2 thn	2-5 thn	5-10 thn	5-10 thn

(Sumber: Permen PU No.12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan)

Jadi sesuai dengan Permen PU No.12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan, dalam perhitungan curah hujan digunakan data hujan setidaknya 10 tahun terakhir secara berurutan. Untuk bangunan pelengkapanya digunakan kala ulang hujan yang sama dengan salurannya dimana bangunan tersebut berada.

Kemudian adapun syarat yang perlu diperhatikan perencanaan kolam retensi menurut Direktorat Jendral Cipta Karya 2012 adalah sebagai berikut.

(Soemarto, 1999)

1. Hujan

- a. Analisis hujan rencana diaplikasikan dengan menggunakan analisis frekuensi terhadap data curah hujan harian maksimum tahunan (selama 10 tahun).
- b. Analisis frekuensi terhadap curah hujan, menggunakan metode Log Pearson tipe III, atau metode Gumbel sesuai dengan kala ulang 1, 2, 5, 10 dan 25 tahun (dengan tata cara perhitungan debit desain saluran sebagai acuan).
- c. Dalam pengecekan data hujan, umumnya yang dipakai adalah metode lengkung masa ganda yang sesuai.
- d. Perhitungan intensitas hujan ditinjau dilakukan dengan menggunakan metode mononobe.

2. Debit banjir

- a. Perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode rasional yang telah dimodifikasi.

- b. Penentuan koefisien limpasan (*run off*) dilakukan berdasarkan tata guna lahan daerah tangkapan.
- c. Waktu konsentrasi merupakan banyaknya waktu pengaliran di permukaan dan waktu drainasenya.
- d. Perhitungan koefisien penyimpangan dilihat dari perbandingan waktu konsentrasi dan waktu drainase.

2.1.4 Kriteria Hidrolika

Adapun yang perlu diperhatikan dalam perencanaan hidrolika adalah sebagai berikut.

1. Perhitungan kapasitas saluran menggunakan rumus manning atau yang sesuai.
2. Saluran drainase yang terkena pengaruh pengempangan (*back water effect*) perlu diperhitungkan pasang surutnya dengan menggunakan metode *Standard Step Method*.
3. Kecepatan maksimum (V) ditentukan berdasarkan kekasaran dinding dan dasar saluran. Untuk saluran tanah $V=0,7$ m/det, pasangan batu kali $v=2$ m/det dan juga pasangan beton $v=3$ m/det.

2.1.5 Kriteria Konstruksi

Penentuan kriteria perencanaan konstruksi perlu memperhatikan beberapa hal seperti berikut di bawah ini.

1. Pemberian beban harus disesuaikan dengan standar Teknik praktis yang berlaku.

2. Penentuan kombinasi muatan atas konstruksi dilakukan secara individual sesuai fungsi arah, dan tempat penggunaannya.
3. Stabilitas pembuatan bangunan penahan tanah keamanannya dikontrol terhadap kekuatan penahan tanah, geser, dan guling. Adapun kriteria keamanan setidaknya minimal sebagai berikut:
 - a. F kekuatan penahan tanah $\geq 1,5$.
 - b. F geser (kondisi biasa) $\geq 1,5$.
 - c. F geser (kondisi gempa) $\geq 1,2$.
 - d. F guling $\geq 1,5$.

2.2 Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah sebuah ilmu yang mempelajari tentang kehadiran dan gerakan air di alam. Sebagaimana yang termaktub dalam Hidrologi Teknik (Soemarto, 1999) hidrologi digambarkan sebagai ilmu yang mempelajari tentang sistem air di lapisan atmosfer dan lapisan bumi. Definisi tersebut terbatas pada hidrologi rekayasa. Secara garis besarnya hidrologi meliputi berbagai bentuk air, termasuk perubahan antara keadaan cair, padat, dan gas dilapisan atmosfer sampai lapisan bumi. Di dalamnya sudah termasuk laut yang merupakan sumber dan tempat penyimpanan air yang mempengaruhi kehidupan di bumi (Soemarto, 1999).

Data klimatologi yang dipakai berasal dari Stasiun di sekitaran wilayah layanan daerah irigasi yang bersangkutan. Data ini dimanfaatkan dalam perhitungan kebutuhan air dan ketersediaannya (debit andalan). Oleh karena itu, data

hujan yang digunakan setidaknya data 20 tahun terakhir (Soewarno, Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data (Jilid 1), 1995).

Sedangkan menurut Triatmojo (Tahun 2008) hidrologi ialah ilmu yang berhubungan dengan air di bumi, mulai dari pembentukan, peredaran dan penyebarannya, sifat-sifatnya serta hubungannya dengan lingkungan sekitarnya terutama dengan makhluk hidup. Analisa hidrologi bertujuan untuk menentukan debit banjir yang direncanakan.

Analisis hidrologi digunakan dalam penentuan karakteristik hidrologi dan meteorologi daerah aliran sungai. Tujuannya untuk mengetahui karakteristik hujan, debit air yang ekstrim ataupun yang wajar, yang akan dimanfaatkan sebagai dasar analisis selanjutnya dalam pelaksanaan detail desain (Apriani, Lopa, & Karamma, 2022).

2.2.1 Analisis Distribusi Curah Hujan

Data curah hujan dan debit adalah data yang paling berpengaruh atau dibutuhkan dalam perencanaan kolam retensi. Ketepatan dalam penentuan lokasi dan peralatan untuk mendapatkan data curah hujan maupun debit merupakan faktor yang paling menentukan kualitas data yang diperoleh analisis data curah hujan bertujuan untuk mendapatkan besaran curah hujan dan analisis statistik merupakan hal yang harus diperhatikan dalam perhitungan dalam mencari debit banjir rencana. Data curah hujan yang digunakan dalam perhitungan debit banjir adalah hujan yang terjadi pada daerah aliran sungai di waktu yang sama. Daerah tangkapan pada saluran drainase mikro relatif kecil, sehingga data curah hujan sebaiknya

diwakili oleh stasiun hujan yang terdekat ataukah yang paling berpengaruh di daerah tangkapan air tersebut. Dalam menentukan hujan rata-rata di daerah terkait bisa dilakukan dengan beberapa metode umum antara lain seperti Metode Rata-rata Aljabar, Metode Polygon Thiessen, dan Metode Ihsoshyet (Apriani, Lopa, & Karamma, 2022; Rasyid, 2021)

1. Metode Rata-rata Aljabar

Metode ini merupakan metode yang paling sederhana, pengukuran yang dilakukan dalam beberapa stasiun hujan dalam kurun waktu yang bersamaan diakumulasi lalu selanjutnya dibagi jumlah stasiunnya. Stasiun hujan yang dimanfaatkan dalam perhitungan ini adalah yang berada dalam kawasan DAS, namun stasiun diluar DAS tangkapan yang masih agak berdekatan juga bisa dijadikan sebagai bahan pertimbangan.

Metode rata-rata aljabar dapat dikatakan memberikan hasil yang baik apabila:

- Stasiun hujan tersebar secara merata di DAS.
- Distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS.

(Triatmodjo, 2008)

Metode rata-rata aljabar ialah metode yang sederhana untuk perhitungan hujan Kawasan. Metode ini memperkiorakan bahwa semua stasiun hujan memiliki pengaruh yang hamper sama. Cara ini dapat digunakan pada daerah dengan topografi rata atau datar, dan harga curah hujan hampir sama dari harga rata-ratanya (Suripin, 2004). Hujan kawasan menggunakan metode rata-rata

aljabar didapatkan dari persamaan berikut ini (Apriani, Lopa, & Karamma, 2022).

$$P = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan:

P = Curah hujan rata-rata DAS (mm)

P_1, P_2, P_n = Curah hujan pada setiap stasiun hujan (mm)

n = Banyaknya stasiun hujan

2. Metode Polygon Thiessen

Metode polygom thiessen biasanya banyak digunakan dalam perhiyungan hujan rata-rata kawasan. Metode ini ialah metode yang tetap dalam suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Namun jika terdapat perubahan jaringan stasiun hujan seperti pemindahan atau penambahan, maka harus dibuatkan polygon yang baru (Triatmodjo, 2008).

Metode polygen Thiessen digunakan ketika penyebaran stasiun hujan di daerah yang tidak merata dengan perkiraan bahwa variasi hujan antara stasiun hujan dengan yang yang lainnya adalah linier jadi sembarang pos dianggap bisa mewakili kawasan terdekat (Suripin, 2004). Curah hujan daerah dengan menggunakan metode polygon Thiessen didapatkan dari persamaan berikut ini (Rasyid, 2021).

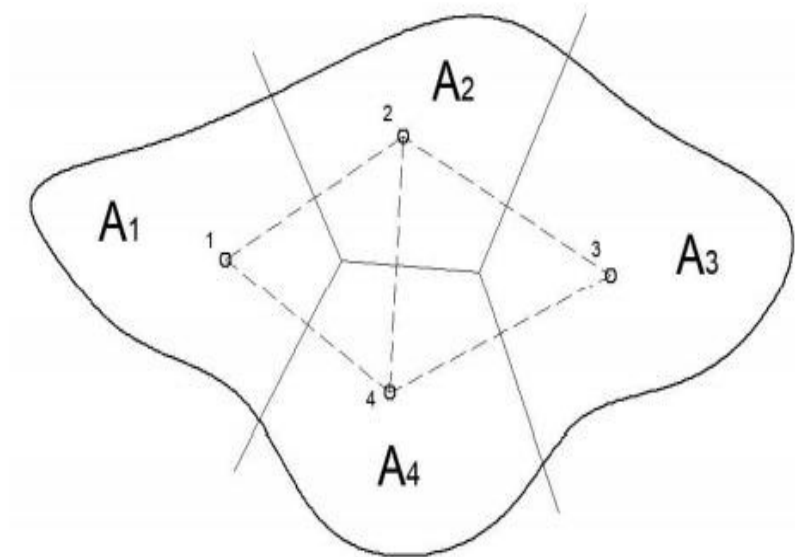
$$P = \frac{P_1 A_1 + P_2 A_2 + \dots + P_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots \dots \dots (3)$$

Dengan:

P_1, P_2, P_n = Curah hujan yang tercatat di stasiun hujan

n = Jumlah stasiun hujan

A_1, A_2, A_n = Luas areal polygon masing-masing stasiun hujan



Gambar 5. Metode Plygon Thiessen

Keterangan gambar:

A_1 = Luas daerah pengaruh stasiun pertama

A_2 = Luas daerah pengaruh stasiun ke-2

A_3 = Luas daerah pengaruh stasiun ke-3

A_4 = Luas daerah pengaruh stasiun ke-4

3. Metode Isohyet

Metode isohyet merupakan garis yang menghubungkan titik-titik dengan dengan kedalaman hujan yang hampir sama. Metode ini, diperkirakan bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis isohyet sehingga merata dan sama dengan nilai rata-rata dari kedua garis isohyet tersebut. Metode ini merupakan metode yang memberikan hasil yang actual dalam perhitungan kedalaman rata-

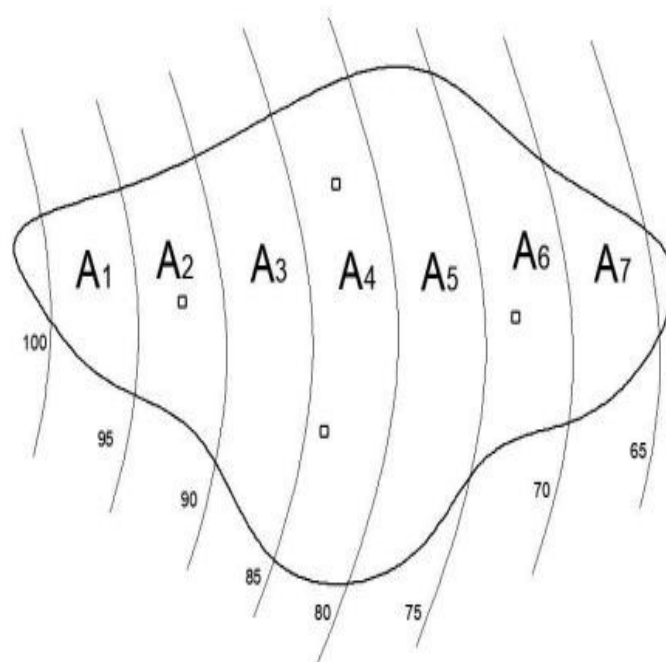
rata di suatu daerah, pada metode ini stasiun hujan harus banyak dan tersebar merata, tetapi membutuhkan pekerjaan dan perhatian yang lebih ekstra dibandingkan kedua metode sebelumnya (Apriani, Lopa, & Karamma, 2022).

$$P = \frac{\sum \left[A \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) \right]}{\sum A} \dots\dots\dots (4)$$

Dengan:

P_1, P_2 = Curah hujan yang tercatat di stasiun hujan

A = Luas areal polygon masing-masing stasiun hujan



Gambar 6. Metode Isohyet

2.2.2 Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana dimanfaatkan dalam menentukan besarnya hujan dengan periode ulang tertentu (Soewarno, 1991). Sesuai dengan curah hujan rencana maka bisa didapatkan besarnya intensitas hujan (analisis frekuensi) yang

akan dimanfaatkan untuk menentukan debit banjir rencana. Analisis frekuensi ini dilakukan dengan menggunakan sebaran dari teori probability distribution dan yang biasa digunakan adalah sebaran Gumbel tipe I, sebaran Log Pearson tipe III, sebaran Normal dan sebaran Log Normal. Jadi untuk lebih sistematisnya metode analisis frekuensi perhitungan rencana hujan ini digunakan dengan cara berurutan sebagai berikut.

1. Pemilihan Parameter Statistik

a. Nilai Rata-rata

Parameter yang dimanfaatkan pada perhitungan analisis frekuensi seperti parameter nilai rata-rata ($\bar{R}$), standar deviasi (Ds), koefisien variasi (Cv), koefisien kemiringan (Cs) dan koefisien kurtois (Ck). Menghitung parameter tersebut dilakukan sesuai dengan data catatan tinggi hujan harian rata-rata maksimum 20 tahun terakhir. Nilai rata-rata ($\bar{R}$), rumusnya sebagai berikut.

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

Dengan:

$\bar{R}$ = Nilai rata-rata curah hujan (mm)

x_i = Curah hujan rencana tahunan (mm)

n = Jumlah data

b. Deviasi Standar

Nilai sebaran yang lebih banyak akan dimanfaatkan ialah deviasi standar. Jika penyebarannya lebih besar dari nilai rata-rata maka nilai Ds akan besar juga, namun jika penyebaran datanya sangat kecil dari nilai

rata-rata maka nilai dS akan kecil pula. Jadi jika dirumuskan pada suatu persamaan maka akan kurang lebih seperti berikut (Soewarno, 1991).

$$D_s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{R})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan:

D_s = Standar deviasi

c. Koefisien Variasi

Koefisien variasi (*Coefficient of variation*) merupakan nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata dari suatu sebaran. Perhitungan koefisien variasi bisa dilakukan dengan rumus sebagai berikut (Soewarno, 1991).

$$C_v = \frac{ds}{\bar{R}} \dots\dots\dots (7)$$

Dengan:

C_v = koefisien variasi curah hujan

ds = deviasi standar curah hujan

$\bar{R}$ = nilai rata-rata hujan.

d. Koefisien Kemiringan

Koefisien kemiringan (*Coefficient of variation*) merupakan suatu nilai yang memperlihatkan derajat ketidaksimetrisan (*asymmetry*) dari sebuah bentuk distribusi. Perhitungannya bisa dilakukan dengan rumus sebagai berikut (Soewarno, 1991).

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{R})^3}{(n-1)(n-2)ds^3} \dots\dots\dots (8)$$

Dengan:

C_s = Koefisien skewness

n = Jumlah data

X_i = Data hujan atau debit ke-1

$\bar{R}$ = Nilai rata-rata dari data sampel curah hujan

e. Koefisien Kurtois

Perhitungannya bisa dilakukan dengan rumus sebagai berikut di bawah ini (Soewarno, 1991).

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{R})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)ds^4} \dots\dots\dots (9)$$

Dengan:

C_k = Koefisien kurtois

n = Jumlah data

x_i = Data hujan atau debit ke-1

$\bar{R}$ = Nilai rata-rata dari data sampel curah hujan

Ds = Standar deviasi dari sampel curah hujan

2. Penentuan Jenis Distribusi Sebaran

Setiap sebaran mempunyai karakteristiknya masing-masing jadi sebaiknya diuji kesesuaiannya dengan karakteristik setiap sebaran, jadi penentuan sebaran yang tidak sesuai akan menimbulkan kesalahan perkiraan yang cukup besar. Penentuan sebaran sembarangan tanpa melalui pengujian data hidrologi sebaiknya tidak dilakukan. Jadi pemilihan jenis sebaran yang akan digunakan dalam analisis frekuensi bisa digunakan beberapa cara sebagai berikut (Apriani, Lopa, & Karamma, 2022).

Tabel 3. Pedoman Pemilihan Sebaran

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2	Log Normal	$C_s = C_{v3} + 3C_v$ $C_k = C_{v8} + 6C_{v6} + 15C_{v4} + 16C_{v2} + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
4	<i>Log Person III</i>	Selain dari data di atas

(Sumber: Triadmojo, 2008)

3. Kala Ulang Hujan

Kala ulang hujan merupakan waktu dimana hujan dengan intensitas tertentu akan sama atau lebih besaar. Misalkan, hujan dengan periode ulang 25 tahun yang artinya pada 25 tahun selanjutnya kemungkinan hujan dengan besaran yang sama atau lebih besar akan terjadi (Edison, 1997). Sebelum dilakukannya analisis frekuensi untuk mendapatkan intensitas hujan dalam jangka waktu tertentu. Maka dari itu harus disiapkan rangkaian data curah hujan berdasarkan durasi jam atau menitnya. Penggunaan kala ulang hujan dalam perencanaan adalah sebagai berikut.

- Saluran interceptor: kala ulang 2 tahun
- Saluran collector: kala ulang 5 tahun
- Saluran comveyor: kala ulang 10 tahun

Analisis frekuensi pada data curah hujan yang ada, bisa dillakukan dengan beberapa metode antara lain seperti Gumbel, Log Normal, Log Pearson III dan sebagainya (Notodihardjo, 1998).

4. Analisis Distribusi Frekuensi

Hujan rencana merupakan hujan dengan periode ulang tertentu yang diperkirakan bisa saja terjadi pada suatu daerah pengaliran (Kamiana, 2010). Dalam memperkirakan hujan rencana dapat dilakukan dengan analisis frekuensi pada data curah hujan harian rata-rata maksimum tahunan, dengan jangka waktu pengamatan sekitar 10 tahun terakhir pada minimal satu stasiun hujan. Kemudian setelah penentuan jenis distribusi sudah sesuai, selanjutnya adalah menghitung curah hujan rencana berdasarkan jenis distribusinya. Dalam penggunaan distribusi, ada beberapa persyaratan yang perlu diperhatikan dengan keterangan sebagai berikut (Rasyid, 2021).

a. Distribusi Normal

Adapun persamaan yang digunakan dalam distribusi ini yaitu sebagai berikut.

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{z^2}{2}} \dots\dots\dots (10)$$

Dengan:

$F(z)$ = Probabilitas kumulatif distribusi normal

π = Rata-rata dari nilai x

z = Raktor frekuensi dari distribusi normal

Tabel 4. Frekuensi Reduksi Metode Normal dan Log Normal

p	Tr	KTr
1.00E-04	10000	3.719
5.00E-04	2000	3.291
0.001	1000	3.09
0.005	200	2.576
0.01	100	2.326
0.025	40	1.96
0.5	20	1.645
0.1	10	1.282
0.15	6.67	1.036
0.2	5	0.842
0.25	4	0.674
0.3	3.33	0.524
0.35	2.86	0.385
0.4	2.5	0.253
0.45	2.22	0.126
0.5	2	0
0.55	1.82	-0.126
0.6	1.67	-0.253
0.65	1.54	-0.385
0.7	1.43	-0.524
0.75	1.33	-0.674
0.8	1.25	-0.842
0.85	1.18	-1.036
0.9	1.11	-1.282
0.95	1.05	-1.645
0.975	1.03	-1.96
0.99	1.01	-2.326
0.995	1.005	-2.576
0.999	1.001	-3.09
1	1.0005	-3.291

b. Distribusi Gumbel

Dalam distribusi gumbel terdapat 2 cara perhitungan yang digunakan yaitu dengan fungsi densitas kumulatif dan tabel. Adapun rumus fungsi densitas kumulatif adalah sebagai berikut.

$$X_t = u + \alpha y_t \dots\dots\dots(11)$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6\delta}}{\pi} \dots\dots\dots(12)$$

$$u = x - 0,5772\alpha \dots\dots\dots(13)$$

$$y_t = -\ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \dots\dots\dots(14)$$

Ataukah bisa juga dengan menggunakan persamaan dasarnya yakni sebagai berikut.

$$X_t = \bar{R} + \frac{y_t - y_n}{\sigma n} ds \dots\dots\dots(15)$$

Dengan:

X_t = Nilai curah hujan rencana dengan periode T

$\bar{R}$ = Nilai rata-rata

y_t = Faktor reduksi gumbel

T = Periode ulang

u = Modus dari distribusi

Ds = Standar deviasi

n = Jumlah data

y_n = Nilai rata-rata

Tabel 5. Frekuensi Reduksi Metode Gumbel (Harga Y_n dan S_n)

n	Y_n	S_n
8	0.4843	0.9043
9	0.4902	0.9288
10	0.4952	0.9497
11	0.4996	0.9676
12	0.5053	0.9833
13	0.507	0.9972
14	0.51	1.0095
15	0.5128	1.0206
16	0.5157	1.0316
17	0.5181	1.0411
18	0.5202	1.0493
19	0.522	1.0566
20	0.5235	1.0629
21	0.5252	1.0696
22	0.5268	1.0754
23	0.5283	1.0811
24	0.5296	1.0864
25	0.5309	1.0914
26	0.532	1.0961
27	0.5332	1.1004
28	0.5343	1.1047
29	0.5353	1.1086
30	0.5362	1.1124

c. Distribusi Log Pearson III

Distribusi ini adalah distribusi yang banyak dipakai dalam analisis hidrologi, utamanya dalam analisis data maksimum (banjir). Bentuk dari distribusi ini merupakan hasil perubahan distribusi log pearson III menggantikan varian logaritmik. Metode ini apabila digambarkan di kertas peluang logaritmik maka akan membentuk garis lurus, sehingga bisa dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1999).

$$y_t = \bar{y} + (K_T \times ds_y) \dots \dots \dots (16)$$

Dengan:

y_t = Nilai logaritmik dari x atau log (Xi)

$\bar{y}$ = Rata-rata (sebaiknya rata-rata geometrik) nilai ds_y

ds_y = Standar deviasi nilai y

K_T = Karakteristik distribusi peluang Log Pearson tipe III

Adapun Langkah-langkah yang digunakan dalam perhitungannya adalah sebagai berikut.

- 1) Mengubah data curah hujan sebanyak n buah $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ menjadi $\log(X_1), \log(X_2), \log(X_3), \dots, \log(X_n)$
- 2) Menghitung rata-rata

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \dots \dots \dots (17)$$

Dengan:

$\bar{y}$ = Nilai rata-rata curah hujan (mm)

y_i = Curah hujan rencana tahunan (mm)

n = jumlah data

- 3) Menghitung harga standar deviasi (ds_y)

$$ds_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (18)$$

Dengan:

ds_y = Standar deviasi variabel y

- 4) Menghitung koefisien skewness

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^3}{(n-1)(n-2) ds_y^3} \dots \dots \dots (19)$$

Dengan:

C_s = Koefisien skewness

Tabel 6. Frekuensi Reduksi Metode Log Pearson III

No	(Cs)	Probabilitas							
		50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
		Periode Ulang (Tahun)							
		2	5	10	25	50	100	200	1000
1	3	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2	2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
3	2.2	-0.330	0.574	1.840	2.240	2.970	3.705	4.444	6.200
4	2	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
5	1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
6	1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
7	1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
8	1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
9	1	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
10	0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
11	0.8	-0.132	0.780	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312	4.250
12	0.7	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
13	0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
14	0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
15	0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670

d. Distribusi Log Normal

Adapun persamaan yang digunakan dalam menentukan perhitungan hujan dalam distribusi gumbel adalah sebagai berikut.

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\delta\pi}} \int_{\infty}^z e^{\frac{(Y-\mu Y)^2}{2\delta Y}} dy \dots\dots\dots (20)$$

Dengan:

$F(z)$ = Probabilitas kumulatif distribusi log normal

$\bar{y}$ = Rata-rata dari nilai y

z = Faktor frekuensi dari distribusi log normal

DS_y = Standar deviasi nilai y

5. Uji Kecocokan Sebaran

Setelah menentukan jenis sebaran yang akan digunakan maka akan diuji kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi dari sampel data pada fungsi distribusi peluang yang diperkirakan bisa menggambarkan atau mewakili distribusi frekuensi tersebut maka dibutuhkan pengujian parameter. Untuk itu pengujian parameter dapat dilakukan dengan dua cara, yakni Chi-Kuadrat atau dengan menggunakan Smornov-Kolmogorov. Pada umumnya pengujian dilakukan dengan cara menggambarkan data pada kertas peluang dan melihat apakah data tersebut membentuk garis lurus, atau dengan membandingkan kurva frekuensi dari data yang diamati pada kurva frekuensi teoritisnya (Soewarno, 1995).

a. Uji Chi-Kuadrat

Metode ini bisa digunakan untuk melihat apakah persamaan distribusi peluang yang telah ditentukan bisa mewakili distribusi statistic sampel data yang telah dianalisis, dalam pengambilan keputusan pengujian ini menggunakan parameter X_{cr} .

$$X^2_{cr} = \sum_{p=1}^p \frac{(Of - Ef)^2}{Ef} \dots\dots\dots (21)$$

Dengan:

X^2_{cr} = Parameter chi-kuadrat terhitung

P = Jumlah sub-kelompok

Of = Jumlah nilai pengamatan pada sub-kelompok ke-i

Ef =Jumlah nilai teoritis pada sub-kelompok ke-1

Parameter X_{cr} adalah variable yang acak. Kemungkinan untuk mencapai nilai X_{cr} bisa saja sama atau bahkan lebih besar dari pada nilai Chi-Kuadrat yang sebenarnya (X), hal ini bisa dilihat pada lampiran satu pada derajat nyata tertentu yang biasa diambil adalah 5%. Derajat kebebasan ini umumnya bisa dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$DK = K - (P + 1) \dots\dots\dots (22)$$

Dengan:

DK = Derajat kebebasan

P = Banyaknya keterikatan = 2 (untuk distribusi normal) uji ini memenuhi bila $X^2_{hitung} < X^2_{tabel}$

Tabel 7. Derajat Kepercayaan Uji Keselarasan Chi Kuadrat

Dk	α							
	Derajat Kepercayaan							
	0.996	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.0000393	0.0000157	0.0000982	0.00393	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.01	0.0201	0.0506	0.103	5.991	7.378	9.21	10.597
3	0.0717	0.115	0.216	0.352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.488	11.143	13.277	14.86
5	0.412	0.554	0.831	0.195	11.07	12.832	15.086	16.75
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.69	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.18	2.733	15.507	17.535	20.09	21.955
9	1.735	2.088	2.7	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.94	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.92	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.217	28.3
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.388	29.819
14	4.075	4.66	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.448	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.845	32	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.625	7.015	8.231	9.39	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.114	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.26	9.591	10.851	31.41	34.17	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.289	11.591	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.26	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.98	45.558
25	10.52	11.524	13.12	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.16	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642	48.29
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.733	46.979	50.892	53.672

b. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov merupakan alat pengujian statistik yang dipakai dalam penentuan asal muasal dari suatu sampel apakah berasal dari suatu populasi yang mempunyai sebaran data tertentu

ataukah mengikuti suatu distribusi statistik. Adapun cara perhitungannya adalah sebagai berikut di bawah ini (Rasyid, 2021).

- Mengurutkan data dari yang lebih besar ke yang lebih kecil atau kebalikannya dan menentukan seberapa besar peluang yang dimiliki masing-masing data tersebut.

$$X_1 = P(X_1)$$

$$X_2 = P(X_2)$$

$$X_3 = P(X_3)$$

$$X_n = P(X_n)$$

- Dilihat dari kedua nilai peluang tersebut, selanjutnya adalah menentukan selisih penyebaran antara setiap peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D = \text{maksimum } (P(X_n) - P'(X_n))$$

- Jadi berdasarkan tabel dari nilai kritis (Smirnov-Kolmogorov test), selanjutnya ditentukan harga dari D_0 pada tabel (Nilai Delta Kritis untuk Uji Keselarasan Smirnov-Kolmogorof).

Tabel 8. Nilai Derajat Kepercayaan Uji Keselarasan Smirnov Kolmogorof

N	Derajat Kepercayaan			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N > 50	$\frac{107}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

Tabel 9. Nilai Peluang Teoritis Smirnov Kolmogorof

t	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005
-3.1	0.001	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007
-3	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.001
-2.9	0.0019	0.0018	0.0017	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0022	0.0022	0.0021	0.0021	0.002
-2.7	0.0036	0.0034	0.0033	0.0032	0.003	0.003	0.0029	0.0028	0.0027
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.004	0.004	0.0039	0.0038	0.0037
-2.5	0.0062	0.006	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049
-2.4	0.0082	0.008	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113
-2.1	0.0179	0.0174	0.017	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.015	0.0146
-2	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0226	0.025	0.0244	0.0239
-1.8	0.0359	0.0352	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0481	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.063	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571

-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.102	0.1003
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.123	0.121	0.119
-1	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.166	0.1635
-0.8	0.2119	0.209	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894
-0.7	0.242	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483
-0.5	0.3085	0.305	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.281
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.33	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156
-0.3	0.3821	0.3783	0.4745	0.3707	0.3669	0.362	0.4594	0.3557	0.352
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.409	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.7286
0	0.5	0.496	0.492	0.488	0.484	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681
0	0.5	0.504	0.508	0.512	0.516	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.591	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.648
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.67	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844
0.5	0.6915	0.695	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.719
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517
0.7	0.758	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823
0.8	0.7881	0.791	0.7939	0.7963	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.834	0.8365

2.2.3 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan yaitu tinggi atau kedalam air hujan dalam sebuah satuan waktu. Umumnya sifat hujan yaitu ketika semakin singkatnya terjadi hujan maka intensitasnya akan cenderung semakin besar dan semakin besar periode ulangnya maka semakin besar juga intensitasnya. Analisis intensitas hujan ini bisa diproses dari data curah hujan yang pernah terjadi sebelumnya (Suripin, 2004). Persamaan yang digunakan ialah persamaan menurut Dr. Mononobe di dalam Suripin (2004), dikarenakan data curah hujan jangka pendek tidak ada, maka intensitas hujan bisa didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

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

Dengan:

I = Debit puncak (m^3/det) untuk kala ulang T tahun

t = Lamanya curah hujan (jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum selama 24 jam (mm)

2.2.4 Analisis Debit Banjir

Untuk menentukan hubungan dari hujan dengan debit yang terjadi maka bisa dilakukan dengan pengalihragaman dari data debit aliran yang ditemukan. Pengalihragaman dilakukan dengan memakai beberapa metode, untuk itu akan dijelaskan sebagai mana di bawah ini.

1. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

Metode hidrograf satuan sintetis nakayasu berasal dari jepang yang dimana penelitiannya mengenai sungai-sungai yang ada di Jepang. Berikut ini ialah persamaan dari HSS Nakayasu (Triatmodjo, 2008).

$$Qp = \frac{1}{3,6} \left[\frac{ARe}{0,3T + T_{0,3}} \right] \dots\dots\dots (24)$$

$$T_p = t_g + 0,8T_r \dots\dots\dots (25)$$

$$t_g = 0,4 + 0,058L, \text{ untuk } L > 15km \dots\dots\dots (26)$$

$$t_g = 0,21L^{0,7}, \text{ untuk } L < 15km \dots\dots\dots (27)$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \dots\dots\dots (28)$$

$$t_r = 0,5t_g, \text{ sampai } t_g \dots\dots\dots (29)$$

Adapun karakteristik yang dimiliki DAS α bisa digambarkan sebagai mana berikut di bawah ini.

- a. Daerah pengaliran biasanya $\alpha = 2$
- b. Bagian naik hidrograf yang agak lambat dan bagian menurun yang agak cepat $\alpha = 1,5$
- c. Bagian naik hidrograf yang agak cepat dan bagian menurun yang agak lambat $\alpha = 3$

Adapun persamaan kurva hidrograf pada satuan sintentis Nakayasu adalah kurang lebih sebagai berikut di bawah ini.

- a. Kurva bagian lengkung naik ($0 < t < T_p$)

$$Q_a = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \dots\dots\dots (30)$$

b. Kurva bagian lengkung turun

1) Untuk ($T_p < t < T_{0,3}$)

$$Q_{d1} = Q_p \times 0,3^{\frac{t-T_p}{T_{0,3}}} \dots\dots\dots (31)$$

2) Untuk ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)

$$Q_{d2} = Q_p \times 0,3^{\frac{(t-T_p)+(0,5T_{0,3})}{1,5T_{0,3}}} \dots\dots\dots (32)$$

3) Untuk ($t > T_p + T_{0,3} < 1,5T_{0,3}$)

$$Q_{d3} = Q_p \times 0,3^{\frac{(t-T_p)+(1,5T_{0,3})}{2T_{0,3}}} \dots\dots\dots (33)$$

Dengan:

Q_p = Debit puncak banjir ($m^3/detik$)

A = Luas DAS (km^2)

Re = Curah hujan efektif (mm)

T_p = Waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam)

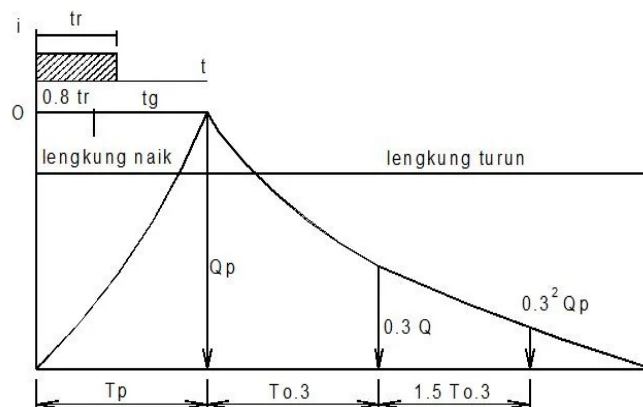
$T_{0,3}$ = Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak (jam)

t_g = Waktu konsentrasi (jam)

t_r = Satuan waktu dari curah hujan (jam)

α = Koefisien karakteristik DAS

L = Panjang sungai utama (km)



Gambar 7. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

2. Hidrograf Satuan Sintetis Snyder

Snyder meningkatkan model dengan menggunakan koefisien-koefisien empiric yang menghubungkan unsur-unsur hidrograf satuan dengan karakteristik DAS. Hal itu berdasarkan pada pemikiran bahwa pengalihragaman hujan berubah menjadi aliran baik oleh pengaruh translasi maupun tampungannya dapat terpengaruh oleh sistem DAS-nya (Brotowiryatmo, 1993).

Pengembangan parameter yang dilakukan dalam metode hidrograf satuan sintetis Snyder terdiri dari empat parameter yaitu waktu, kelembapan, aliran puncak, waktu dasar, dan durasi standar pada hujan efektif untuk hidrograf satuan dihubungkan dengan geometric fisik dari DAS dengan persamaan sebagai berikut.

$$T_p = C_t(LL_c)^{0,3} \dots\dots\dots (34)$$

$$Q_p = C_p A/t_p \dots\dots\dots (35)$$

$$T = 3 + (t_p/8) \dots\dots\dots (36)$$

$$T_D = t_p/5,5 \dots\dots\dots (37)$$

Namun apabila ketika durasi hujan efektif tidak sama dengan durasi standar T_D maka,

$$T_p R = t_p + 0,25(t_r + t_D) \dots\dots\dots (38)$$

$$Q_p R = Q_p t_p / t_p R \dots\dots\dots (39)$$

Dengan:

t_p = Waktu dari titik berat durasi hujan efektif t_D ke puncak hidrograf (jam)

$t_p R$ = Waktu dari titik berat durasi hujan t_r ke puncak hidrograf (jam)

T = Waktu dasar hidrograf (hari)

Q_p = Debit puncak untuk durasi t_D

$Q_p R$ = Debit puncak untuk durasi t_r

L = Panjang sungai utama terhadap titik control yang ditinjau (km)

L_C = Jarak titik control ke titik yang terdekat dengan titik berat DAS (km)

A = Luas DAS (km^2)

C_t = Koefisien yang tergantung kemiringan DAS, yang bervariasi antara 0,15 sampai 0,19

t_D = Durasi standar dari hujan efektif (jam)

t_r = Durasi hujan efektif (jam)

Berdasarkan persamaan tersebut maka bisa digambarkan hidrograf satuan. Agar memudahkan penggambaran, dapat digunakan beberapa persamaan sebagaimana berikut.

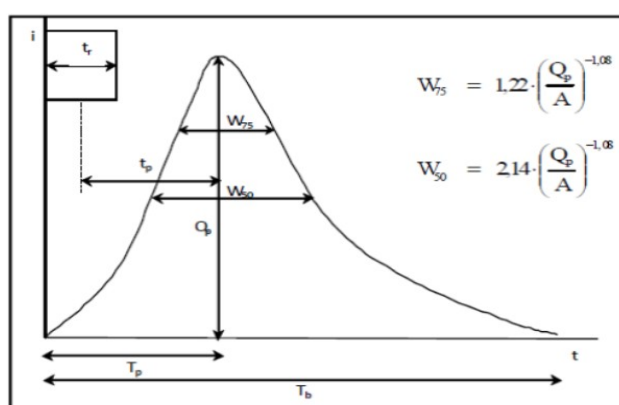
$$W_{50} = \frac{0,23 A^{1,08}}{Q_{pR}^{1,08}} \dots\dots\dots (40)$$

$$W_{75} = \frac{0,13 A^{1,08}}{Q_{pR}^{1,08}} \dots\dots\dots (41)$$

Dengan W_{50} dan W_{75} ialah lebar unit hidrograf pada debit 50% dan 75% dari debit puncak dalam bentukan satuan jam. Sebagai acuan bahwa lebar W_{50} dan W_{75} dibuat berdasarkan perbandingan 1:2 dengan sisi pendek di bagian kiri.

2.2.5 Debit Banjir Rencana

Debit rencana sebuah sistem drainase dihitung sesuai dengan hubungan antar hujan aliran. Besar alirannya sangat dipengaruhi oleh besar hujan, intensitas hujan, waktu terjadinya hujan, luas daerah pengaliran pada sungai, dan karakteristik daerah pengaliran pada sungai tersebut. Metode yang bisa digunakan dalam penentuan debit banjir rencana adalah metode rasional. Metode tersebut biasanya digunakan dalam perencanaan drainase daerah pengaliran yang relative sempit, kurang dari 300 ha. Metode ini berorientasi dalam perhitungan debit puncak. Adapun persamaan yang digunakan pada metode ini adalah sebagai berikut (Apriani, Lopa, & Karamma, 2022).



Gambar 8. Bentuk Umum HSS Snyder

$$Q_P = CI_{tc,p} A \dots\dots\dots (42)$$

Dengan:

Q_p = Debit puncak (m^3/det) untuk kala ulang T tahun

C = Koefisien run-off, yang dipengaruhi kondisi tata guna lahan pada daerah tangkapan air

$I_{tc,p}$ = Intensitas hujan rata-rata (mm/jam) untuk jangka waktu konsentrasi (t_c) dan kala ulang T tahun

A = Luas daerah tangkapan air (ha)

1. Waktu Konsentrasi (t_c)

Waktu konsentrasi pada suatu DAS merupakan waktu yang dibutuhkan oleh air hujan saat mengalir dari tempat terjauh menuju ke tempat keluaran DAS (titik kontrol) setelah tanahnya menjadi jenuh dan depresi kecilnya terpenuhi. Salah satu metode yang digunakan memperkirakan waktu konsentrasi ialah persamaan yang diperbarui oleh Kirpich (1940), yang digambarkan sebagai berikut (Apriani, Lopa, & Karamma, 2022).

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times s} \right)^{0,385} \dots\dots\dots (43)$$

Waktu konsentrasinya bisa dihitung dengan membedakannya menjadi dua komponen seperti waktu yang dibutuhkan aliran air menuju permukaan lahan sampai saluran terdekat t_o dan waktu perjalanan sejak masuk saluran sampai titik keluarnya t_d , sehingga terbentuk persamaan sebagai berikut.

$$t_c = t_o + t_d \dots\dots\dots (44)$$

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{s}} \right) \dots\dots\dots (45)$$

$$t_d = \left(\frac{L_s}{60V} \right) \dots\dots\dots (46)$$

Dengan:

- n = Angka kekerasan manning
 S = Kemiringan lahan
 L = Panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)
 L_s = Panjang lintasan aliran di dalam saluran/sungai (m)
 V = Kecepatan aliran di dalam saluran (m/det)

2. Koefisien *Run-Off*

Koefisien *run-off* ialah sebuah proses pengaliran dari air hujan yang melimpas (*run-off*) di atas tanah, jalan, kebun, dan lain-lain yang selanjutnya dialirkan menuju saluran drainase. Penentuan koefisien *run-off* dilakukan berdasarkan tipe dari tata guna lahan pada suatu daerah *catchment area* tersebut (Apriani, Lopa, & Karamma, 2022).

$$C_{komposit} = \frac{\sum(C \times A)}{\sum(A)} \dots \dots \dots (47)$$

Dengan:

C = Koefisien run-off, yang dipengaruhi kondisi tata guna lahan pada daerah tangkapan air

A = Luas daerah tangkapan air (ha)

Tabel 10. Koefisien Run-Off

Deskripsi lahan/karakter permukaan	Koefisien aliran, C
<i>Business</i>	
1. Perkotaan	0.70-0.95
2. Pinggiran	0.50-0.70
<i>Perumahan</i>	
1. Rumah tunggal	0.30-0.50
2. Multiunit, terpisah	0.40-0.60
3. Multiunit, tergabung	0.60-0.75
4. Perkampungan	0.25-0.40
5. Apartemen	0.50-0.70
<i>Industri</i>	
1. Ringan	0.50-0.80
2. Berat	0.60-0.90
<i>Perkerasan</i>	
1. Aspal dan Beton	0.70-0.95
2. Batu bata, paving	0.50-0.70
<i>Atap</i>	0.75-0.95
<i>Halaman, tanah berpasir</i>	
1. Datar 2%	0.05-0.10
2. Rata-rata 2-7%	0.10-0.15
3. Curam 7%	0.15-0.20
<i>Halaman, tanah berat</i>	
1. Datar 2%	0.13-0.17
2. Rata-rata 2-7%	0.18-0.22
3. Curam 7%	0.25-0.35

(Sumber: Suripin, 2004)

Tabel 11. Koefisien Run-Off

No	Kondisi Permukaan Tanah		Koefisien pengairan C
Bahan			
1	Jalan Beton dan Jalan Aspal		0,70 - 0,95
2	Jalan kerikil dan jalan tanah		0,40 - 0,70
3	Bahu Jalan:		
	-	Tanah berbutir halus	0,40 - 0,65
	-	tanah berbutir kasar	0,10 - 0,20
	-	Batuan massif keras	0,70 - 0,85
	-	Batuan massif lunak	0,60 - 0,75
Tata Guna Lahan			
1	Daerah perkotaan		0,70 - 0,95
2	Daerah pinggir kota		0,60 - 0,70
3	Daerah industry		0,60 - 0,90
4	Pemukiman padat		0,40 - 0,60
5	Pemukiman tidak padat		0,40 - 0,60
6	Taman dan kebun		0,20 - 0,40
7	Persawahan		0,45 - 0,60
8	Perbukitan		0,70 - 0,80
9	Pegunungan		0,75 - 0,90

Tabel 12. Klasifikasi Kelas Kemiringan Lereng

Kelas	Kemiringan	Klasifikasi
	(%)	
I	0 - 8	Datar
II	> 8 - 15	Landai
III	> 15 - 25	Agak Curam
IV	> 25 - 45	Curam
V	> 45	Sangat Curam

Sumber: Pedoman Penyusunan Pola Rehabilitasi Lahan dan Konsevasi Tana (1986)

Tabel 13. Klasifikasi Kelas Kemiringan Lereng

Kelas	Kemiringan	Kemiringan	Klasifikasi
	(Nilai Dalam Derajat)	(%)	
I	0 - 2	0 - 2	Datar
II	> 2 - 4	> 2 - 7	Sangat Landai
III	> 4 - 8	> 7 - 15	Landai
IV	> 8 - 16	> 15 - 30	Agak Curam
V	> 16 - 35	> 30 - 70	Curam
VI	> 35 - 55	> 70 - 140	Sangat Curam
VII	> 55	> 140	Terjal

Sumber: Van Zuidam (1985)

Tabel 14. Klasifikasi Kelas Kemiringan Lereng

Kelas	Kemiringan	Klasifikasi
	(%)	
A	0 - 3	Datar
B	> 3 - 8	Landai atau Berombak
C	> 8 - 15	Agak Miring
D	> 15 - 30	Miring
E	> 30 - 45	Agak Curam
F	> 45 - 65	Curam
G	> 65	Sangat Curam

Sumber: Sintanala Arsyad (1989)

2.2.6 Kapasitas Pengaliran/ Debit Akibat Curah Hujan

1. Metode Rasional

Metode rasional (U.S Conservation Service, 1973) ialah metode yang dimanfaatkan dalam menentukan besarnya air larian puncak (*peak run-off*). Metode ini biasanya relatif mudah dilakukan karena biasanya digunakan untuk DAS yang berukuran kecil atau kurang dari 300 ha (Gold man et al, 1986). Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut (Rasyid, 2021).

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots (48)$$

Dengan:

Q = Air larian (debit) puncak (m^3/detik)

C = Koefisien air larian

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas wilayah DTA (km^2)

0,278 = Faktor konversi

Intensitas hujan biasanya didapatkan dengan memperkirakan waktu konsentrasinya (*time of concentration*, T_c) untuk DTA terkait dan menentukan intensitas hujan maksimum pada periode ulang tertentu serta waktu hujan sama dengan T_c . Jika T_c sama dengan satu jam maka intensitas yang terbesar yang digunakan (dimana curah hujan kurang dari satu jam).

2. Koefisien Tampung

Jika daerahnya bertambah besar maka pengaruh tampungan dalam pengurangan debit puncak banjirnya semakin jelas. Untuk menentukan pengaruh tampungannya dengan metode rasional yang ada ($Q = C.I.A$) dikaitkan dengan koefisien tampungan C_s . Dimana kurang lebih persamaannya adalah sebagai berikut (Apriani, Lopa, & Karamma, 2022).

$$C_s = \frac{2tc}{2tc+td} \dots\dots\dots (49)$$

Dengan:

C_s = Koefisien penampungan

tc = Waktu konsentrasi (jam)

td = Waktu pengaliran dalam saluran (menit)

2.2.7 Polder

Sistem polder ialah sistem penanganan drainase perkotaan dengan cara melakukan pengisolasian daerah yang terdampak oleh pengaruh limpasan air hujan/ air laut serta limpasan dari prasarana lainnya seperti jalan atau jalur kereta api, yang yang terdiri dari kolam penampungan, sistem drainase serta perpompaan. Adapun beberapa sifat dari polder adalah sebagai berikut (Suripin, 2004).

- Polder merupakan daerah yang dibatasi dengan baik, dimana air yang berasal dari luar kawasannya tidak bisa masuk, hanya air hujan saja yang bisa (namun biasa juga air rembesan) pada kawasan itu sendiri yang terkumpulkan.
- Dalam polder tidak terdapat aliran permukaan bebas seperti pada kawasan tangkapan air alamiah, namun dilengkapi dengan bangunan pengendali pada bagian pembuangannya (dengan penguras ataupun pompa) sebagai pengendali air keluar.
- Muka air pada polder (air permukaan maupun di bawah permukaan) tidak bergantung pada permukaan air di wilayah sekitarnya dan juga dinilai berdasarkan elevasi dari kondisi lahannya, sifat tanahnya, iklim, dan tanamannya.

Dalam perencanaan sebuah polder sebaiknya dilakukan penelusuran aliran terlebih dahulu untuk menentukan volume tampungan. Penelusuran aliran dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan kontinuitas yang digambarkan sebagaimana berikut.

$$\frac{d\theta}{dt} = I - O \dots\dots\dots (50)$$

Dengan:

$d\theta$ = Perubahan tampungan (m^3)

Δt = Interval waktu penelusuran (detik)

I = Aliran masuk (*inflow*) ($m^3/detik$)

O = Aliran keluar (*outflow*) ($m^3/detik$)

Volume tampungan yang dimiliki sebuah polder ditentukan berdasarkan debit masuk (*inflow*) dan juga debit keluarnya (*outflow*) yang didasarkan pada interval waktu terjadinya banjir yang terjadi. Setelah didapatkan volume tampungannya maka bisa ditentukan dimensi kolam polder yang akan dibangun. Adapun persamaan yang bisa digunakan dalam menentukan volume tampungannya adalah sebagai berikut.

$$\frac{I_1 + I_2}{2} + \frac{O_1 + O_2}{2} = \frac{S_1 - S_2}{\Delta t} \dots\dots\dots (51)$$

Dengan:

I_1, I_2 = Aliran masuk pada waktu ke-1 dan ke-2

O_1, O_2 = Aliran keluar pada waktu ke-1 dan ke-2

S_1, S_2 = Tampungan pada waktu ke-1 dan ke-2

Δt = Interval waktu

Berdasarkan Permen PU No.12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan, Adapun alternatif tipe polder yang dapat digunakan diantaranya sebagai berikut:

- a. Sistem polder dengan menggunakan pompa dan kolam di bagian samping saluran/sungai. Jenis ini digunakan jika terdapat lahan yang memadai, penggunaannya tidak mengganggu sistem aliran yang ada. Untuk pemeliharannya lebih mudah dan juga pelaksanaannya juga lebih mudah.



Gambar 9. Sistem polder dengan pompa dan kolam di samping badan saluran/sungai

- b. Sistem polder dengan pompa dan kolam di dalam badan saluran/sungai. Untuk jenis ini dapat digunakan jika lahan sulit untuk didapatkan. Kapasitasnya cukup terbatas, dan bisa mengganggu aliran yang ada di hulu. Sementara untuk pemeliharannya akan lebih mahal dan juga pelaksanaannya akan sulit.



Gambar 10. Sistem polder dengan pompa dan kolam di dalam badan saluran/sungai

- c. Sistem polder dengan pompa dan kolam tipe storage memanjang. Tipe jenis ini digunakan dengan mengoptimalkan saluran drainase yang ada karena lahannya yang tidak tersedia, namun kapasitasnya cukup terbatas dan juga mengganggu aliran yang ada. Sementara untuk pelaksanaannya juga akan lebih sulit.



Gambar 11. Sistem polder dengan pompa dan kolam tipe *storage* memanjang

1. Aliran Masuk (*Inflow*)

Dalam merencanakan drainase sistem pompa, yang dibutuhkan tidak hanya debit puncak banjir, namun juga hidrograf banjir. Hidrograf banjir yang terukur biasanya hanya terdapat pada sungai-sungai yang besar saja, sedangkan saluran drainase perkotaan biasanya belum ada, jadi perlu dipertimbangkan (Suripin, 2004).

2. Aliran Keluar (*Outflow*)

Dalam penentuan debit aliran keluar (*Outflow*) bisa didapatkan dengan memakai salah satu metode penelusuran aliran. Penelusuran aliran adalah prosedur dalam mencari waktu serta debit alirannya (hidrograf aliran) di suatu titik pada aliran sesuai hidrograf yang diketahui sebelumnya. Jika aliran tersebut merupakan banjir maka prosedur itu dikenal dengan penelusuran banjir (Triatmodjo, 2008). Dalam hal ini metode penelusuran aliran yang digunakan yakni penelusuran hidrologis dengan model linier reserfoir (penelusuran waduk). Pada model ini dalam penentuan jumlah debit keluarnya menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{I_1 + I_2}{2} + \frac{O_1 + O_2}{2} = \frac{S_1 - S_2}{\Delta t} \dots\dots\dots (52)$$

Pada penelusuran air di area waduk, tampungan S-nya ialah fungsi aliran keluar. Dalam waktu ke-1 dan ke-2 persamaan itu dapat dituliskan sebagai berikut.

$$S_1 = K - O_1 \dots\dots\dots (53)$$

$$S_2 = K - O_2 \dots\dots\dots (54)$$

Dengan:

I_1, I_2 = Aliran masuk pada waktu ke-1 dan ke-2

O_1, O_2 = Aliran keluar pada waktu ke-1 dan ke-2

S_1, S_2 = Tampungan pada waktu ke-1 dan ke-2

Δt = Interval waktu

K = Koefisien tampungan

Dimana jika dilakukan substitusi antara persamaan 3.4 dengan persamaan 3.5 kedalam persamaan 3.3 maka akan membentuk persamaan berikut.

$$O_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 O_2 \dots\dots\dots (55)$$

Dimana C_0 , C_1 , dan C_2 merupakan konstanta yang mempunyai bentukan sebagaimana berikut.

$$C_0 = \frac{\Delta t/k}{2+(\Delta t/k)} \dots\dots\dots (56)$$

$$C_0 = C_1 \dots\dots\dots (57)$$

$$C_2 = \frac{2-\Delta t/k}{2+\Delta t/k} \dots\dots\dots (58)$$

$$C_0 + C_1 + C_2 \dots\dots\dots (59)$$

3. Infiltrasi

Infiltrasi ialah aliran air yang menuju ke dalam tanah melalui pori-pori tanah. Jika tanahnya kering, air akan terinfiltrasi dari atas tanah karena pengaruh

dari gravitasi bumi dan juga gaya kapiler. Hal tersebut akan menyebabkan berkurangnya kecepatan infiltrasi. Sementara aliran kapiler diatas tanah berkurang, aliran yang terjadi akibat gravitasi bumi terus berlanjut mengisi pori-pori tanah. Dengan terisinya pori-pori tanah, maka laju infiltrasi sedikit demi sedikit akan berkurang sampai dengan terjadinya kondisi yang konstan atau tetap (Triatmodjo, 2008). Dasar dari kolam retensi dianggap selalu jenuh karena akan selalu menampung limpasan air. Adapun persamaan dari perhitungan indeks infiltrasi adalah sebagai berikut (Rasyid, 2021).

$$\text{Indeks } \Phi = 10,4903 - 3,859 \times 10^{-6} A^2 + 1,6985 \times 10^{-13} \times (A/SN)^4 \dots\dots (60)$$

Dengan:

A = Luas DAS

SN = Perbandingan antara jumlah segmen sungai dengan tingkat I dengan jumlah segmen semua sungai (sungai tingkat)

2.3 Analisis Kebutuhan Pintu Air

Pintu air merupakan bangunan pelengkap yang dibangun dengan tujuan mengatur debit, dan bisa dipasang dibeberapa bangunan pelengkap lainnya seperti inlet siphon; inlet dan outlet kolam retensi; inlet stasiun pompa; dan juga di ujung saluran yang berhubungan dengan badan air. Berdasarkan Permen PU No.12/PRT/M/2014 Tentang penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan ada beberapa pembagian pintu air sesuai dengan jenis dan pengoperasiannya adalah sebagai berikut.

- 1) Pintu air berdasarkan jenisnya:

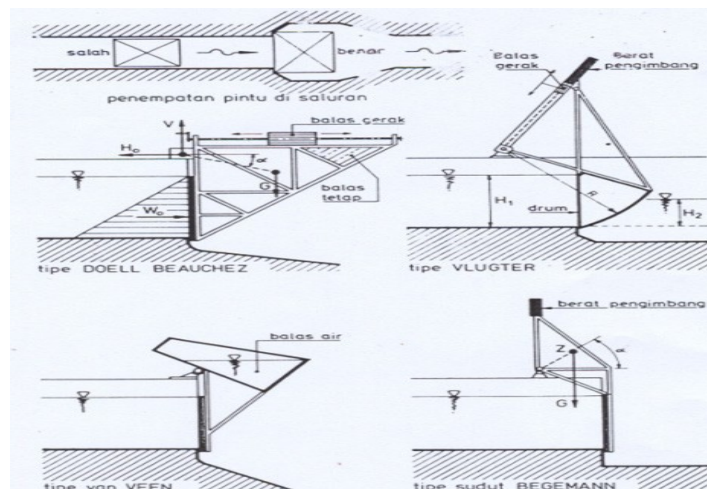
- Pintu sorong (pada **Gambar 12**)
- Pintu klep otomatis (pada **Gambar 13** dan **15**)
- Pintu katup karet otomatis (pada **gambar 16**)



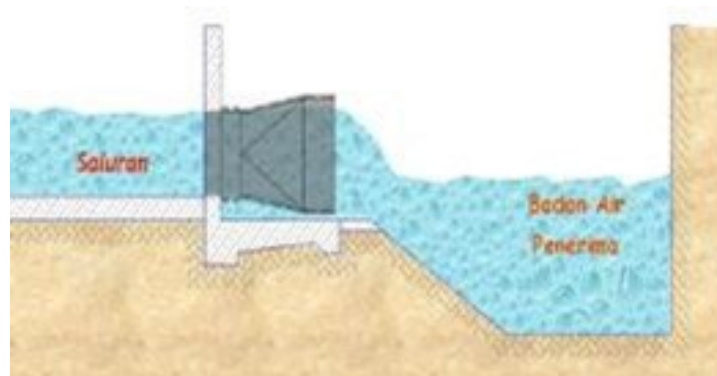
Gambar 12. Pintu Sorong



Gambar 13. Pintu Klep Otomatis



Gambar 14. Tipe-tipe Pintu Otomatis



Gambar 15. Tipe-tipe Pintu Otomatis



Gambar 16. Tipe-tipe Pintu Otomatis

Jika ada air yang mengalir dari dalam, maka airnya akan menekan sisi dalam dari duckbill sehingga airnya akan mudah keluar melalui celah katup karet/*duckbill*.

Jika tekanan air diluar lebih besar maka air yang berasal dari luar tidak bisa masuk ke dalam dan air dari dalam akan tertahan karena celah *duckbill* telah tertutup akibat dari tekanan air dari luar.

2) Pintu air berdasarkan cara pengoperasiannya:

- Pintu air yang dioperasikan secara manual (pada **Gambar 12**)
- Pintu air yang berfungsi terbuka dan menutup secara otomatis (pada **Gambar 13, 14, 15, dan 16**)
- Pintu air yang dioperasikan secara elektro mekanik (pada **Gambar 17**)



Gambar 17. Pintu Air Elektro Maknetik

Dalam sebuah perencanaan pintu air bertujuan sebagai pengontrol air yang akan masuk ke dalam kolam retensi. Berikut merupakan beberapa persamaan yang akan digunakan dalam menentukan hal tersebut.

1. Lebar Efektif Pintu Romijn (Direktur Jenderal Pengairan, 1986)

$$Q = Cd \times Cv \times \frac{2}{3} \times \sqrt{2/3g} \times B \times h_1^{1,5} \dots\dots\dots (61)$$

Dengan:

Q = Debit banjir (m³/det)

Cd = Koefisien debit = $0,93 + 0,1 \times H_1/L$, dengan $L = H_{max}$

Cv = Koefisien kecepatan datang = $Cd \times A'/A_1$

Maka,

A' = Luas penampang basah diatas meja romijn

A_1 = Luas penampang basah saluran pintu

$$Cv = Cd \times \frac{B h_1}{B(h_1+0,5)} = Cd \times \frac{h_1}{(h_1+0,5)} \dots\dots\dots (62)$$

g = Percepatan gravitasi (9,81 m²/det)

B = Lebar efektif pintu romijn (m)

H_1 = Tinggi energi diatas meja (m)

h_1 = Tinggi energi hulu diatas meja (m)

$$= H_1 - \frac{V_1^2}{2g}, \text{ dengan } V_1 = \text{Kecepatan dihulu alat ukur (m/detik)}$$

2. Lebar Total Pintu Romijn

Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan dalam menentukan hasil perhitungan dari lebar pintu romijn dalam kolam retensi yang akan dibuat (Direktur Jenderal Pengairan, 1986).

a. Lebar tiap pintu romijn yang direncanakan

$$bp = Be + (Kp + Ka) H_{max} \dots\dots\dots (63)$$

Dengan:

bp = Lebar pintu romijn di pinggir

Be = Lebar efektif tiap pintu romijn

Kp = Koefisien pilar

Ka = Koefisien abutmen

H_{max} = Tinggi muka air banjir diatas mercu

(Direktur Jenderal Pengairan, 1986)

- b. Lebar total bangunan pintu romijn

$$Br = N bp + \sum t + \sum b \dots\dots\dots (64)$$

Dengan:

Br = Lebar total bangunan pintu romijn

N = Jumlah pintu

bp = Lebar tiap pintu romijn

$\sum t$ = Lebar pilar

$\sum b$ = Lebar abutmen

2.4 Analisis Stabilitas

Analisis stabilitas digunakan dalam hal penentuan angka aman dari stabilitas lereng pada talud bangunan retensi yang akan direncanakan. Berikut ini ialah beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan agar didapatkan angka yang aman dalam pembangunan kolam retensi (Rasyid, 2021).

1. Stabilitas Lereng

Dalam merencanakan dinding kolam retensi diperlukan adanya analisis talud terlebih dahulu utamanya dinding yang direncanakan dengan kemiringan tertentu. Tujuannya ialah menentukan angka keamanan pada kekuatan tanahnya. Ketentuan amannya apabila F_s lebih besar atau sama dengan 1,5. Untuk itu bisa dianalisis dengan menggunakan metode irisan. Hal ini merupakan pekerjaan yang membandingkan antara kekuatan penahannya dan beberapa gaya yang menggelincir. Perhitungan yang dipakai dalam penentuan stabilitas lereng menggunakan metode *Fellinius*, untuk persamaannya sebagaimana berikut ini.

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^n (ca_i + n_i \tan \varphi)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i} \dots\dots\dots (65)$$

Dengan:

F_s = Faktor keamanan

n = Jumlah irisan

c = Kohesi (kN/cm^2)

a_i = Panjang lengkung lingkaran pada irisan ke-i (m)

φ = Sudut gesek dalam tanah ($^\circ$)

W_i = Berat irisan tanah ke-i (kN)

N_i = $W \cos \theta$

θ_i = Sudut yang didefinisikan pada gambar ($^\circ$)

Adapun angka stabilitas keamanan yang biasanya digunakan dalam penentuan stabilitas lereng dimana jika $F_s < 1,5$ maka lereng tidak stabil. Dan jika $F_s = 1,5$ maka lereng berada dalam keadaan kritis. Artinya adalah dengan

sedikit tambahan momen penggerak saja maka lereng akan menjadi tidak stabil. Dan juga jika $F_s > 1,5$ maka lerengnya dikatakan sudah stabil.

2. Stabilitas Terhadap Guling

Bangunan yang aman terhadap guling maka resultan gaya yang bekerja pada bangunan di atas bidang horizontal, termasuk gaya angkatnya. Dan juga bidang ini harus memotong pada terasnya, serta tidak boleh adanya tarikan pada bidang irisan manapun. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut.

$$\frac{\sum \text{momen menahan}}{\sum \text{momen mengguling}} = F_s \dots\dots\dots (66)$$

Dengan:

$\sum \text{momen menahan}$ = Momen yang melawan penggulingan

$\sum \text{momen mengguling}$ = Momen yang menyebabkan penggulingan

F_s = Faktor keamanan (diambil = 1,5)

3. Stabilitas Terhadap Lereng

Adapun persamaan yang digunakan dalam menentukan stabilitas lerengnya adalah sebagai berikut.

$$\frac{\sum V \tan \varphi + c}{\sum H} = F_s \dots\dots\dots (67)$$

Dengan:

$\sum V$ = Resultan momen arah vertical

$\sum H$ = Resultan momen arah horizontal

$\tan \varphi$ = Besarnya nilai sudut geser

c = Kohesi tanah