

TESIS

**ANALISIS KAPASITAS TAMPUNGAN KOLAM REGULASI NIPA NIPA
DENGAN METODE RIPPLE**

***STORAGE CAPACITY ANALYSIS OF NIPA NIPA REGULATION POND
USING RIPPLE METHOD***



SATRIANI

D012172021

PROGRAM PASCASARJANA

JURUSAN SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2020



**ANALISIS KAPASITAS TAMPUNGAN KOLAM REGULASI
NIPA NIPA DENGAN METODE RIPPLE**

***STORAGE CAPACITY ANALYSIS OF NIPA NIPA
REGULATION POND USING RIPPLE METHOD***

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Sipil

Disusun dan diajukan oleh:

SATRIANI

Kepada:

**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2020



TESIS

ANALISIS KAPASITAS TAMPUNGAN KOLAM REGULASI
NIPA NIPA DENGAN METODE RIPPLE

Disusun dan diajukan oleh

S A T R I A N I

Nomor Pokok D012172021

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

pada tanggal 17 Juli 2020

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasehat,

Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa., MT.

Ketua

Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar., MT.

Sekretaris

Ketua Program Studi
Teknik Sipil,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin,

Mawati, ST., MT.

Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT



Optimization Software:
www.balesio.com

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KAPASITAS TAMPUNGAN KOLAM REGULASI NIPA NIPA
DENGAN METODE RIPPLE



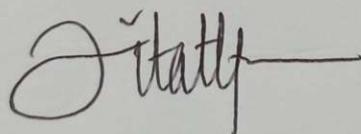
Disusun dan diajukan oleh :

SATRIANI
D012172021

Gowa,.....Juli 2020

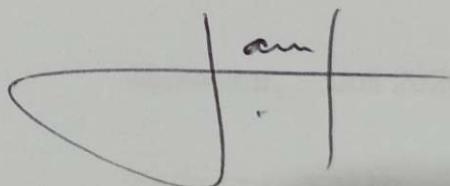
Menyetujui

Komisi Penasehat



Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa., MT

Pembimbing 1

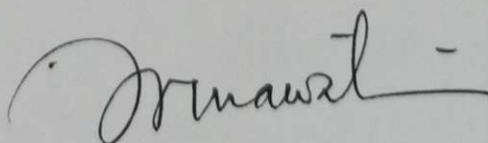


Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar., MT.

Pembimbing 2

Mengetahui

Ketua Program Studi S-2 Teknik Sipil



Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST., MT.



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Satriani

Nomor Mahasiswa : D012172021

Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan hasil tesis ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Juli 2020

Yang menyatakan



SATRIANI



Optimization Software:
www.balesio.com

ABSTRAK

SATRIANI. *Analisis Kapasitas Tampungan Kolam Regulasi Nipa Nipa dengan Metode Ripple* (dibimbing oleh **Rita Tahir Lopa** dan **Farouk Maricar**).

Kolam Regulasi adalah bangunan pengendalian banjir yang dibangun di hulu dari daerah yang akan dilindungi dari bahaya banjir yang terletak di Desa Moncongloe Lapara Kecamatan Moncongloe Kabupaten Maros. Penelitian ini meneliti kapasitas tampungan Kolam Regulasi Nipa Nipa. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis kapasitas tampung Kolam Regulasi Nipa Nipa berdasarkan *Flood Routing* dan kondisi topografi serta mengevaluasi kapasitas tampungan Kolam Regulasi Nipa Nipa menggunakan metode Ripple. Data yang diperlukan adalah data harian hujan maksimum diambil dari stasiun pencatat yang ada pada daerah pengaliran Sungai Tallo dan peta topografi Kolam Regulasi Nipa-Nipa. Dari data ini dianalisis debit banjir rencana. Hasil perhitungan debit banjir rencana periode ulang 20 tahun dan data kondisi topografi yang tersedia dan dilakukan analisa penelusuran banjir. Analisa tampungan berdasarkan penelusuran banjir diperoleh tampungan maksimal 3.395.116,79 m³. Berdasarkan kondisi topografi Kolam Regulasi Nipa Nipa diperoleh sebesar 3.435.317,11 m³. Berdasarkan metode Ripple diperoleh tampungan maksimal 2.625.000 m³. Kapasitas tampungan maksimal untuk metode Ripple lebih rendah dari pada tampungan maksimal berdasarkan penelusuran banjir. Hal ini menunjukkan bahwa analisa tampungan Kolam Regulasi Nipa Nipa dengan metode Ripple dapat mereduksi puncak banjir Sungai Tallo.

Kata kunci : banjir, kolam regulasi, metode Ripple.



ABSTRACT

SATRIANI. *Storage Capacity of Nipa Nipa Regulation Pond using Ripple Method* (Supervised by **Rita Tahir Lopa** and **Farouk Maricar**).

Regulation Ponds are flood control structures built upstream from areas that will be protected from flood hazards located in the Village of Moncongloe Lapara, District of Moncongloe, Maros Regency. This research is the pond capacity of the Nipa Nipa regulation pond. The purpose research analysis capacity of Nipa Nipa Regulation Pond based on flood routing and topogafi conditions and evaluate the capacity of Nipa Nipa Regulation Pond using the Ripple method. The required data is the maximum rainfall daily data taken from the existing station in the Tallo River drainage area and the Nipa-Nipa Regulation Pond's topographic map. The results of the flood discharge calculation of the 20-year return period and the available topographic data are analyzed by routing. Storage capacity analysis based on flood routing has shown a maximum of 3.395.116,79 m³. Based on topographic conditions of Nipa Nipa Regulation Pond has shown 3.435.317,11 m³. Based on the Ripple method, the maximum reservoir is 2,625,000 m³. Maximum reservoir capacity the Ripple method is lower than maximum reservoir based on flood routing. Result of research has shown storage capacity of analysis of Nipa Nipa Regulation Pond using Ripple Method can reduce peak of Tallo River.

Keywords: *flood, regulation pond, Ripple method*



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan judul “**Analisis Kapasitas Tampungan Kolam Regulasi Nipa Nipa dengan Metode Ripple**”

Penelitian ini adalah salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan program studi S2 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.

Pada kesempatan ini penulis juga ingin menyampaikan maaf atas segala kekurangan dan kesalahan yang telah dilakukan selama penyusunan tesis ini, baik yang disengaja maupun yang tidak disengaja. Penulis menyadari bahwa selama penyusunan tesis ini tidak jauh dari segala hambatan dan rintangan. Namun hal tersebut dapat diatasi berkat bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- 1 Bapak **Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T.**, selaku Dekan Fakultas
- 2 Ibu **Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT** dan Bapak **Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT** yang telah banyak meluangkan waktunya

untuk memberikan bimbingan, motivasi, dan arahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan tugas akhir ini



- 3 Ibu **Dr. Eng Rita Irmaway., ST., MT** selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu penulis.
- 4 Bapak-Ibu, Ketua program studi, staf, dosen dan administrasi pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu penulis.
- 5 Terkhusus penulis persembahkan rasa syukur dan terima kasih kepada kedua orang tua tercinta **almarhum ayahanda Syarifuddin** dan **ibunda Habiba**, suami tercinta **Noer Rezky Pratama Patta., ST** dan adik saya **Nurfadilah** atas doa, semangat dan motivasi, kasih sayang serta segala bentuk bantuan yang tak henti diberikan pada penulis—*ridhollahu fii ridhol walidain*.
- 6 Teman-teman di Proyek Kolam Regulasi Nipa Nipa Bapak Adi Sucipto. ST.,MT , Bapak Herjianto. ST., Bapak Mustamin, ST.,MT, Kakanda A. Anriansya A. Parawisa A.md., dan teman teman lain yang tidak bisa saya sebut satu persatu terima kasih telah banyak membantu dan membimbing penulis—do'aku semoga kelak Allah menempatkan kalian diantara orang-orang yang beriman dan berilmu.
- 7 Saudara Sipil Keairan angkatan 2017 1 dan 2017 2, yang selalu memberi dukungan dan semangat dari tahap awal perkuliahan

ngga tahap penulisan tesis ini—bukan perjuangan yang seperti mimpi di siang hari.



Penulis menyadari masih kekurangan dalam tesis ini, Oleh karena itu penulis mengharapkan agar kiranya memberikan segala kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan tesis ini. Akhir kata, penulis mengharapkan tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua, bangsa dan Negara. Aamiin

Makassar, Agustus 2020

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah	3
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Banjir	5
Pengendali Banjir	7
dalam Regulasi	9



D. Pemilihan Jenis Sebaran	12
E. Analisa Frekuensi.....	11
F. Uji Kesesuaian Metode Chi-Kuadrat	21
G. Base Flow	23
H. Debit Banjir Rencana	24
I. Penelusuran Aliran	25
J. Kapasitas Tampung	28
K. Metode Ripple	28
BAB III. METODE PENELITIAN	36
A. Lokasi Penelitian	36
B. Tata Cara Penelitian	37
C. Diagram Penelitian.....	39
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
A. Analisis Hidrologi dan Kondisi Topografi	40
1. Perhitungan Curah Hujan Maksimal Rerata dengan Menggunakan Metode Polygon Thiessen	40
2. Perhitungan Pengukuran Dispersi.....	43
3. Perhitungan Curah Hujan Maksimum Periode Ulang dengan Metode Log Person III	46
4. Uji Keselarasan	47
5. Menghitung Aliran Dasar/ <i>Base Flow</i>	50
Perhitungan Hidrograf Banjir Rancangan Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu	51



7. Perhitungan Penelusuran Banjir.....	60
B. Analisis Metode Ripple	66
BAB V. PENUTUP	96
A. Kesimpulan	96
B. Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA.....	99



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Syarat-syarat batas penentuan sebaran	11
Tabel 2.2	Faktor Frekuensi K untuk Agihan Log-Normal	16
Tabel 2.3	Faktor Frekuensi K untuk Agihan Log-Person Tipe III Dengan Skewness Positif	17
Tabel 2.4	Faktor Frekuensi K untuk Agihan Log-Person Tipe III Dengan Skewness Negatif	19
Tabel 2.5	Nilai Chi-Kritis Distribusi Chi-Kuadrat	22
Tabel 4.1	Luas Pengaruh Stasiun terhadap DAS Nipa-Nipa	40
Tabel 4.2	Perhitungan Curah Hujan Harian Maks DAS Nipa-Nipa	42
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Rata-Rata	43
Tabel 4.4	Harga Koefisien pada Masing-masing Metode	46
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Log Pearson III untuk Berbagai Kala Ulang	46
Tabel 4.6	Uji Keselarasan Sebaran Smirnov – Kolmogorov	47
Tabel 4.7	Uji Keselarasan Sebaran Chi-Kuadrat	49
Tabel 4.8	Nilai Rt Hujan Harian Maksimum	52
Tabel 4.9	Nilai Rasio Hujan Harian Maksimum	52
Tabel 4.10	Curah Hujan Rencana Efektif	53
Tabel 4.11	Waktu Lengkung Hidrograf	55
Tabel 4.12	Ordinat Hidrograf Satuan	56
Tabel 4.13	Perhitungan Banjir Rencana	58



Tabel 4.14 Hubungan Antara Tinggi Peluapan (H) dan Tampungannya (m ³ /det)	61
Tabel 4.15 Hitungan Penelusuran Banjir di Waduk Q20	63
Tabel 4.16 Perhitungan Tampungannya berdasarkan Topografi	65



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Metode Kurva Massa dan Analisis Kurva Massa	29
Gambar 2.2	Aliran Hidrograf dan Kurva Massa	30
Gambar 2.3	Penggunaan Kurva Massa untuk Menentukan Kapasitas Reservoir Penyimpanan	32
Gambar 2.4	Kurva Massa untuk Menentukan Kapasitas Reservoir yang dibutuhkan untuk Menghasilkan Hasil yang Sama dengan Debit Rata-Rata Aliran	34
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian	36
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian	39
Gambar 4.1	Luas Pengaruh Stasiun Hujan dihitung dengan Metode Poligon Thiessen	41
Gambar 4.2	DAS Nipa Nipa	50
Gambar 4.3	Ordinat Hidrograf Satuan	57
Gambar 4.4	Hidrograf Satuan Banjir Rancangan Kala Ulang 20 Tahun	59
Gambar 4.5	Penelusuran Banjir	64
Gambar 4.6	Kurva Massa Ripple Tahun 1980-1984	67
Gambar 4.7	Kurva Massa Ripple Tahun 1985-1989	71
Gambar 4.8	Kurva Massa Ripple Tahun 1990-1994	75
Gambar 4.9	Kurva Massa Ripple Tahun 1995-1999	79
	4.10 Kurva Massa Ripple Tahun 2000-2004	82
	4.11 Kurva Massa Ripple Tahun 2005-2009	86





DAFTAR NOTASI

\bar{p}	= besar curah hujan rerata daerah (mm)
p_1	= besar hujan di tiap titik pengamatan (mm)
A_1	= luas daerah yang mewakili tiap stasiun pengukuran
S	= Standar Deviasi
X_i	= curah hujan minimum (mm/hari)
\bar{X}	= curah hujan rata-rata (mm/hari)
n	= lamanya pengamatan
G	= jumlah kelas
CS	= koefisien kemencengan
X_i	= nilai variat
S_x	= standar deviasi
C_k	= koefisien kurtosis
C_v	= koefisien variasi
X_T	= besaran dengan kala ulang tertentu
X	= besaran rata-rata,
S	= simpangan baku (<i>standard deviation</i>)
K	= faktor frekuensi
X^2	= harga <i>chi square</i> terhitung



jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i

jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

- N = jumlah data
- Dk = derajat kebebasan
- QB = aliran dasar ($m^3/detik$)
- D = kerapatan jaringan kuras (km/km^2)
- Qp = Debit puncak banjir (m^3/det)
- C = Koeffisien Limpasan
- A = Luas Daerah Pengaliran Sungai
- Ro = Hujan Satuan (mm)
- Tp = Waktu permulaan hujan sampai puncak banjir
- Tg = Waktu konsentrasi pada daerah aliran
- Tr = Satuan waktu dari curah hujan
- T_{0.3} = Waktu dari puncak banjir sampai 0.3 kali debit puncak banjir
- dS = perubahan tampungan (*storage*) di ruas sungai (m^3)
- dt = interval waktu penelusuran (detik, jam atau hari)
- S = volume tampungan
- I = aliran masuk (inflow)
- O = aliran keluar (outflow)
- K = koefisien tampungan, yaitu perkiraan waktu perjalanan air sungai
- X = faktor pembobot, yang bervariasi antara 0 dan 0,5
- Q = Debit m^3/det
- Cd = Koefisien Debit ($C_0C_1C_2$)



= Panjang Mercu

= Tinggi Peluapan

H = Tinggi pintu air (m)

b pintu = Lebar pintu air (m)

V = Volume Kolam (m³)

D = Jarak / Interval (m)

A = Luas Hasil Potongan (m²)



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Masalah banjir akan menarik perhatian setelah mempengaruhi kehidupan manusia dan menimbulkan bencana/kerugian bagi masyarakat di sekitar lingkungan sungai tersebut. Terjadinya banjir/peluapan dapat dibedakan oleh beberapa macam, yaitu debit terlalu besar atau kapasitas pengaliran sungai berkurang. Hal ini dapat terjadi oleh gejala alamiah atau akibat kurang hati-hatian kegiatan manusia dalam melakukan pembinaan/pengelolaan sungai untuk berbagai kepentingan. Sejalan dengan laju perkembangan masyarakat terutama yang tinggal dan melakukan kegiatan di sekitar dataran banjir, maka persoalan yang ditimbulkan oleh banjir, dari waktu ke waktu semakin meningkat dan memerlukan perhatian dan usaha-usaha untuk mengatasinya dengan baik

Banjir sangat merugikan aktivitas ekonomi masyarakat sehingga perlu dikendalikan. Pengendalian banjir umumnya diatasi dengan sistem drainase berkelanjutan. Sistem drainase berkelanjutan adalah pengelolaan drainase yang dimulai dari pemanfaatan air hujan, menyimpan limpasan, dan membiarkan air meresap, mengendapkan

dan menyerapkan polutannya hingga membuangnya secara ke badan air (Rita Lopa,2013).



Kolam Regulasi adalah sarana pengendalian banjir yang dibangun di daerah yang masih kosong atau yang tidak produktif. Kapasitas tampung Kolam Regulasi bisa dibuat sedemikian rupa sehingga air banjir yang mengalir di daerah hilir tidak melampaui kapasitas yang ada. Pembangunan Kolam Regulasi ini diharapkan mampu mereduksi puncak banjir agar dapat dikurangi terjadinya luapan banjir yang sering terjadi di ruas sungai di hilirnya. Kapasitas tampungan waduk dapat dianalisis menggunakan beberapa metode. namun pada penelitian ini menggunakan metode Ripple.

B. Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas perumusan masalah yang telah diperoleh dari tesis ini adalah :

1. Berapa volume tampungan kolam regulasi Nipa Nipa berdasarkan analisis hidrologi dan kondisi topografi?
2. Bagaimana evaluasi kapasitas tampungan kolam regulasi Nipa Nipa menggunakan metode *Ripple (Kurva Massa Ripple)*?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah penelitian maka tujuan dari tesis

h :

analisis volume tampungan Kolam Regulasi Nipa Nipa berdasarkan hidrologi dan kondisi topografi.



2. Mengevaluasi kapasitas tampungan Kolam Regulasi Nipa Nipa menggunakan metode *Ripple* (Kurva massa Ripple)

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penyusunan tesis ini adalah :

1. Memberikan pemahaman tentang kurva massa Ripple dalam mengevaluasi waduk.
2. Sebagai bahan acuan pembelajaran mengenai perencanaan Kolam Regulasi.
3. Sebagai pemahaman perbandingan flood routing dan kondisi topografi dengan kurva massa Ripple.
4. Hasil penelitian ini diharapkan akan menambah wawasan dan pengetahuan pembaca dalam bidang teknik sipil serta pengaplikasian dilapangan agar dapat memberi solusi yang lebih efektif dan ekonomis bagi pelaksanaan konstruksi.

E. Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Suhu, debit, curah hujan, dan evaporasi diabaikan.



F. Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pembaca dalam mengetahui dan memahami tentang apa yang menjadi pokok-pokok bahasan dalam penulisan ini, maka secara garis besar berisikan hal-hal sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan : Merupakan bab yang menguraikan tentang latar belakang masalah.
2. Bab II Tinjauan Pustaka : Merupakan bab yang menjelaskan tentang hal-hal yang perlu di tinjau dalam penentuan kapasitas tampungan Kolam Regulasi Nipa-Nipa
3. Bab III Metodologi Penelitian : Merupakan bab yang berisi rumusan masalah yang akan dibahas berupa metode yang digunakan dalam penentuan kapasitas tampungan Kolam Regulasi Nipa-Nipa
4. Bab IV Analisa Data dan Pembahasan : Merupakan bab yang akan membahas tentang hasil perhitungan dalam penelitian ini
5. Bab V Kesimpulan dan Saran : Merupakan bab yang membahas tentang kesimpulan dari penelitian ini serta saran kedepan dalam penanggulangan banjir melalui perencanaan kapasitas tampungan yang tepat pada Kolam Regulasi



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Banjir

Banjir adalah suatu kondisi di mana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (palung sungai) atau terhambatnya aliran air di dalam saluran pembuang, sehingga meluap menggenangi daerah (dataran banjir) sekitarnya (Suripin, 2004). Hal ini dikarenakan debit banjir lebih besar dari kapasitas sungai yang ada. Menurut Hendi Haryadi (2006), banjir adalah perluapan atau genangan yang berasal dari sungai, hujan atau kumpulan air lainnya yang menyebabkan kerusakan sedangkan menurut Arief Rosyidie (2013), banjir dapat terjadi karena debit atau volume air yang mengalir pada suatu sungai atau saluran drainase melebihi atau di atas kapasitas pengalirannya.

Menurut Hendi Haryadi (2006), Faktor-faktor yang menyebabkan banjir antara lain:

1. Sebagian besar topografi kota merupakan dataran rendah sehingga ketinggian beberapa tempat relatif sama dengan muka air sungai.
2. Pembuangan limbah sampah di alur sungai dapat menghambat aliran sehingga dapat meninggikan muka air banjir.
- Perumahan kumuh dibantaran sungai dapat menghambat aliran



sungai.

4. Adanya perubahan guna lahan.
5. Sistem pengendalian banjir yang tidak tepat.

Menurut Siswoko (2012), banjir pada umumnya terjadi akibat adanya interaksi berbagai faktor penyebab baik yang bersifat alamiah maupun faktor lain yang merupakan akibat atau dampak kegiatan manusia. Faktor yang bersifat alamiah dapat dibagi menjadi 2 (dua) yaitu :

- 1) Kondisi alam yang relatif tidak berubah (*statis*) seperti geografi, topografi dan alur sungai yang berkeluk-luk (*bermeander*), terdapat penyempitan (*bottle-neck*) dan kemiringan dasar sungai yang landai.
- 2) Peristiwa alam yang berubah-ubah (*dinamis*) seperti curah hujan yang tinggi, pendangkalan sungai, perubahan iklim.

Akibat atau dampak kegiatan manusia antara lain :

- 1) Pengembangan dan penataan ruang di dataran banjir yang kurang atau tidak mempertimbangkan adanya ancaman atau resiko tergenang banjir.
- 2) Penataan ruang Daerah Aliran Sungai (DAS) hulu yang kurang memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air dan lain-lain.



B. Pengendali Banjir

Pengendali Banjir adalah bangunan untuk mengendalikan tinggi muka air agar tidak terjadi limpasan atau genangan yang menimbulkan kerugian (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2010). Pengendalian banjir merupakan suatu kegiatan mulai dari perencanaan, pelaksanaan pekerjaan dan pemeliharaan yang pada dasarnya untuk mengendalikan banjir dan mengurangi atau mencegah bahaya atau kerugian akibat banjir. Menurut Grigg (1996) dalam Arief Rosyidie (2013), upaya untuk mencegah dampak banjir dapat dilakukan secara struktural dan non structural.

- 1) Upaya secara struktural dapat berupa perbaikan dan pengaturan sistem sungai (normalisasi sungai, sudetan, perlindungan tanggul, dan lain-lain) dan bangunan pengendali banjir (bendungan/dam, kolam retensi, pembuatan checkdam, dan lain-lain).
- 2) Upaya secara non struktural yang merupakan upaya penyesuaian dan pengaturan kegiatan manusia supaya harmonis dan serasi dengan lingkungan seperti pengaturan maupun pengendalian penggunaan lahan atau tata ruang, penegakan peraturan atau hukum, pengawasan, penyuluhan kepada masyarakat dan lain-lain.

Menurut Grigg (1996) dalam Daru (2015), ada 4 (empat)



strategi dasar untuk pengelolaan daerah banjir yaitu :

- 1) Memodifikasi kerentanan dan kerugian banjir (penentuan zona atau pengaturan tataguna lahan).
- 2) Memodifikasi banjir yang terjadi (pengurangan) dengan bangunan pengontrol (waduk atau normalisasi sungai).
- 3) Memodifikasi dampak banjir dengan menggunakan teknik mitigasi seperti penghindaran banjir (*floodproofing*).
- 4) Pengaturan peningkatan kapasitas alam untuk dijaga kelestariannya seperti penghijauan.

Menurut Hendi Haryadi (2006), ada beberapa macam pola pengendali banjir seperti :

- 1) Kanal

Pembuatan saluran banjir atau kanal banjir di dekat sungai guna menampung debit banjir yang masuk ke sungai. Cara pengaliran ini bertujuan untuk mengelakkan sebagian debit banjir dimusim penghujan dan dimusim kemarau dapat berfungsi untuk pengontrolan saluran kota. Kanal ataupun saluran banjir ini ada yang dilengkapi bangunan pengatur yaitu dengan membuat dasar saluran banjir lebih rendah dari sungai sehingga pada debit kecil maupun debit besar atau secara keseluruhan air akan mengalir lewat saluran banjir dan tidak langsung masuk ke sungai.



2) Dinding Penahan Tanah

Pembuatan dinding penahan tanah dalam pengendali banjir ini lebih ditujukan untuk pengendalian banjir yang diakibatkan pengikisan tanah pada dinding sungai oleh aliran air sehingga pendangkalan sungai yang mengakibatkan berkurangnya daya tampung sungai dapat dihindari.

3) Kolam Penampungan

Pada saat musim hujan debit air yang ada di saluran akan meningkat dan meluap bila intensitas hujan tinggi. Untuk menampung air yang berasal dari saluran pembuang kota diperlukan pengendali banjir berupa penampungan air yang memadai seperti kolam.

C. Kolam Regulasi

Kolam regulasi adalah kolam atau waduk penampungan air hujan dalam jangka waktu tertentu yang berfungsi untuk memotong puncak banjir yang terjadi dalam badan air atau sungai (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2010). Pembangunan Kolam Regulasi ini diharapkan akan dapat mereduksi puncak banjir agar dapat dikurangi terjadinya luapan banjir di ruas sungai di hilirnya. Lokasi Kolam Regulasi

gun setelah percabangan Sungai Tallo dan Sungai Mangalarang, a pada lokasi ini terjadi akumulasi debit banjir yang menyebabkan



luapan pada daerah sekitarnya. Selain untuk pengendalian banjir, kolam regulasi juga nantinya akan bermanfaat dalam konservasi sumber air, untuk perikanan dan penyediaan air baku.

Kolam Regulasi Nipa Nipa ini dilengkapi beberapa bangunan pelengkap seperti bangunan outlet pintu *sluiceway* dan stasiun pompa yang berfungsi untuk mengeluarkan air dari kolam regulasi menuju ke sungai jika muka air sungai sudah surut. Selain itu kolam regulasi juga dilengkapi oleh bangunan inlet, pelimpah (*spillway*) yang berfungsi sebaagai tempat pengaliran air banjir dan sungai menuju kolam regulasi

Sistem kerja kolam regulasi Nipa Nipa adalah sebagai berikut:

1. Pada saat ketinggian air sungai melebihi elevasi top *spillway* maka air sungai akan masuk kedalam kolam regulasi.
2. Jika kapasitas tampungan kolam regulasi mencapai batas maksimum, pompa akan menyedot air yang berada di kolam regulasi untuk kemudian dikeluarkan kembali jika muka air sungai mulai surut.
3. Jika pompa tidak bekerja kurang maksimal, maka pintu air (*sluiceway*) akan dibuka untuk mengalirkan air yang berada dilkolam regulasi.



D. Pemilihan Jenis Sebaran

Dalam memilih atau menentukan jenis sebaran yang tepat (mendekati) untuk menghitung curah hujan rencana dengan syarat-syarat batas tertentu. Berikut adalah tabel syarat-syarat batas penentuan jenis sebaran.

Tabel 2.1 Syarat-syarat batas penentuan sebaran

Metode	CS	CK
Normal	0	3
Lo normal	CS/CV = 3	
Gumbel	1,14	5,4
Log Person III	Jika tidak ada nilai yang sesuai	

Untuk memastikan pemilihan distribusi perlu dilakukan perbandingan hasil perhitungan statistik dengan plotting data pada kertas probabilitas dan uji kecocokan.

E. Analisa Frekuensi

Analisis Frekuensi adalah penetapan banjir/hujan rancangan berdasarkan analisis statistik data debit/hujan tersedia. Menurut (Sri Harto,1993) analisis ini dilakukan dengan memilih salah satu dari beberapa jenis agihan statistik (*statistical distribution*) yang paling sesuai dengan sifat statistik data yang bersangkutan. Keistimewaan analisis ini: cara analisis yang mudah. tidak memerlukan pengertian hidrologi

m, dan *reliable* (Rita Lopa,2015)



Analisis Frekuensi ini digunakan untuk menetapkan besaran hujan atau debit dengan kala ulang tertentu, dapat dilakukan untuk seri data yang diperoleh dari rekaman data baik data hujan/debit, serta didasarkan pada sifat statistik data yang tersedia untuk memperoleh probabilitas besaran hujan/debit di masa yang akan datang (diandaikan bahwa sifat statistik tidak berubah/sama).

Kala ulang ditakrifkan sebagai waktu hipotetik di mana hujan atau debit dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut.

Penetapan seri data dapat dilakukan dengan: 1) mengambil satu data maksimum setiap tahun (maximum annual series) yang berarti jumlah data seri akan sama dengan panjang data yang tersedia, 2) menetapkan suatu batas bawah (threshold) tertentu dengan pertimbangan-pertimbangan tertentu, selanjutnya semua besaran hujan atau debit yang lebih besar daripada batas bawah diambil sebagai seri data partial series (peak over threshold) dan 3) cara sama dengan partial series diambil beberapa data terbesar namun jumlah data sama dengan jumlah tahun data (Annual exceedance series).

Khusus untuk analisis data hujan, dalam praktek terdapat beberapa cara penyiapan data (hujan rata-rata DAS) sebagai berikut :

ata hujan DAS diperoleh dengan menghitung hujan rata-rata setiap hari sepanjang data yang tersedia (cara terbaik).



2. Dalam satu tahun tertentu, untuk sta. I dicari hujan maksimum tahunannya. Selanjutnya dicari hujan untuk stasiun lainnya pada waktu yang sama, selanjutnya dihitung hujan rata-rata DAS. Masih dalam tahun yang sama, dicari hujan maksimum tahunan untuk sta. II, dan dicari hujan di stasiun lainnya pada waktu yang sama dan dicari rata-ratanya. Prosedur yang sama untuk stasiun lainnya dan untuk tahun-tahun berikutnya.
3. Menggunakan data pada salah satu stasiun (data maksimum) dan mengalikan data tersebut dengan koefisien reduksi.
4. Merata-ratakan hujan maksimum pada seluruh stasiun pada setiap tahun (sebaiknya cara ini tidak digunakan).
5. Analisis frekuensi data hujan setiap stasiun sepanjang data yang ada. Hasil analisis frekuensi tersebut selanjutnya dirata-ratakan sebagai hujan rata-rata DAS (sebaiknya cara ini tidak digunakan).

Dalam statistik dikenal beberapa jenis distribusi (agihan) frekuensi dan yang banyak digunakan dalam hidrologi yaitu :1. agihan normal, 2. agihan log- normal, 3. agihan log-pearson III dan 4. agihan gumbel. Masing-masing agihan memiliki sifat-sifat khas sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistik masing-masing agihan tersebut. Pemilihan agihan yang tidak benar dapat mengundang

an perkiraan yang cukup besar baik *overestimated* maupun *estimated*.



Beberapa parameter statistik yang digunakan dalam hitungan adalah nilai rata-rata, deviasi standar (S), koefisien variasi (Cv), koefisien skewness/ kemencengan (Cs) dan nilai koefisien kurtosis (Ck) sebagai berikut:

$$\bar{X} = \text{harga tengah} = \frac{\sum x}{x} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$S = \text{simpangan baku} = \sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \{(\sum x)^2 / n\}}{(n-1)}} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$Cv = \text{koefisien variasi} = (S/\bar{x}) \dots\dots\dots(2.3)$$

$$Cs = \text{asimetri (skewness)} = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum (x - \bar{x})^3 \dots\dots\dots(2.4)$$

$$Ck = \text{kurtosis} = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum (x - \bar{x})^4 \dots\dots\dots(2.5)$$

Distribusi Normal dengan ciri-ciri khas : Cs = 0, Distribusi Log-normal (2 parameter) dengan ciri-ciri khas : Cs = 3Cv atau Cs/Cv = 3 dan Cs selalu positif, Distribusi Gumbel dengan ciri-ciri khas : Cs = 1.396 dan 4002. Distribusi Pearson Tipe III dengan data statistiknya tidak memiliki ciri-ciri distribusi manapun. Karena interval yang besar maka



distribusi ini kurang teliti bila dilakukan secara manual. Garis probabilitas berbentuk garis lengkung dengan persamaan sama seperti pada distribusi Log-normal, tetapi harga faktor frekuensi K diambil dari table K Pearson.

Untuk memantapkan pemilihan jenis distribusi dilakukan pengujian yaitu uji Smirnov-Kolmogorov dan uji Chi-Kuadrat.

Secara umum Chow (haan, 1977) menunjukkan bahwa frekuensi analisis dapat disederhanakan dalam bentuk:

$$X_T = X + sK \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan X_T = besaran dengan kala ulang tertentu

X = besaran rata-rata,

S = simpangan baku (standard deviation).

K = faktor frekuensi

Chow telah menyusun tabek K untuk agihan log-normal dan log-Pearson tipe III seperti dikutip dalam tabel 2, 3, 4, dan Tabel 5.

Penggambaran data tersebut dalam di atas kertas kementakan (probability) dapat dilakukan dengan beberapa cara. Satu yang dianggap paling menguntungkan adalah:

$$P = m / (n + 1) \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan

m = nomor urut

N = jumlah data.



Tabel 2.2. Faktor frekuensi K untuk agihan log-normal
Probabilitas (%) sama atau lebih besar

99	95	80	50	20	5	1	0.1	Cv
-	-	-	-	+	+	+	+	
2.33	1.65	0.84	0.00	0.84	1.64	2.33	3.09	0.000
2.25	1.62	0.85	0.02	0.84	1.67	2.40	3.22	0.033
2.18	1.59	0.85	0.04	0.83	1.70	2.47	3.39	0.067
2.11	1.56	0.85	0.06	0.82	1.72	2.55	3.56	0.100
2.04	1.53	0.85	0.07	0.81	1.75	2.62	3.72	0.136
1.98	1.49	0.86	0.09	0.80	1.77	2.70	3.88	0.166
1.91	1.46	0.85	0.10	0.79	1.79	2.77	4.05	0.197
1.85	1.43	0.85	0.11	0.78	1.81	2.84	4.21	0.230
1.79	1.40	0.84	0.13	0.77	1.82	2.90	4.37	0.262
1.74	1.37	0.84	0.14	0.76	1.84	2.97	4.55	0.292
1.68	1.34	0.84	0.15	0.75	1.85	3.03	4.72	0.324
1.63	1.31	0.83	0.16	0.73	1.86	3.09	4.87	0.351
1.58	1.29	0.82	0.17	0.72	1.87	3.15	5.04	0.381
1.54	1.26	0.82	0.18	0.71	1.88	3.21	5.19	0.409
1.49	1.23	0.83	0.19	0.69	1.88	3.26	5.35	0.436
1.45	1.21	0.81	0.20	0.68	1.89	3.31	5.51	0.462
1.41	1.18	0.10	0.21	0.67	1.89	3.36	5.66	0.490
1.38	1.16	0.79	0.22	0.65	1.89	3.40	5.80	0.517
1.34	1.14	0.78	0.22	0.64	1.89	3.44	5.96	0.544
1.31	1.12	0.78	0.23	0.63	1.89	3.48	6.10	0.570
1.28	1.10	0.77	0.24	0.61	1.89	3.52	6.25	0.596
1.25	1.08	0.76	0.24	0.60	1.89	3.55	6.39	0.620
1.22	1.06	0.76	0.25	0.59	1.89	3.59	6.51	0.643
1.20	1.04	0.75	0.25	0.58	1.88	3.62	6.65	0.667
	1.02	0.74	0.26	0.57	1.88	3.65	6.77	0.691
	1.00	0.74	0.26	0.56	1.88	3.67	6.90	0.713



Lanjutan Tabel 2.2

1.12	0.99	73	0.26	0.55	1.87	6.70	7.02	0.734
1.10	0.97	0.72	0.27	0.54	1.87	3.72	7.13	0.755
1.08	0.96	0.72	0.27	0.53	1.86	3.74	7.25	0.776
1.06	0.95	0.71	0.27	0.52	1.86	3.76	7.36	0.796
1.04	0.93	0.71	0.28	0.51	1.85	3.78	7.47	0.818
1.01	0.90	0.60	0.28	0.49	1.84	3.81	7.65	0.857
0.98	0.88	0.68	0.29	0.47	1.83	3.84	7.84	0.895
0.95	0.86	0.67	0.29	0.46	1.81	3.87	8.00	0.930
0.92	0.84	0.66	0.29	0.44	1.80	3.89	8.16	0.966
0.90	0.82	0.65	0.29	0.42	1.78	3.91	8.30	1.000
0.84	0.78	0.63	0.30	0.39	1.75	3.93	8.60	1.081
0.80	0.74	0.62	0.30	0.37	1.71	3.95	8.86	1.155

Tabel 2.3. Faktor frekuensi K untuk agihan log-Pearson tipe III Dengan 'skewness' positif

Koef	Kala Ulang (tahun)							
	1.01	2	5	10	25	50	100	200
Skew								
3.0	-0.667	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.142	4.501	4.970
2.9	-0.690	-0.390	0.44	1.195	2.227	3.134	4.013	4.904
2.8	-0.714	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.7	-0.740	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
2.6	-0.769	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	-0.799	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652
2.4	-0.832	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584
2.3	-0.867	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.2	-0.905	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444
	-0.946	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372



Lanjutan Tabel 2.3

2.0	-0.990	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	-1.037	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
1.8	-1.087	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.7	-1.140	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	-1.197	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.5	-1.256	-0.240	0.690	1.333	1.146	2.743	3.330	3.910
1.4	-1.318	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.3	-1.383	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	-1.449	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	-1.518	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1.0	-1.588	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0.9	-1.660	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.8	-1.733	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.7	-1.806	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.4.7	2.824	3.223
0.6	-1.880	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.5	-1.955	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.231	2.686	3.041
0.4	-2.029	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.3	-2.104	-0.052	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.2	-2.178	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.762
0.1	-2.252	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0.0	-2.326	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576



Tabel 2.4. Faktor frekuensi K untuk agihan log-Pearson tipe III
 Dengan 'skewness' negative

Koef Skew	Kala Ulang (tahun)							
	1.01	2	5	10	25	50	100	200
-0.0	-2.326	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
-0.1	-2.400	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.482
-0.2	-2.472	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
-0.3	-2.544	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294
-0.4	-2.615	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.5	-2.686	0.082	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108
-0.6	-2.755	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-0.7	-2.824	0.116	0.857	1.182	1.488	1.663	1.806	1.926
-0.8	-2.891	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-0.9	-2.957	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749
-1.0	-3.022	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.558	1.664
-1.1	-3.087	0.080	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581
-1.2	-3.149	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.3	-3.211	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424
-1.4	-3.271	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351
-1.5	-3.330	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282
-1.6	-3.388	2.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.7	-3.444	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155
-1.8	-3.499	2.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
-1.9	-3.553	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044
-2.0	-3.065	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995
	-3.656	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949
	-3.705	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907
	-3.753	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.867



Lanjutan Tabel 2.4

-2.4	-3.800	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833
-2.5	-3.845	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800
-2.6	-3.889	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.7	-3.932	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741
-2.8	-3.973	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-2.9	-4.013	0.390	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690
-3.0	-4.051	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667

Analisis frekuensi dapat dilakukan dengan cara seri data yang diperoleh dari rekaman data baik data hujan maupun data debit. Analisis ini sering dianggap sebagai cara analisis yang paling baik, karena dilakukan terhadap data yang terukur langsung.

Pada analisis frekuensi, data hidrologi menuntut syarat tertentu terhadap data tersebut, yaitu harus : a. seragam (*homogeneous*) data harus berasal dari populasi yang sama (sta. pengumpul data tidak berubah, DAS tak berubah, tak ada gangguan lain yang menyebabkan sifat data berubah), b. mewakili (*representative*) untuk perkiraan kejadian yang akan datang. Tidak terjadi perubahan secara besar-besaran dan c. independence, data ekstrim tidak terjadi lebih dari sekali.

Urutan yang lazim dilakukan dalam analisis frekuensi :

1. Hitung besaran statistik data yang bersangkutan
2. Berdasar nilai statistik tersebut, perkiraan agihan yang sesuai.
3. Data diurutkan dari kecil ke besar (atau sebaliknya)



4. Data digambarkan pada kertas probabilitas.
5. Tarik garis teoritik pada gambar tersebut, selanjutnya dilakukan pengujian dengan Chi-kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov.

F. Uji Kesesuaian Metode Chi-Kuadrat

Uji Kesesuaian Metode Chi-Kuadrat untuk mengetahui distribusi frekuensi yang dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis dan keabsahan (Validity) dari distribusi yang diasumsikan dapat dibenarkan atau disangkal secara statistik. Formula Chi-Kuadrat :

$$X_H^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan X_H^2 = Parameter Chi-Kuadrat.

O_i = Frekuensi yang terbaca pada kelas yang sama.

E_i = Frekuensi yang diharapkan sesuai pembagian kelasnya

Formula probabilitas untuk menggambar titik pada kertas kementakan:

$$P = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots (2.9)$$

dengan : m = nomor peringkat untuk pengamatan kejadian hujan tertentu.

n = Jumlah tahun atau total pengamatan kejadian tahun.



Formula Derajat kebebasan :

$$Dk = k - (P + 1) \dots\dots\dots(2.10)$$

dengan : Dk = Derajat Kebebasan

K = Banyaknya kelas

P = Banyaknya sama dengan banyaknya parameter

Formula Banyaknya Kelas :

$$K = 1 + 3,22 \log n \dots\dots\dots(2.11)$$

dengan : n = Jumlah Data

Tabel 2.5. Nilai Chi-Kritis Distribusi Chi-Kuadrat

DK	α				
	0.950	0.050	0.025	0.010	0.005
1	0.004	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.103	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.711	9.488	11.143	13.277	14.860
5	1.145	11.070	12.833	15.086	16.750
6	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548
7	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	2.733	15.507	17.535	20.090	21.955
9	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	3.940	18.307	20.483	23.209	25.188
11	4.575	19.675	21.920	24.725	26.757
12	5.226	21.026	23.337	26.217	28.300
13	5.892	22.362	24.736	27.688	29.819
14	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	7.261	24.996	27.488	30.578	32.801



G. Base Flow

Base flow (Aliran Dasar) merupakan aliran air yang terjadi di bawah tanah atau keluaran dari *equipper* air tanah yang dihasilkan dari air perkolasi vertical melalui profil tanah ke air tanah, dan ditopang oleh aliran perlahan-lahan dari zona aerasi (*zone of aeration*) pada daerah miring. Dalam hal ini *Base Flow* merupakan proses penting dalam siklus hidrologi adapun proses terbentuknya dari *Base Flow* tersebut dimulai dari air laut, sungai, waduk, dan danau menguap (*evaporasi*). Ditambah tumbuh-tumbuh yang menguap (*transpirasi*) naik keatas berkumpul menjadi awan Karena adanya perubahan suhu maka air yang sudah menjadi awan kemudian berubah lagi menjadi titik-titik air atau hujan yang kemudian jatuh ke bumi. Air yang jatuh atau hujan ada yang jatuh langsung ke laut, sungai, waduk, dan danau, ada juga yang jatuh ke tumbuh-tumbuhan dan ada juga yang jatuh kedalam tanah yang dimana semua air yang turun atau hujan akan bermuara ke laut, sungai, danau dan waduk. Dalam hal ini *Base Flow* adalah air hujan yang jatuh kedalam tanah, dimana air hujan ini masuk melalui permukaan tanah, Karena banyaknya air yang masuk ke tanah sehingga terjadi aliran dalam tanah atau *base flow* (Kevin 2014).

$$QB = 0,4751A^{0,6444}D^{0,9430} \dots\dots\dots(2.12)$$

gan: QB = aliran dasar ($m^3/detik$)

A = luas (km^2)



D = kerapatan jaringan kuras (km/km^2)

H. Debit Banjir Rencana

Berbagai macam bangunan-bangunan air memerlukan perhitungan hidrologi yang merupakan bagian dan perencanaan bangunan-bangunan seperti bendungan, jembatan, bendung maupun perencanaan dari suatu bangunan pengendali (pengerukan, pelebaran, pembuatan pintu air, pembuatan tanggul dan terowongan) (Haerussalam, 2005).

Pemilihan suatu teknik analisis penentuan banjir rencana tergantung dari data-data yang tersedia dan macam dari bangunan air tersebut. Setiap teknik mempunyai analisis dasar perhitungan hidrologi.

Metode-metode perhitungan banjir rencana sangat bergantung pada cara pendekatannya pada alam sebagai sistem penalaran yang diterapkan pada faktor-faktor alam atau parameter-parameter fisik dalam menentukan pola matematika dari sistem operasi sedang sebaliknya sistem pendekatan fisik matematis didasari oleh persamaan-persamaan diferensial dari fenomena-fenomena fisik beserta syarat-syarat batasnya. Perhitungan debit banjir dapat dihitung dengan metode HSS Nakayasu.

Di dalam perhitungan untuk mendapat hidrograf banjir diperlukan waktu antara 5-7 jam. Pembagian curah hujan untuk tiap jam dengan cara rasional. Perhitungan curah hujan efektif dengan



menganggap proses transformasi hujan menjadi limpasan langsung mengikuti proses linear dan tidak berubah oleh waktu. Hidrograf satuan ini banyak digunakan dalam perhitungan banjir rencana di Indonesia (Haerussalam, 2005).

H. Penulusuran Aliran

Penulusuran Aliran adalah prosedur untuk menentukan waktu dan debit aliran (hidrograf aliran) di suatu titik pada aliran berdasarkan hidrograf yang diketahui di sebelah hulu. Apabila aliran tersebut adalah banjir maka prosedur tersebut dikenal dengan penulusuran banjir. Penulusuran aliran ini banyak dilakukan dalam studi pengendalian banjir, dimana perlu dilakukan analisis perjalanan/penulusuran banjir di sepanjang sungai atau di suatu waduk. Dengan penulusuran banjir ini apabila hidrograf di bagian hulu sungai atau waduk diketahui maka akan dapat dihitung bentuk hidrograf banjir di bagian hilirnya (Bambang, 2008) .

Ada dua macam penulusuran aliran yaitu penulusuran hidrologis dan penulusuran hidraulis. Pada penulusuran hidrologis dicari hidrograf debit di suatu titik di hilir besar hidrograf di hulu. Penulusuran secara hidrologis dapat berupa penulusuran waduk dan penulusuran sungai. Pada penulusuran hidraulis dicari hidrograf debit di beberapa titik di

ng aliran (Bambang,2008).



Penelusuran aliran dinyatakan dalam bentuk persamaan kontinuitas

$$I - O = \frac{ds}{dt} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan: I = aliran masuk (*inflow*) ke ruas sungai (m^3/d)

O = aliran keluar (*outflow*) ke ruas sungai (m^3/d)

dS = perubahan tampungan (*storage*) di ruas sungai (m^3)

dt = interval waktu penelusuran (detik, jam atau hari)

Persamaan di atas menunjukkan bahwa perubahan tampungan antara interval waktu dt adalah sama dengan aliran masuk dikurangi aliran keluar. Terdapat hubungan antara tampungan, aliran masuk dan aliran keluar. Dalam persamaan diatas aliran masuk I diketahui, sementara dua parameter lainnya yaitu O dan S tidak diketahui; sehingga persamaan tersebut tidak bisa diselesaikan secara langsung untuk mendapatkan parameter O . Diperlukan persamaan tambahan lainnya yang disebut fungsi tampungan, yang merupakan hubungan antara I , O dan S .

Pada penelusuran aliran di waduk, dimana permukaan air adalah horizontal, tampungan hanya merupakan fungsi dari aliran keluar, yang mempunyai bentuk berikut:

$$S = f(O) \dots\dots\dots (2.14)$$

$$S = KO \dots\dots\dots (2.15)$$

atau



Pada penelusuran aliran di sungai, tampungan merupakan fungsi dari aliran masuk (I) dan aliran keluar (O), yang mempunyai bentuk berikut:

$$S = KO + Kx (I - O) \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan:

S = volume tampungan

I = aliran masuk (inflow)

O = aliran keluar (outflow)

K = koefisien tampungan, yaitu perkiraan waktu perjalanan air sungai

X = faktor pembobot, yang bervariasi antara 0 dan 0,5

Kolam Regulasi Nipa Nipa dilengkapi dengan bangunan pelimpah (*spillway*). Aliran masuk melalui bangunan pelimpah tergantung pada lebar bangunan pelimpah (B), tinggi peluapan (H) dan koefisien debit (Cd) yang diberikan oleh bentuk berikut :

$$Q = C_d \cdot B \cdot H^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan : Q = Debit m^3/d

Cd = Koefisien Debit ($C_0C_1C_2$)

B = Panjang Mercu

H = Tinggi Peluapan



I. Kapasitas Tampungan

Metode *cross section*, merupakan teknik perhitungan volume dengan cara irisan vertikal dipotong secara teratur dengan interval tertentu, volume merupakan hasil perkalian dari jarak atau interval terhadap rata-rata luasan area hasil potongan.

Rumus yang digunakan yaitu:

$$V = D \times (A_1 + A_2)/2 \dots\dots\dots(2.18)$$

Dengan : V = Volume Kolam (m³)

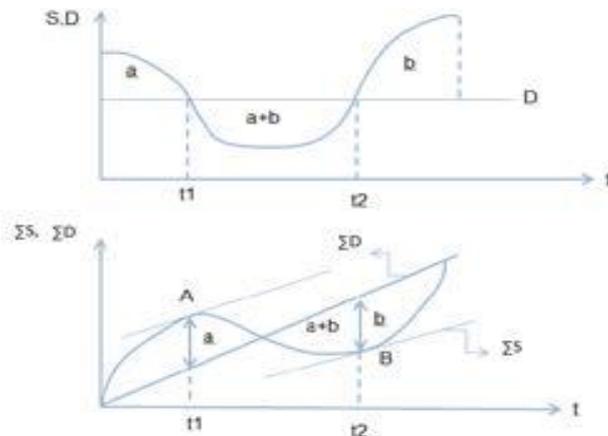
D = Jarak / Interval (m)

A = Luas Hasil Potongan (m²)

J. Metode Ripple

Metode ini pertama kali dikemukakan oleh Ripple (1883) Metode *Ripple* atau kurva massa ditemukan oleh Ripple (1883) untuk menghitung besarnya kapasitas tampung *reservoir* yang memadai pada tingkat kebutuhan air tertentu (efektif untuk kebutuhan air yang konstan). Berikut adalah Gambar 2.1 yang menjelaskan diagram Ripple.





Gambar 2.1. Metode Kurva Massa dan Analisis Kurva Massa (Ulfa Azzura, 2016)

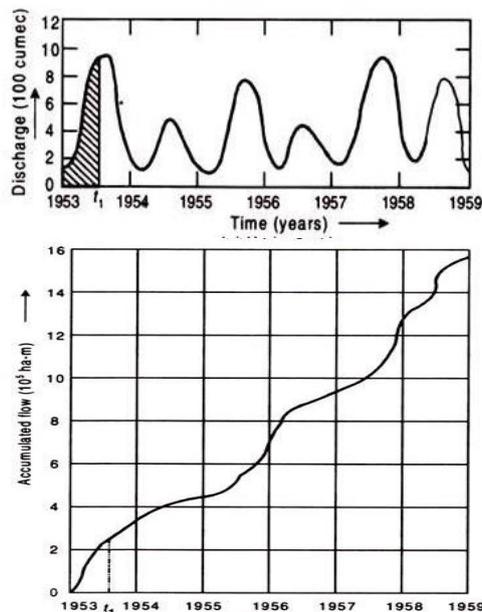
Metode kurva massa/ *ripple* diagram (Gambar 2.1) adalah plotting debit kumulatif waduk dengan kemiringan kuva massa adalah nilai *inflow* (S) pada waktu tertentu. Kemiringan kurva permintaan (D) atau imbuhan adalah kebutuhan air. Analisis kurva massa dilakukan dengan melihat perbedaan antara garis (b+) yang bersinggungan dengan garis permintaan (D) ditarik pada titik tertinggi dan titik terendah dari kurva massa (S) memberikan tingkat penarikan dari waduk selama periode kritis. Nilai kumulatif maksimum antara garis singgung adalah kapasitas penyimpanan yang diperlukan (*active storage*).

Kurva massa adalah kurva yang digunakan untuk keperluan desain awal suatu waduk maupun untuk melihat kinerja waduk setelah dioperasikan. Diagram Rippl dapat digunakan sebagai alat untuk

menentukan target manfaat dan kapasitas tampungan efektif yang diperlukan.



Metode kurva massa lebih umum digunakan untuk menentukan kapasitas reservoir penyimpanan. Kurva massa aliran masuk (atau kurva massa) adalah sebidang akumulasi aliran dalam aliran terhadap waktu. Seperti yang ditunjukkan di bawah ini, kurva massa aliran masuk dapat dibuat dari hidrograf aliran untuk sejumlah besar tahun-tahun sebelumnya secara berurutan.



Gambar 2.2. Aliran Hidrograf dan kurva massa

Gambar 2.2. (a) menunjukkan hidrograf aliran khas aliran selama enam tahun berturut-turut. Area di bawah hidrograf dari tahun mulai (yaitu, 1953) hingga kapan saja t_1 (a) mewakili jumlah total air yang telah mengalir melalui aliran dari tahun 1953 hingga waktu t_1 dan karenanya

dengan ordinat dari kurva massa pada waktu t_1 . Ordinat dari kurva sesuai dengan waktu yang berbeda ditentukan dan diplot pada

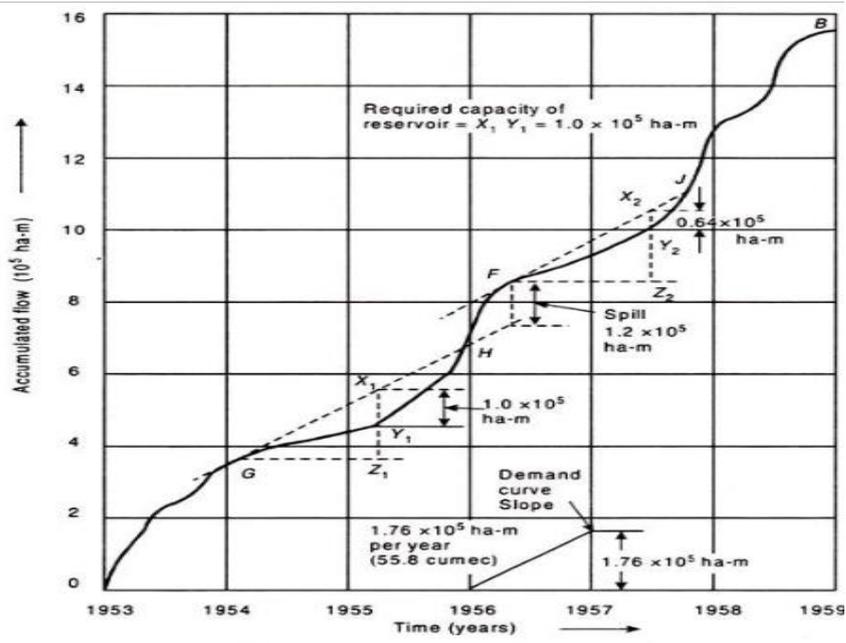


waktu masing-masing untuk mendapatkan kurva massa seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 (b). Kurva massa terus naik karena menunjukkan aliran yang terakumulasi.

Kemiringan kurva pada titik mana pun menunjukkan laju aliran pada waktu tertentu. Jika tidak ada aliran selama periode tertentu, kurva akan horisontal selama periode itu. Jika ada laju aliran tinggi, kurva naik tajam. Jadi periode yang relatif kering diindikasikan sebagai depresi cekung pada kurva massa. Kapasitas reservoir penyimpanan yang diperlukan untuk hasil atau permintaan tertentu dapat ditentukan dengan menggunakan kurva massa aliran masuk dan kurva permintaan atau kurva permintaan massa seperti ditunjukkan di bawah ini:

- 1) Kurva massa aliran masuk disusun dari hidrograf aliran selama beberapa tahun berturut-turut yang dipilih dari catatan aliran aliran yang tersedia sehingga mencakup periode paling kritis atau paling kering. Gambar 2.3 menunjukkan kurva massa aliran masuk untuk aliran tipikal selama periode 6 tahun.
- 2) Sesuai dengan tingkat permintaan yang diberikan, kurva permintaan disiapkan. Jika tingkat permintaan konstan maka kurva permintaan yang sesuai adalah garis lurus seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.





Gambar 2.3.penggunaan kurva massa untuk menentukan kapasitas reservoir penyimpanan

- 3) Garis-garis seperti GH, FJ, dll., Ditarik sejajar dengan kurva permintaan dan tangensial ke titik tinggi G, F, dll., Dari kurva massa aliran masuk (atau titik-titik pada awal periode kering) .
- 4) Maksimal vertikal memotong X_1, Y_1, X_2, Y_2 dll, antara garis tangensial yang ditarik pada langkah (3) dan kurva massa diukur. Penyesuaian vertikal menunjukkan volume dimana total aliran dalam aliran kurang dari permintaan dan karenanya harus disediakan dari penyimpanan reservoir. Misalnya mengasumsikan reservoir menjadi penuh pada G, untuk periode yang sesuai dengan titik G dan Z_1 , ada total aliran dalam aliran yang diwakili oleh Y_1Z_1 dan ada total permintaan yang diwakili oleh X_1Z_1



meninggalkan celah volume yang diwakili oleh $X1Y1$ yang harus dipenuhi dari penyimpanan reservoir.

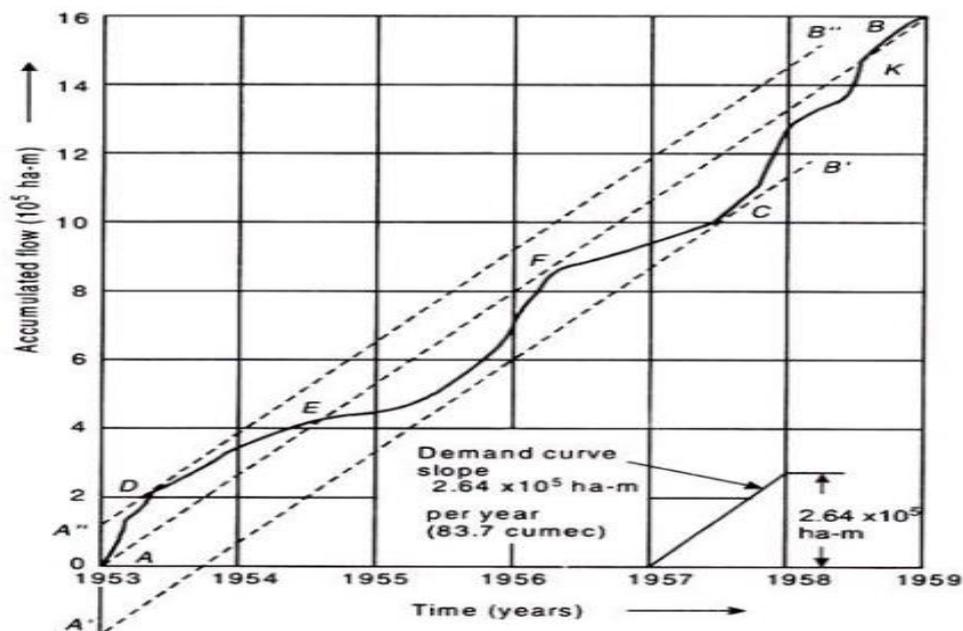
- 5) Yang terbesar dari intersepsi vertikal maksimum $X1Y1$, $X2Y2$, dll., Ditentukan pada langkah (4) mewakili kapasitas reservoir yang diperlukan untuk memenuhi permintaan yang diberikan. Namun, persyaratan penyimpanan yang diperoleh adalah penyimpanan bersih yang harus tersedia untuk pemanfaatan dan harus ditingkatkan dengan jumlah air yang hilang karena penguapan dan perkolasi.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 2.3 jarak vertikal antara garis tangensial berturut-turut seperti GH dan FJ mewakili jumlah air yang dapat tumpah dari reservoir melalui spillway dan pergi sebagai limbah ke sisi hilir. Hal ini terjadi karena antara H dan F reservoir akan tetap penuh dan semua aliran masuk yang melebihi permintaan akan mengalir melalui jalan tumpahan ke sisi hilir.

Garis tangensial yang ditarik sejajar dengan kurva permintaan ketika diperpanjang ke depan harus memotong kurva massa, seperti di H, J, dll., Sehingga reservoir yang penuh di G dan F akan diisi lagi di H dan J. Namun, jika garis tidak memotong kurva massa, reservoir tidak akan diisi lagi. Selain itu, jika reservoir sangat besar, interval waktu antara titik G dan J, dll., Mungkin beberapa tahun.



Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 jika titik-titik akhir dari kurva massa disambungkan dengan garis lurus AB, maka kemiringannya merepresentasikan debit rata-rata dari aliran selama periode total dimana kurva massa telah diplot. Jika reservoir akan dibangun untuk memungkinkan pelepasan air terus menerus pada nilai rata-rata debit untuk seluruh periode maka kapasitas yang diperlukan untuk reservoir diwakili oleh intersep vertikal antara dua garis lurus A 'B' dan A "B" ditarik sejajar dengan AB dan garis singgung ke kurva massa pada titik singgung terendah C dan titik singgung tertinggi D masing-masing.



Gambar 2.4. Kurva Massa untuk Menentukan Kapasitas Reservoir yang dibutuhkan untuk Menghasilkan Hasil yang Sama dengan Debit Rata-Rata Aliran



Jika reservoir yang memiliki kapasitas ini diasumsikan mengandung volume air yang sama dengan AA 'pada awal periode, maka reservoir akan penuh pada D dan akan kosong pada C. Namun, jika reservoir kosong di sangat awal, maka itu akan kosong lagi di titik E dan juga selama periode dari F ke K. Di sisi lain jika reservoir penuh di awal itu akan penuh lagi di titik F dan K, dan antara titik A dan E akan ada tumpahan air dari reservoir.

