

SKRIPSI

**STUDI KAPASITAS SISTEM DRAINASE PEMBUANG
DAERAH IRIGASI BILI-BILI**

Disusun dan diajukan oleh:

JUWITA APRI LIASARI

D011 19 1022



**PROGRAM STUDI SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

STUDI KAPASITAS SISTEM DRAINASE PEMBUANG DAERAH IRIGASI BILI-BILI

Disusun dan diajukan oleh

JUWITA APRI LIASARI
D011 19 1022

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 21 Juni 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT
NIP. 196410201991031002

Pembimbing Pendamping,



Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT
NIP. 196703191992032010

Ketua Program Studi,



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Juwita Apri Liasari

NIM : D011 19 1022

Program Studi : Teknik Sipil

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Studi Kapasitas Sistem Drainase Pembuang Daerah Irigasi Bili-Bili}

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

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak 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 dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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

Gowa, 21 Juni 2023

atakan

METERAI
TEMPER
10AKX517884167
Juwita Apri Liasari

ABSTRAK

JUWITA APRI LIASARI. Studi Kapasitas Sistem Drainase Pembuang Daerah Irigasi Bili-Bili (dibimbing oleh Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, M.T., dan Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, M.T.)

Drainase pembuang irigasi Bili-bili merupakan salah satu bagian jaringan dari Daerah Irigasi (D.I) Bili-bili yang berfungsi untuk membuang kelebihan air yang sudah tidak dipergunakan lagi pada suatu daerah irigasi Bili-bili. Berdasarkan kondisi tersebut setiap tahunnya jumlah dari buangan air D.I Bili-bili menjadi semakin besar, seiring dengan perubahan pola penggunaan lahan. Akibat pengaruh iklim global dan kompleksitas buangan air yang semakin besar menjadi faktor utama dari meningkatnya debit air buangan pada suatu saluran pembuangan atau drainase. Dalam perencanaan pembangunan saluran pembuangan atau drainase perlu diketahui jumlah debit air buangan yang dihasilkan pada Daerah Irigasi.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis besar debit puncak curah hujan dan modulus pembuang saluran D.I Bili-bili untuk mengetahui debit air total buangan pada D.I Bili-bili dan kapasitas saluran pembuangnya. Dari hasil perhitungan debit curah hujan 3 harian, diperoleh besar debit puncak limpasan hujan untuk periode ulang 2 tahun sebesar $181,199 \text{ m}^3/\text{detik}$, periode ulang 5 tahun sebesar $229,646 \text{ m}^3/\text{detik}$, periode ulang 10 tahun sebesar $254,544 \text{ m}^3/\text{detik}$, periode ulang 20 tahun sebesar $279,556 \text{ m}^3/\text{detik}$, periode ulang 50 tahun sebesar $296,362 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan periode ulang 100 tahun sebesar $313,621 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hasil dari penambahan debit puncak limpasan dan debit modulus buangan diperoleh besar debit air total buangan yang dihasilkan oleh D.I Bili-bili untuk periode ulang 2 tahun sebesar $182,001 \text{ m}^3/\text{detik}$, periode ulang 5 tahun sebesar $229,649 \text{ m}^3/\text{detik}$, periode ulang 10 tahun sebesar $254,548 \text{ m}^3/\text{detik}$, periode ulang 20 tahun sebesar $279,560 \text{ m}^3/\text{detik}$, periode ulang 50 tahun sebesar $296,367 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan periode ulang 100 tahun sebesar $313,626 \text{ m}^3/\text{detik}$. Debit rencana digunakan untuk merencanakan saluran pembuang. Dimana dari 3 saluran pembuang yang ditinjau hanya 2 saluran yang kapasitasnya mampu memuat dan mengalirkan debit air yang akan dibuang.

Kata Kunci : Drainase Pembuang, D.I Bili-Bili, Curah Hujan

ABSTRACT

JUWITA APRI LIASARI. *Capacity Study of Waster Drainage System for Bili-Bili Irrigation Area* (Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, M.T., dan Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, M.T.)

Bili-bili irrigation waster drainage is a part of the Bili-bili Irrigation Area (D.I) network its function is to dispose of excess water that is no longer used in a Bili-bili irrigation area. Under these conditions, every year the amount of water discharged into DI Bili-bili becomes larger, in line with changes in land use patterns. As a result of the influence of the global climate and the increasing complexity of water disposal, it is the main factor for increasing the discharge of wastewater in a sewer or drainage. In planning the construction of sewers or drainage, it is necessary to know the amount of discharge of wastewater generated in the Irrigation Area.

The purpose of this study was to analyze the amount of peak rainfall discharge and the modulus of the discharge channel in Bili-bili DI to determine the total discharge of water discharged in DI Bili-bili and the capacity of the discharge channel. From the results of the calculation of the 3-day rainfall discharge, the peak discharge of rain runoff at the 2-year return period of 728,665 m³/s, 5 years of 897,806 m³/s, 10 years of 986,194 m³/s, 20 years of 1074,985 m³/s, 50 years of 1134,647 m³/s, 100 years at 1195,916 m³/s. The result of adding peak runoff discharge and discharge modulus discharge is obtained the total discharge of water discharge produced by D.I Bili-bili at the 2-year return period of 728,674 m³/s, 5 years of 897,816 m³/s, 10 years of 986,205 m³/s, 20 years of 1074,996 m³/s, 50 years of 1134,659 m³/s, 100 years at 1195,929 m³/s. The design discharge is used to plan the exhaust channel. Where from the 3 discharge channels reviewed, only 2 channel its capacity is able to load and drain the water discharge to be discharged.

Keywords: Waster Drainage, D.I Bili-Bili, Rainfall

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Ruang Lingkup.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Saluran Pembuang Irigasi.....	3
2.1.1 Pengertian Irigasi.....	3
2.1.2 Pengertian Saluran Pembuang.....	3
2.2 Penelitian Terkait.....	4
2.3 Drainase.....	5
2.3.1 Pengertian Drainase.....	5
2.3.2 Jenis-Jenis Drainase.....	6
2.3.3 Fungsi Drainase.....	7
2.4 Hidrologi.....	8
2.4.1 Pengertian Hidrologi.....	8
2.4.2 Siklus Hidrologi.....	9
2.5 Hujan.....	10
2.5.1 Pengertian Hujan.....	10
2.5.2 Jenis-Jenis Hujan.....	10
2.6 Analisis Curah Hujan.....	12
2.6.1 Curah Hujan 3 Harian.....	12
2.6.2 Curah Hujan Rata-Rata Area.....	12
2.6.2.1 Metode Aritchmetic Mean.....	12
2.6.2.2 Metode Polygon Thiessen.....	13
2.6.2.3 Metode Isohyet.....	14
2.6.3 Distribusi Frekuensi Curah Hujan.....	15
2.6.3.1 Distribusi Normal.....	16
2.6.3.2 Distribusi Log-Normal.....	17
2.6.3.3 Distribusi Gumbel.....	18
2.6.3.4 Distribusi Log Person III.....	19
2.6.4 Uji Distribusi Frekuensi Curah Hujan.....	20
2.6.4.1 Uji Chi Kuadrat.....	20
2.6.4.2 Uji Smirnov-Kolmogorof.....	22
2.6.5 Intensitas Hujan Metode Mononobe.....	23

2.6.6 HSS Nakayasu	24
2.6.7 Modulus Pembuang	25
2.6.8 Analisis Dimensi Saluran Pembuang	26
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	29
3.2 Metode Penelitian	30
3.3 Rancangan Penelitian.....	31
3.3.1 Studi Literatur.....	31
3.3.2 Pengumpulan Data.....	31
3.4 Analisis Data	31
3.4.1 Analisis Curah Hujan	32
3.4.2 Analisis Debit Air.....	32
3.4.3 Analisis Debit Air Buangan	32
3.5 Kesimpulan dan Rekomendasi	32
3.6 Bagan Alir Penelitian	33
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Analisis Debit Puncak Limpasan D.I Bili-Bili.....	35
4.1.1 Curah Hujan 3 Harian Maksimum	35
4.1.2 Analisis Frekuensi Curah Hujan	37
4.1.3 Analisis Jenis Distribusi	39
4.1.4 Analisis CH Rancangan Metode Distribusi Log Person III.....	40
4.1.5 Uji Kesesuaian Distribusi.....	40
4.1.5.1 Uji Kesesuaian Chi Kuadrat	40
4.1.5.2 Uji Kesesuaian Smirnov-Kolmogorof	42
4.1.6 Intensitas Hujan	43
4.1.7 Debit Puncak Limpasan.....	44
4.2 Analisis Modulus Pembuang.....	50
4.3 Analisis Debit Air Buangan Total.....	51
4.4 Analisis Kondisi Saluran Pembuang.....	52
4.4.1 Perhitungan Debit Saluran Pembuang Rencana	52
4.4.2 Perhitungan Debit Saluran Pembuang	53
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
5.2 Kesimpulan	57
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Ilustrasi Siklus Hidrologi	10
Gambar 2. Cara Polygon Thiessen.....	14
Gambar 3. Cara Garis Isohyet.....	15
Gambar 4. Peta Citra D.I Bili-Bili	29
Gambar 5. Skema Jaringan D.I Bili-Bili.....	30
Gambar 6. Bagan Alir Penelitian	33
Gambar 7. Das D.I Bili-Bili	35
Gambar 8. Catchment Area D.I Bili-Bili.	36
Gambar 9. Grafik Intrval Kelas.....	41
Gambar 10. Grafik Intensitas Hujan	44
Gambar 11. Grafik Perhitungan HSS Nakayasu	47
Gambar 12. Grafik Rekapitulasi HSS Nakayasu	49
Gambar 13. Grafik Perbandingan Debit Curah Hujan dan Debit Air Buangan.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Nilai Variabel Reduksi Gauss	16
Tabel 2. Nilai K untuk Distribusi Log-Normal.....	17
Tabel 3. Variabel Reduksi (Y_n)	18
Tabel 4. Reduksi Standar Deviasi (S_n) untuk Distribusi Gumbel	19
Tabel 5. Reduksi Variate (Y_{TR})	19
Tabel 6. Nilai K untuk Distribusi Log Person III.....	20
Tabel 7. Nilai Kritis untuk Uji Chi Kuadrat.....	21
Tabel 8. Nilai d Kritis untuk Uji Kesesuaian Smirnov-Kolmogorof	23
Tabel 9. Koefisien Kekasaran Manning.....	28
Tabel 10. Data Curah Hujan 3 Harian Maksimum dari tahun (2013-2022)	35
Tabel 11. Analisis Luasan Poligon Thiessen	37
Tabel 12. Analisis Curah Hujan Metode Poligon Thiessen	37
Tabel 13. Analisis Frekuensi Curah Hujan Distribusi	38
Tabel 14. Uji Parameter Statistik untuk Penentuan Jenis Sebaran.....	39
Tabel 15. Perhitungan Curah Hujan Maksimum Periode Ulang Metode Log Person III	40
Tabel 16. Pembagian Batas Kelas	41
Tabel 17. Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorof Data Curah Hujan	42
Tabel 18. Perhitungan Intensitas Hujan (I)	43
Tabel 19. Rekapitulasi Distribusi Hujan	45
Tabel 20. Rekapitulasi Hujan Efektif.....	45
Tabel 21. Data Perhitungan HSS Nakayasu.....	46
Tabel 22. Penentuan Interval HSS Nakayasu	46
Tabel 23. Analisis Debit Puncak Limpasan Metode HSS Nakayasu.....	47
Tabel 24. Rekapitulasi Perhitungan Debit Puncak Limpasan Metode HSS Nakayasu	48
Tabel 25. Rekapitulasi QP HSS Nakayasu	49
Tabel 26. Data Pola Tanam Kawasan D.I Bili-bili	50
Tabel 27. Rekapitulasi Modulus Pembuang.....	51
Tabel 28. Perhitungan Debit Air Buangan Total	51
Tabel 29. Rekapitulasi Perhitungan Debit Saluran Pembuang Rencana.....	52
Tabel 30. Rekapitulasi Analisis Kondisi Saluran Pembuang.....	56

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil‘aalamin, puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena atas nikmat, berkat, dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan Sistem Drainase Pembuang Irigasi Daerah Bili-Bili” yang merupakan salah satu syarat dalam penyelesaian studi pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

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

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

Yang teristimewa penulis pesembahkan kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, yaitu ayahanda Tri Wahyono, dan ibu Siti Umi Sadiyah S.pd. atas doa, kasih sayang, dan segala dukungan yang telah diberikan, Serta kepada seluruh keluarga besar atas dorongan dan segala dukungan selama ini, baik spritual maupun materi.
2. Kakak perempuan Eka Wahyu Safitri yang selalu memberikan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Sahabat saya Febri Yaning Tyas yang selalu menemani dan memberikan dukungan mulai dari masa sekolah hingga saat ini.
4. Teman dari awal maba sampai sekarang Loveeane Ribka, Nadya Zulfia Muslimin, dan Miratul Hazanah yang selalu ada untuk menemani, menyemangati, dan juga selalu menghibur dikala susah maupun senang.
5. Teman-teman seperjuangan KKD Keairan 2019 yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Teman-teman KKNT PUPR Gowa Posko 11 Mangalli, terima kasih atas canda tawa, jalan- jalan dan pengalamannya.
7. Saudara-saudariku PORTLAND 2020, yang banyak memberi banyak warna dan kenangan selama masa kuliah. Arti Sahabat akan selalu hidup, *We are the Champion Keep on Fighting Till the End.*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air adalah sumber daya alam yang sangat penting untuk kelangsungan hidup semua makhluk hidup. Air juga sangat diperlukan untuk kegiatan industri, perikanan, pertanian dan usaha-usaha lainnya. Dalam memenuhi kebutuhan air khususnya untuk kebutuhan air di persawahan maka perlu didirikan sistem irigasi yang terdiri dari Bangunan Utama, Bendung, hingga Saluran Pembuang. Pengertian jaringan irigasi adalah saluran, bangunan, dan bangunan pelengkap yang merupakan satu kesatuan yang diperlukan untuk penyediaan, pembagian, pemberian, penggunaan, dan pembuangan air irigasi. Air irigasi di Indonesia umumnya bersumber dari sungai, waduk, air tanah dan sistem pasang surut.

Pembuangan air irigasi, selanjutnya disebut drainase, adalah pengaliran kelebihan air yang sudah tidak dipergunakan lagi pada suatu daerah irigasi tertentu. Kelebihan air tersebut nantinya akan disalurkan untuk dibuang ke sungai-sungai atau saluran-saluran alamiah wilayah sekitar yang telah ditentukan. Drainase pembuang ini memiliki fungsi sebagai pembuang intern untuk mengalirkan kelebihan air dari sawah untuk mencegah terjadinya genangan dan kerusakan tanaman atau untuk mengatur banyaknya air tanah sesuai dengan yang dibutuhkan oleh tanaman dan Pembuang ekstern untuk mengalirkan air dari daerah luar irigasi yang mengalir melalui daerah irigasi.

Saat ini permasalahan yang terjadi pada D.I Bili-bili adalah diduga menjadi salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya banjir pada kawasan sekitarnya.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dilakukan penelitian dengan judul :

“Studi Kapasitas Sistem Drainase Pembuang Daerah Irigasi Bili-Bili”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang terkait, maka dapat dirumuskan beberapa masalah yaitu:

1. Seberapa besar debit air kawasan di daerah irigasi Bili-bili?
2. Seberapa besar debit air buangan pada drainase saluran pembuang irigasi Bili-bili?
3. Bagaimana kondisi saluran pembuang pada daerah irigasi Bili-bili?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis besar debit air kawasan di daerah irigasi Bili-bili.
2. Menganalisis besar debit air buangan pada drainase saluran pembuang irigasi Bili-bili.
3. Menganalisis kondisi saluran pembuang pada daerah irigasi Bili-bili.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah diharapkan dapat memberikan referensi terkait dengan studi Kapasitas Sistem Drainase Pembuang Daerah Irigasi Bili-Bili.

1.5 Ruang Lingkup

Agar penelitian berjalan dengan baik dan terarah, maka penulis memberikan batasan masalah dalam melaksanakan penelitian, sebagai berikut:

1. Ruang Lingkup Wilayah

Penelitian ini dilakukan di daerah sekitar Daerah irigasi Bili-bili di Kecamatan Bontomarannu Kabupaten Gowa.

2. Ruang Lingkup Materi

Penelitian ini untuk menganalisis besar debit air buangan menggunakan data curah hujan daerah irigasi Bili-bili dan kapasitas saluran pembuangnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Saluran Pembuang Irigasi

2.1.1 Pengertian Irigasi

Irigasi adalah menyalurkan air yang perlu untuk pertumbuhan tanaman ke tanah yang diolah dan mendistribusinya secara sistematis (Sosrodarsono dan Takeda, 2003). Irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak (PP No. 20 tahun 2006 tentang Irigasi).

Adapun beberapa Klasifikasi pada jaringan irigasi yang ditentukan oleh keberfungsian sistem jaringan irigasi, yaitu mengambil air dari sumber, mengalirkan air ke dalam sistem saluran, membagi ke petak sawah, dan membuang kelebihan air ke jaringan pembuang.

2.1.2 Pengertian Saluran Pembuang

Saluran pembuang irigasi adalah saluran yang berada pada daerah irigasi yang terletak diantara petak-petak lahan tersier yang dapat difungsikan juga sebagai pembatas area antara petak-petak tersier ataupun kuarter serta kegunaan yang paling pentingnya adalah untuk membuang kelebihan air ke sungai atau saluran-saluran alamiah. Terdapat beberapa jenis saluran pembuang, yaitu saluran pembuang kuarter, saluran pembuang tersier, saluran pembuang sekunder dan saluran pembuang primer. Jaringan pembuang tersier dimaksudkan untuk mengeringkan sawah, membuang kelebihan air hujan, membuang kelebihan air irigasi. Saluran pembuang kuarter menampung air langsung dari sawah di daerah atasnya atau dari saluran pembuang di daerah bawah. Saluran pembuang tersier menampung air buangan dari saluran pembuang kuarter. Saluran pembuang primer menampung dari saluran pembuang tersier dan membawanya untuk dialirkan kembali ke sungai.

2.2 Penelitian Terkait

Yasir Arafat, dkk (2015) melakukan studi kasus yang menginvestigasi dampak dari pekerjaan pengaturan sungai untuk asumsi bahwa sungai adalah sistem morfologi mandiri, yang menyesuaikan diri untuk mengubah kondisi. Penelitian dilakukan dengan membandingkan penampang memanjang dan penampang Sungai Jenneberang, Sulawesi Selatan, sebelum pekerjaan peningkatan sungai dengan hasil survei topografi kami pada bulan Desember 2014. Dari hasil yang diperoleh Penampang memanjang menunjukkan, elevasi dekat muara hilir lebih rendah dari sebelumnya, kemiringan sungai menjadi 0,274% dan kemiringan sungai meningkat. Faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan morfologi jangka panjang: perubahan penggunaan lahan DAS, saluranisasi, pekerjaan sungai, penambangan pasir atau kerikil di sungai, pengalihan air masuk atau keluar sungai, penurunan alami seluruh sistem. Pengaturan sungai telah mengubah jumlah dan waktu aliran di hilir Sungai Jeneberang, dimana Waduk Bili-bili yang terletak di sungai menampung 375.000.000 m³ aliran air. Geometri hidraulik dan karakteristik penampang hilir Sungai Jeneberang dipengaruhi oleh proses alami sistem fluvial dan campur tangan manusia.

Riska, dkk.(2019). Melakukan penelitian untuk mengetahui besar debit buangan dari lahan dengan kala ulang 5 tahun, menganalisa kondisi saluran pembuang eksisting pada Daerah Irigasi Kebonagung di desa Patean, dan mengetahui dimensi saluran pembuang rencana pada Daerah Irigasi Kebonagung di desa Patean. Penelitian ini dilakukan karena daerah irigasi Kebonagung memiliki permasalahan pengaturan saluran pembuang di areal persawahan. Areal persawahan di desa Patean selalu terjadi banjir apabila intensitas hujan tinggi Banjir yang terjadi pada areal persawahan ini tentunya sangat merugikan petani-petani di desa Patean. Daerah irigasi Kebonagung memiliki 3 saluran pembuang, yang mana hasil dari penelitian menunjukkan jika Pembuang 1 tidak mampu memuat dan mengalirkan debit air yang akan dibuang sehingga diperlukan perencanaan ulang karena debit saluran pembuang 1 eksisting sebesar 0,202 m³/dt sedangkan debit rencana sebesar 1,353 m³/dt. Debit saluran pembuang 2 eksisting sebesar 4,418 m³/dt sedangkan debit rencana sebesar 2,631 m³/dt, dengan demikian dimensi saluran eksisting mampu memuat dan mengalirkan debit air yang akan dibuang sehingga tidak diperlukan perencanaan ulang. Dan debit saluran pembuang 3 eksisting sebesar 1,924 m³/det sedangkan debit rencana sebesar 2,631 m³/det,

dengan demikian dimensi saluran eksisting tidak mampu memuat dan mengalirkan debit air yang akan dibuang.

Farida Gaffar, dkk .(2022). Melakukan analisis perbandingan debit banjir rencana pada DAS Maros dengan menggunakan metode HSS Nakayasu dan simulasi aplikasi HEC-HMS. Tingkat rawan banjir di DAS Maros terdapat 3 kelas yaitu : tidak rawan, rawan dan sangat rawan. Curah hujan di wilayah DAS Maros cukup tinggi karena curah hujan berkisar 2000 hingga 4000 mm/thn. perhitungan dan permodelan besarnya debit banjir rencana perlu dilakukan untuk mengetahui besarnya debit banjir rencana yang akan terjadi selama periode waktu tertentu di DAS Maros. Dari hasil analisis perhitungan debit banjir DAS Maros menggunakan metode HSS Nakayasu diperoleh hasil pada kala ulang 5 tahun sebesar 686,2099 m³/s, 10 tahun sebesar 832,4823 m³/s, 25 tahun sebesar 1000,2864 m³/s, 50 tahun sebesar 1123,9443 m³/s, 100 tahun sebesar 1245,7978 m³/s, 200 tahun sebesar 1366,3281 m³/s. Sedangkan dari hasil analisis perhitungan debit banjir DAS Maros dengan simulasi HEC-HMS pada kala ulang 5 tahun sebesar 747,1 m³/s, 10 tahun sebesar 971,2 m³/s, 25 tahun sebesar 1261,9 m³/s, 50 tahun sebesar 1495,5 m³/s, 100 tahun sebesar 1740,0 m³/s, 200 tahun sebesar 1994,1 m³/s.

2.3 Drainase

2.3.1 Pengertian Drainase

Drainase adalah lengkungan atau saluran air di permukaan atau di bawah tanah, baik yang terbentuk secara alami maupun dibuat manusia. Dalam Bahasa Indonesia, drainase bisa merujuk pada parit di permukaan tanah atau gorong – gorong dibawah tanah. Drainase berperan penting untuk mengatur suplai air demi pencegahan banjir. Drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Drainase secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan, maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan/lahan. Sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi. (Suripin, 2004).

Setiap pembangunan jaringan irigasi dilengkapi dengan pembangunan jaringan drainase yang merupakan satu kesatuan dengan jaringan irigasi yang bersangkutan (PP 20 pasal 46 ayat 1). Pada umumnya pembuang primer berupa sungai-sungai alamiah, yang kesemuanya akan diberi nama. Apabila ada saluran-

saluran pembuang primer baru yang akan dibuat, maka saluran-saluran itu harus diberi nama tersendiri. Beberapa di antaranya sudah mempunyai nama yang tetap bisa dipakai, jika tidak sungai/anak sungai tersebut akan ditunjukkan dengan sebuah huruf bersama-sama dengan nomor seri. Nama-nama ini akan diawali dengan huruf d (d = drainase).

2.3.2 Jenis-Jenis Drainase

Jenis drainase dapat dikelompokkan sebagai berikut (Hadi Hardjaja, dalam jurnal Kusumo 2009):

a. Drainase Menurut Sejarah Terbentuknya

1) Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang, saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena gravitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai. Daerah-daerah dengan drainase alamiah yang relatif bagus akan membutuhkan perlindungan yang lebih sedikit daripada daerah-daerah rendah yang tertindak sebagai kolam penampung bagi aliran dari daerah anak-anak sungai yang luas.

2) Drainase Buatan

Drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu, gorong-gorong, dan pipa-pipa.

b. Drainase Menurut Letak Bangunannya

1) Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi untuk mengalirkan air limpasan permukaan. Analisis alirannya merupakan analisis *open channel flow* (aliran saluran terbuka).

2) Drainase Bawah Permukaan Tanah (*Subsurface Drainage*)

Saluran drainase yang bertujuan untuk mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa) dikarenakan alasan-alasan tertentu. Ini karena alasan tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran dipermukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, dan taman.

c. Drainase Menurut Konstruksinya

1) Saluran Terbuka

Saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan atau mengganggu lingkungan.

2) Saluran Tertutup

Saluran yang pada umumnya sering di pakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan atau lingkungan) atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

d. Drainase Menurut Sistem Buangannya

Pada sistem pengumpulan air buangan sesuai dengan fungsinya maka pemilihan sistem buangan dibedakan menjadi (Kusumo, 2009):

1) Sistem Terpisah (*Separate System*)

Air kotor dan air hujan dilayani oleh system saluran masing-masing secara terpisah.

2) Sistem Tercampur (*Combined system*)

Air kotor dan air hujan disalurkan melalui satu saluran yang sama.

3) Sistem Kombinasi (*Pscudo Separate system*)

Merupakan perpaduan antara saluran air buangan dan saluran air hujan dimana pada waktu musim hujan air buangan dan air hujan tercampur dalam saluran air buangan, sedangkan air hujan berfungsi sebagai pengenceran penggelontor. kedua saluran ini tidak bersatu tetapi dihubungkan dengan sistem perpipaaan *interceptor*.

2.3.3 Fungsi Drainase

Drainase memiliki banyak fungsi, diantaranya (Moduto, 1998):

1. Meringankan daerah becek dan genangan air.
2. Mengendalikan akumulasi limpasan air hujan yang berlebihan.
3. Mengendalikan erosi, kerusakan jalan, dan kerusakan infrastruktur.
4. Mengelola kualitas air.

2.4 Hidrologi

2.4.1 Pengertian Hidrologi

Pembahasan tentang ilmu hidrologi tidak dapat dilepaskan dari siklus hidrologi. Siklus hidrologi sendiri adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi.

Singh (1992), menyatakan bahwa hidrologi adalah ilmu yang membahas karakteristik menurut waktu dan ruang tentang kuantitas dan kualitas air bumi, termasuk di dalamnya kejadian, pergerakan, penyebaran, sirkulasi tampungan, eksplorasi, pengembangan dan manajemen.

Subarkah (1980), mengatakan bahwa Analisa hidrologi memiliki peranan yang penting dalam melakukan perencanaan bangunan air dalam bidang pengairan, baik untuk perencanaan irigasi maupun dalam perencanaan saluran drainase. Salah satu faktor yang mempunyai peranan itu adalah data-data hidrologi yang mampu mempengaruhi keadaan dilapangan. Dengan adanya data hidrologi tersebut, kita dapat mengetahui besarnya debit rencana sebagai dasar perencanaan bangunan air.

Dari beberapa pendapat di atas dapat dikemukakan bahwa hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang air, baik di atmosfer, di bumi, dan di dalam bumi, tentang perputarannya, kejadiannya, distribusinya serta pengaruhnya terhadap kehidupan yang ada di alam ini.

Berdasarkan konsep tersebut, hidrologi memiliki ruang lingkup atau cakupan yang luas. Secara substansial, cakupan bidang ilmu itu meliputi: asal mula dan proses terjadinya air pergerakan dan penyebaran air sifat-sifat air keterkaitan air dengan lingkungan dan kehidupan. Hidrologi merupakan suatu ilmu yang mengkaji tentang kehadiran dan gerakan air di alam. Studi hidrologi meliputi berbagai bentuk air serta menyangkut perubahan-perubahannya, antara lain dalam keadaan cair, padat, gas, dalam atmosfer, di atas dan di bawah permukaan tanah, distribusinya, penyebarannya, gerakannya dan lain sebagainya. Pembahasan tentang ilmu hidrologi tidak dapat dilepaskan dari siklus hidrologi. Siklus hidrologi sendiri adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi.

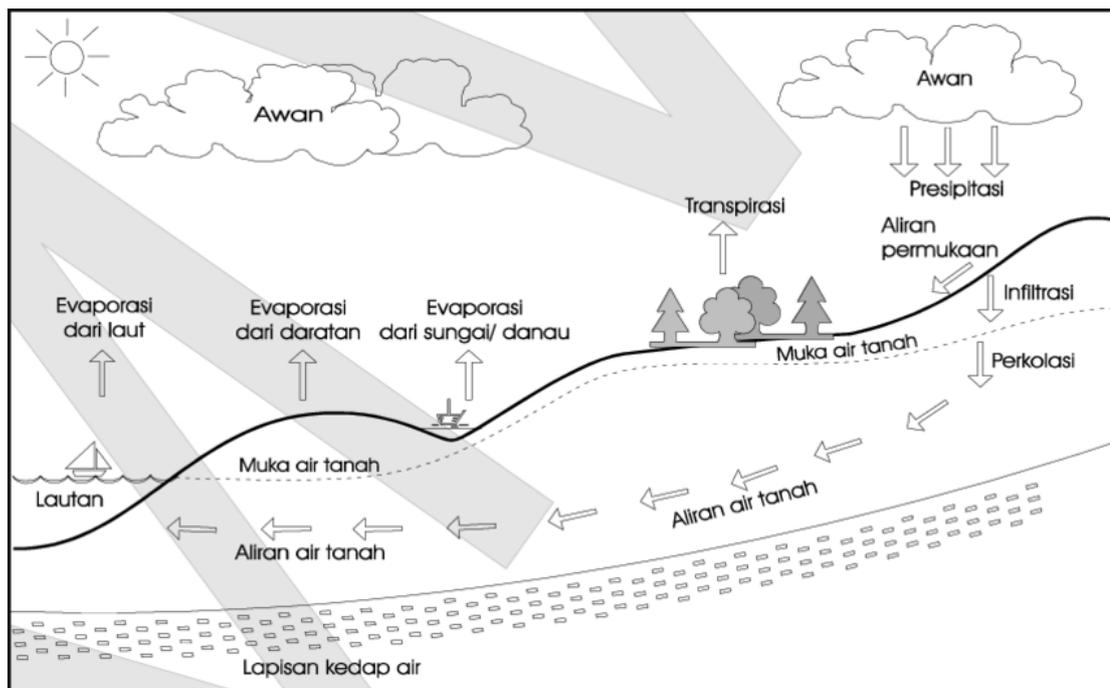
2.4.2 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah suatu rangkaian proses yang terjadi dengan air yang terdiri dari penguapan, presipitasi, infiltrasi dan pengaliran keluar (*out flow*). Penguapan terdiri dari evaporasi dan transpirasi. Uap yang dihasilkan mengalami kondensasi dan dipadatkan membentuk awan yang nantinya kembali menjadi air dan turun sebagai presipitasi. Sebelum tiba di permukaan bumi presipitasi tersebut sebagian langsung menguap ke udara, sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (*intersepsi*) dan sebagian mencapai permukaan tanah (Soewarno, 2000).

Air yang sampai ke permukaan tanah sebagian akan berinfiltrasi dan sebagian lagi mengisi cekungan-cekungan di permukaan tanah kemudian mengalir ke tempat yang lebih rendah (*runoff*), masuk ke sungai-sungai dan akhirnya ke laut. Dalam perjalanannya, sebagian air akan mengalami penguapan. Air yang masuk ke dalam tanah sebagian akan keluar lagi menuju sungai yang disebut dengan aliran antara (*interflow*), sebagian akan turun dan masuk ke dalam air tanah yang sedikit demi sedikit dan masuk ke dalam sungai sebagai aliran bawah tanah (*ground water flow*) (Soewarno, 2000).

Secara gravitasi (alami) air mengalir dari daerah yang tinggi ke daerah yang rendah, dari gunung-gunung, pegunungan ke lembah, lalu ke daerah lebih rendah, sampai ke daerah pantai dan akhirnya akan bermuara ke laut. Aliran air ini disebut aliran permukaan tanah karena bergerak di atas muka tanah. Aliran ini biasanya akan memasuki daerah tangkapan atau daerah aliran menuju ke sistem jaringan sungai, sistem danau ataupun waduk. Sebagian air hujan yang jatuh di permukaan bumi akan menjadi aliran permukaan (*surface run off*). Aliran permukaan sebagian akan meresap ke dalam tanah menjadi aliran bawah permukaan melalui proses infiltrasi (*infiltration*), dan perkolasi (*percolation*), selebihnya terkumpul di dalam jaringan alur sungai (*river flow*). Apabila kondisi tanah memungkinkan sebagian air infiltrasi akan mengalir kembali ke dalam sungai (*river*), atau genangan lainnya seperti waduk, danau sebagai *interflow*. Sebagian dari air dalam tanah dapat muncul lagi ke permukaan tanah sebagai air eksfiltrasi (*exfiltration*) dan dapat terkumpul lagi dalam alur sungai atau langsung menuju ke laut/lautan (Soewarno, 2000).

Gambar proses siklus hidrologi dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Siklus Hidrologi (Sumber : Soemarto,1987)

2.5 Hujan

2.5.1 Pengertian Hujan

Hujan adalah sebuah proses kondensasi uap air di atmosfer menjadi butir air yang cukup berat untuk jatuh dan biasanya tiba di permukaan. Hujan biasanya terjadi karena pendinginan suhu udara atau penambahan uap air ke udara. Hal tersebut tidak lepas dari kemungkinan akan terjadi bersamaan. Turunnya hujan biasanya tidak lepas dari pengaruh kelembaban udara yang memacu jumlah titik-titik air yang terdapat pada udara. Indonesia memiliki daerah yang dilalui garis khatulistiwa dan sebagian besar daerah di Indonesia merupakan daerah tropis, walaupun demikian beberapa daerah di Indonesia memiliki intensitas hujan yang cukup besar (Wibowo, 2008).

2.5.2 Jenis-Jenis Hujan

Berdasarkan proses terjadinya, hujan dibedakan menjadi beberapa tipe yaitu:

- Hujan siklonal, yaitu hujan yang terjadi karena udara panas yang naik disertai dengan angin berputar.
- Hujan zenithal, yaitu hujan yang sering terjadi di daerah sekitar ekuator, akibat pertemuan Angin Pasat Timur Laut dengan Angin Pasat Tenggara. Kemudian

angin tersebut naik dan membentuk gumpalan-gumpalan awan di sekitar ekuator yang berakibat awan menjadi jenuh dan turunlah hujan.

- c. Hujan orografis, yaitu hujan yang terjadi karena angin yang mengandung uap air yang bergerak horisontal. Angin tersebut naik menuju pegunungan, suhu udara menjadi dingin sehingga terjadi kondensasi. Terjadilah hujan di sekitar pegunungan. Hujan ini juga terbentuk dari naiknya udara secara paksa oleh penghalang lereng-lereng gunung.
- d. Hujan frontal, yaitu hujan yang terjadi apabila massa udara yang dingin bertemu dengan massa udara yang panas. Tempat pertemuan antara kedua massa itu disebut bidang front. Karena lebih berat massa udara dingin lebih berada di bawah. Di sekitar bidang front inilah sering terjadi hujan lebat yang disebut hujan frontal.
- e. Hujan konvektif adalah suatu jenis hujan yang dihasilkan dari naiknya udara yang hangat dan lembab karena mendapat radiasi yang kuat.
- f. Hujan muson atau hujan musiman, yaitu hujan yang terjadi karena Angin Musim (Angin Muson). Penyebab terjadinya Angin Muson adalah karena adanya pergerakan semu tahunan Matahari antara Garis Balik Utara dan Garis Balik Selatan. Di Indonesia, hujan muson terjadi bulan Oktober sampai April. Sementara di kawasan Asia Timur terjadi bulan Mei sampai Agustus. Siklus muson inilah yang menyebabkan adanya musim penghujan dan musim kemarau.
- g. Hujan siklonik adalah hujan yang dihasilkan oleh awan udara yang bergerak dalam skala besar akibat dari pembelokkan konvergensi angin secara secara vertical karena terdapatnya tekanan rendah. (Hasan, 1970).

Menurut Linsley (1996), jenis-jenis hujan berdasarkan ukuran butirnya terdiri dari:

- a. Hujan gerimis (*drizzle*), yang kadang-kadang disebut *mist* terdiri dari tetes-tetes air yang tipis, biasanya dengan diameter antara 0,1 dan 0,5 mm (0,004 dan 0,002 inci) dengan kecepatan jatuh yang demikian lambatnya sehingga kelihatannya seolah-olah melayang. Gerimis umumnya jatuh dari stratus yang rendah jarang melebihi 1 mm/jam (0,04 inci/jam).
- b. Hujan (*rain*) terdiri dari tetes-tetes air yang mempunyai diameter lebih besar dari 0,5 mm (0,02 inci). 000

2.6 Analisis Curah Hujan

2.6.1 Curah Hujan 3 Harian

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi milimeter (mm) di atas permukaan horizontal. Dalam penjelasan lain curah hujan juga dapat diartikan sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Indonesia merupakan negara yang memiliki angka curah hujan yang bervariasi dikarenakan daerahnya yang berada pada ketinggian yang berbeda-beda. Pada daerah terjal untuk modulus saluran pembuang digunakan curah hujan 3 harian. Curah hujan 3 (tiga) milimeter, artinya dalam luasan tiga meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi tiga millimeter tempat yang datar tertampung air setinggi tiga milimeter atau tertampung air setinggi 3 liter. (KP-03)

2.6.2 Curah Hujan Rata-Rata Area

Curah hujan rata-rata adalah tinggi air hujan yang jatuh pada suatu wilayah, dihitung setiap periode waktu (perbulan atau pertahun). Data hujan yang tercatat di setiap stasiun penakar hujan adalah tinggi hujan di sekitar stasiun tersebut. Ada tiga cara untuk menghitung hujan rata-rata daerah aliran yang biasa dilakukan (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

2.6.2.1 Metode Arithmetic Mean

Biasanya cara ini digunakan pada daerah datar dan banyak stasiun penakar hujannya dan dengan anggapan bahwa di daerah tersebut sifat curah hujannya adalah merata. Perhitungan dengan cara ini lebih obyektif daripada cara isohyet, dimana faktor subyektif masih turut menentukan (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

$$R = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (1)$$

Dimana :

R : Area Rainfall (mm)

n : Jumlah stasiun pengamat

*R*₁ , *R*₂ , ..., *R*_n : Point Rainfall stasiun ke-*i* (mm)

2.6.2.2 Metode Polygon Thiessen

Cara ini memasukkan faktor pengaruh daerah yang diwakili oleh stasiun penakar hujan yang disebut *weighting factor* atau disebut juga Koefisien Thiessen. Cara ini biasanya digunakan apabila titik-titik pengamatan di dalam daerah studi tidak tersebar secara merata. Metode Thiessen akan memberikan hasil yang lebih teliti daripada cara aljabar tetapi untuk penentuan titik pengamatannya dan pemilihan ketinggian akan mempengaruhi ketelitian yang akan didapat juga seandainya untuk penentuan kembali jaringan segitiga jika terdapat kekurangan pengamatan pada salah satu titik pengamatan (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

1. Semua stasiun yang di dalam (atau di luar) DAS dihubungkan dengan garis, sehingga terbentuk jaringan segitiga-segitiga. Hendaknya dihindari terbentuknya segitiga dengan sudut sangat tumpul.
2. Pada masing-masing segitiga ditarik garis sumbunya, dan semua garis sumbu tersebut membentuk poligon.
3. Luas daerah yang hujannya dianggap diwakili oleh salah satu stasiun yang bersangkutan adalah daerah yang dibatasi oleh garis-garis poligon tersebut (atau dengan batas DAS).
4. Luas relatif daerah ini dengan luas DAS merupakan faktor koreksinya.

$$R = W_1 R_1 + W_2 R_2 + \dots + W_n R_n \quad (2)$$

$$W_i = \frac{A_i}{A_n} \quad (3)$$

Dimana :

R = Curah hujan maksimum harian rata-rata (mm)

W_i = Faktor pembobot

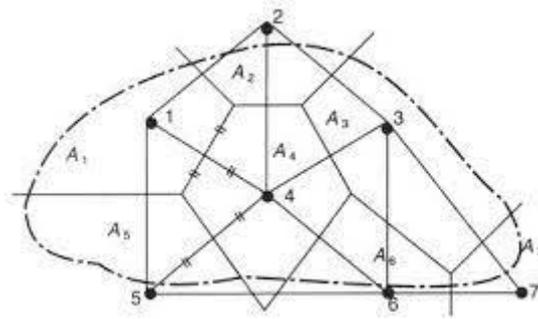
A_i = Luas daerah pengaruh stasiun I (km²)

A = Luas daerah aliran (km²)

R = Tinggi hujan pada stasiun (mm)

n = Jumlah titik pengamat

Berikut ini pada Gambar 2. merupakan metode poligon Thiessen



Gambar 2. Cara Polygon Thiessen (Sumber : Sosrodarsono dan Takeda,1987)

Cara di atas dipandang cukup baik karena memberikan koreksi terhadap kedalaman hujan sebagai fungsi luas daerah yang (dianggap) diwakili. Akan tetapi cara ini dipandang belum memuaskan karena pengaruh topografi tidak tampak. Demikian pula apabila salah satu stasiun tidak berfungsi, misalnya rusak atau data tidak benar, maka poligon harus diubah (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

2.6.2.3 Metode Isohyet

Cara lain yang diharapkan lebih baik (dengan mencoba memasukkan pengaruh topografi) adalah dengan cara isohyets. Isohyets ini adalah garis yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai kedalaman hujan sama pada saat yang bersamaan. Pada dasarnya cara hitungan sama dengan yang digunakan dalam cara poligon Thiessen, kecuali dalam penetapan besaran faktor koreksinya. Hujan R_i ditetapkan sebagai hujan rata-rata antara dua buah isohyets (atau dengan batas DAS) terhadap luas DAS. Kesulitan yang dijumpai adalah kesulitan dalam setiap kali harus menggambar garis isohyet, dan juga masuknya unsur subjektivitas dalam penggambaran isohyet (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

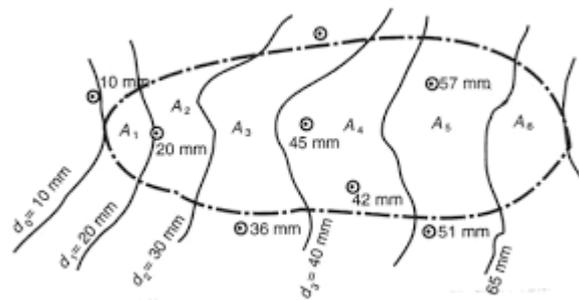
$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (4)$$

Dimana :

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas bagian-bagian antara garis-garis Isohyet (km^2)

R_1, R_2, \dots, R_n = Curah hujan rata-rata pada bagian A_1, A_2, \dots, A_n (mm)

Gambar 3. berikut ini adalah metode garis Isohyet



Gambar 3. Cara Garis Isohyet (Sumber : Sosrodarsono dan Takeda,1987)

2.6.3 Distribusi Frekuensi Curah Hujan

Sistem-sistem sumber daya air harus dirancang bagi hal-hal yang akan terjadi pada masa yang akan datang, yang tak dapat dipastikan kapan akan terjadi. Oleh karena itu, ahli hidrologi harus memberikan suatu pernyataan probabilitas bahwa aliran-aliran sungai akan menyamai atau melebihi suatu nilai yang telah ditentukan. Probabilitas adalah suatu basis matematis bagi peramalan, dimana rangkaian hasil lengkap yang didapat merupakan rasio hasil-hasil yang akan menghasilkan suatu kejadian tertentu terhadap jumlah total hasil yang mungkin.

Probabilitas-probabilitas tersebut penting artinya bagi evaluasi ekonomi dan sosial dari suatu perencanaan bangunan air. Perencanaan untuk mengendalikan banjir yang mempunyai probabilitas tertentu mengandung pengakuan bahwa kemampuan proyek sekali-sekali dapat dilampaui dan kerusakan harus dialami. Namun, biaya perbaikan kerusakan itu akan lebih murah setelah periode pengoperasian yang panjang jika dibandingkan dengan pembuatan bangunan yang khusus dimaksudkan sebagai perlindungan terhadap keadaan yang paling buruk. Tujuan perencanaan itu bukan untuk menghilangkan semua banjir tersebut, melainkan untuk mereduksi frekwensi banjirnya, yang berarti juga mengurangi kerusakan yang ditimbulkan. Curah hujan rancangan dihitung berdasarkan analisis Probabilitas

Frekuensi seperti yang yang mengacu pada SK SNI M-18-1989 tentang Metode Perhitungan debit banjir. Tujuan dari analisa distribusi frekuensi curah hujan adalah untuk memperkirakan besarnya variate-variate masa ulang tertentu. Banyak macam distribusi teoritis yang kesemuanya itu dapat dibagi dua, yaitu diskrit dan kontinu. Diskrit diantaranya adalah *Binominal dan Poisson*, sedangkan

kontinu adalah *Normal, Log Normal, Gamma, Beta, Pearson dan Gumbel*. Untuk menganalisis probabilitas banjir biasanya dipakai beberapa macam distribusi yaitu:

2.6.3.1 Distribusi Normal

Normal atau kurva normal disebut pula Distribusi Gauss. Untuk analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode Distribusi Normal, dengan persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$XT = X + k \cdot Sx \quad (5)$$

Dimana:

XT = Variabel yang diekstrapolasikan, yaitu besarnya curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun

$$X = \text{Harga rata-rata dari data} = \frac{\sum 1^n X_i}{n}$$

K = Variabel Reduksi

$$Sx = \text{Standar Deviasi} = \frac{\sqrt{\sum 1^n X_i^2 - \sum 1^n X_i}}{n-1}$$

Tabel 1. Nilai Variabel Reduksi Gauss

No	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	KT
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,01	0,99	-2,33
4	1,05	0,95	-1,64
5	1,11	0,9	-1,28
6	1,25	0,8	-0,84
7	1,33	0,75	-0,67
8	1,43	0,7	-0,52
9	1,67	0,6	-0,25
10	2	0,5	0
11	2,5	0,4	0,25
12	3,33	0,3	0,52
13	4	0,25	0,67
14	5	0,2	0,84
15	10	0,1	1,28
16	20	0,05	1,64
17	50	0,02	2,05
18	100	0,01	2,33
19	200	0,005	2,58
20	500	0,002	2,88
21	1000	0,001	3,09

(Sumber: Soemarto,1999)

2.6.3.2 Distribusi Log Normal

Untuk analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode Distribusi Log Normal, dengan persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$\log XT = \log X + k. Sx \log X \quad (6)$$

Dimana:

$\log XT$ = Variabel yang diekstrapolasikan, yaitu besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang T tahun.

$$\log X = \text{Harga rata-rata dari data} = \frac{\sum 1^n \text{Log}(Xi)}{n}$$

$$Sx \log X = \text{Standar Deviasi} = \frac{\sqrt{\sum 1^n (\text{Log} Xi^2 - \text{Log} \sum 1^n Xi)}}{n-1}$$

K = Variabel Reduksi

Tabel 2. Nilai K untuk Distribusi Log-Normal

No	Periode Ulang, T (tahun)	Peluang	KT
1	1,001	0,999	-3,05
2	1,005	0,995	-2,58
3	1,01	0,99	-2,33
4	1,05	0,95	-1,64
5	1,11	0,9	-1,28
6	1,25	0,8	-0,84
7	1,33	0,75	-0,67
8	1,43	0,7	-0,52
9	1,67	0,6	-0,25
10	2	0,5	0
11	2,5	0,4	0,25
12	3,33	0,3	0,52
13	4	0,25	0,67
14	5	0,2	0,84
15	10	0,1	1,28
16	20	0,05	1,64
17	50	0,02	2,05
18	100	0,01	2,33
19	200	0,005	2,58
20	500	0,002	2,88
21	1000	0,001	3,09

(Sumber: Soemarto, 1999)

2.6.3.3 Distribusi Gumbel

Menurut Gumbel (1941), persoalan tertua adalah berhubungan dengan nilai-nilai ekstrem datang dari persoalan banjir. Tujuan teori statistik nilai-nilai ekstrem adalah untuk menganalisis hasil pengamatan nilai-nilai ekstrem tersebut untuk memperkirakan nilai-nilai ekstrem berikutnya.

Untuk analisa frekuensi curah hujan menggunakan metode E.J. Gumbel, dengan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1999):

$$XT = X + K \cdot Sx \quad (7)$$

Dimana:

XT = Variabel yang diekstrapolasikan, yaitu besarnya curah hujan rencana untuk periode ulang T tahun

$$X = \text{Harga rata-rata dari data} = \frac{\sum 1^n X_i}{n}$$

$$Sx = \text{Standar Deviasi} = \frac{\sqrt{\sum 1^n X_i^2 - \sum 1^n X_i}}{n-1}$$

K = Variabel Reduksi

Untuk menghitung variabel reduksi E.J. Gumbel mengambil harga:

$$K = \frac{YT - Y_n}{S_n} \quad (8)$$

Dimana:

YT = Variabel Reduksi sebagai fungsi dari periode ulang T tahun

Y_n = Variabel Reduksi sebagai fungsi dari banyak data (N)

S_n = Standar Deviasi sebagai fungsi dari banyak data (N)

Tabel 3. Variabel Reduksi sebagai fungsi dari banyak data (Y_n)

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5230
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5402	0,5410	0,5418	0,5424	0,543
40	0,5436	0,5448	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5519
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,557	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5583
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,56	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

(Sumber: Soemarto, 1999)

Tabel 4. Reduksi Standard Deviasi (S_n) untuk Distribusi Gumbel

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	10,095	10,206	10,316	10,411	10,493	10,565
20	10,628	10,696	10,754	10,811	10,846	10,915	10,861	11,004	11,047	11,086
30	11,124	11,159	11,193	11,226	11,255	11,287	11,313	11,339	11,363	11,388
40	11,413	11,436	11,458	11,48	11,499	11,519	11,538	11,577	11,574	11,590
50	11,607	11,623	11,638	11,658	11,667	11,681	11,696	11,708	11,721	11,734
60	11,747	11,759	11,770	11,782	11,793	11,803	11,814	11,824	11,843	11,844
70	11,854	11,8540	11,873	11,881	11,890	11,898	11,906	11,915	11,923	11,930
80	11,938	11,945	11,953	11,959	11,967	11,973	11,987	11,987	11,994	12,001
90	12,007	12,013	12,020	12,026	12,032	12,038	12,044	12,049	12,055	12,060
100	12,065	1,207	1,207	1,208	1,208	1,208	1,209	1,209	1,2090	1,21

(Sumber: Soemarto,1999)

Tabel 5. Reduksi Variate (YTR) sebagai fungsi periode ulang Gumbel

Periode Ulang, T (tahun)	Yt
2	0,3065
5	1,4999
20	2,9702
50	3,9019
100	4,6001

(Sumber: Soemarto,1999)

2.6.3.4 Distribusi Log Person III

Parameter-parameter statistic yang diperlukan oleh distribusi Pearson Type III adalah:

1. Nilai tengah
2. Standard deviasi
3. Koefisiensi skewness

Untuk analisa frekuensi curah hujan dengan menggunakan metode Log Pearson III, dengan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1999):

$$X_{Tr} = X_r + (K_{Tr} \times S) \quad (9)$$

Dimana :

$\log X_T$ = Variabel yang diekstrapolasikan, yaitu besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang T tahun.

$$\log X = \text{Harga rata-rata dari data, } \log X = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n}$$

$$S_1 = \text{Standar Deviasi, } S_1 = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log X)^2}}{n-1}$$

$$\text{Dengan periode ulang } T \text{ } C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \text{Log } \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_i^3} \quad (10)$$

Dimana:

C_s = Koefisien Kemencengan

Tabel 6. Nilai K untuk Distribusi Log Pearson III

Kemencengan (C_s)	Periode Ulang (Tahun)							
	2	5	10	20	25	50	100	200
3	-0,360	0,420	1,180	1,912	2,278	3,152	4,051	4,970
2,5	-0,360	0,518	1,250	1,925	2,262	3,048	3,845	4,652
2,2	-0,330	0,574	1,284	1,921	2,240	2,970	3,705	4,444
2	-0,307	0,609	1,302	1,913	2,219	2,912	3,605	4,298
1,8	-0,282	0,643	1,318	1,901	2,193	2,848	3,499	4,147
1,6	-0,254	0,675	1,329	1,885	2,163	2,780	3,388	3,990
1,4	-0,225	0,705	1,337	1,864	2,128	2,706	3,271	3,828
1,2	-0,195	0,732	1,340	1,838	2,087	2,626	3,149	3,661
1,0	-0,164	0,758	1,340	1,809	2,043	2,542	3,022	3,489
0,9	-0,148	0,769	1,339	1,792	2,018	2,498	2,957	3,401
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,777	1,998	2,453	2,891	3,312
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,756	1,967	2,407	2,824	3,223
0,6	-0,099	0,800	1,328	1,735	1,939	2,359	2,755	3,132
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,714	1,910	2,311	2,686	3,041
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,692	1,880	2,261	2,615	2,949
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,669	1,849	2,211	2,544	2,856
0,2	-0,033	0,842	1,282	1,595	1,751	2,054	2,326	2,576
0,1	-0,017	0,836	1,270	1,597	1,761	2,000	2,252	2,482
0	0,000	0,842	1,282	1,595	1,751	2,054	2,326	2,576
-0,1	0,017	0,850	1,270	1,539	1,716	2,000	2,252	2,482
-0,2	0,033	0,852	1,258	1,525	1,680	1,945	2,178	2,388
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,510	1,643	1,890	2,104	2,294
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,481	1,606	1,834	2,029	2,210
-0,5	0,083	0,856	1,260	1,465	1,567	1,777	1,955	2,108

(Sumber: Soemarto,1999)

2.6.4 Uji Distribusi Frekuensi Curah Hujan

Untuk mengetahui apakah data tersebut benar sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih maka perlu dilakukan pengujian lebih lanjut. Untuk keperluan analisis uji kesesuaian dipakai dua metode statistik sebagai berikut:

2.6.4.1 Uji Chi Kuadrat

Uji Chi Kuadrat digunakan untuk menguji apakah distribusi pengamatan dapat disamai dengan baik oleh distribusi teoritis. Perhitungannya dengan menggunakan persamaan berikut (Soewarno, 1995):

$$X_{hit}^2 = \sum i^n = 1 \frac{(EF-OF)^2}{EF} \quad (11)$$

Dimana :

$k = 1 + 3,22 \log n$,

OF = nilai yang diamati

EF = nilai yang diharapkan.

Agar distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima, maka harga X^2 hitung < X^2_{Cr} . Harga X^2_{Cr} dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikan α dengan derajat kebebasan. Batas kritis X^2 tergantung pada derajat kebebasan dan α . Untuk kasus ini derajat kebebasan mempunyai nilai yang didapat dari perhitungan sebagai berikut (Soewarno, 1995):

$$DK = JK - (P + 1) \quad (12)$$

Dimana

DK = Derajat Kebebasan

JK = Jumlah Kelas

P = Faktor keterikatan (untuk pengujian Chi Kuadrat mempunyai keterikatan dengan nilai 2)

Tabel 7. Nilai kritis untuk uji keselarasan Chi Kuadrat

df	0,995	0,990	0,975	0,950	0,900	0,100	0,050	0,025	0,010	0,005
1	0,001	0,004	0,016	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	0,211	4,605	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	0,584	6,251	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	1,064	7,779	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	1,610	9,236	11,070	12,833	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	2,204	10,645	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	2,833	12,017	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	3,490	13,362	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	4,168	14,684	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	4,865	15,987	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	5,578	17,275	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	6,304	18,549	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	7,042	19,812	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	7,790	21,064	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	8,547	22,307	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	9,312	23,542	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	10,085	24,769	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	10,865	25,989	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	11,651	27,204	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	12,443	28,412	31,410	34,170	37,566	39,997

21	8,034	8,897	10,283	11,591	13,240	29,615	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	14,041	30,813	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	14,848	32,007	35,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	15,659	33,196	36,415	39,364	42,980	45,559
25	10,520	11,524	13,120	14,611	16,473	34,382	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,16	12,198	13,844	15,379	17,292	35,563	38,885	41,923	45,642	48,29
27	11,808	12,879	14,573	16,151	18,114	36,741	40,113	43,195	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	18,939	37,916	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	19,768	39,087	42,557	45,772	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	20,599	40,256	43,773	46,979	50,892	53,672
40	20,707	22,164	24,433	26,509	29,051	51,805	55,758	59,342	63,691	66,766
50	27,991	29,707	32,357	34,764	37,689	63,167	67,505	71,42	76,154	79,49
60	35,534	37,485	40,482	43,188	46,459	74,397	79,082	83,298	88,379	91,952
70	43,275	45,442	48,758	51,739	55,329	85,527	90,531	95,023	100,425	104,215
80	51,172	53,54	57,153	60,391	64,278	96,578	101,879	106,629	112,329	116,321
90	59,196	61,754	65,647	69,126	73,291	107,565	113,145	118,136	124,116	128,299
100	67,328	70,085	74,222	77,929	82,358	118,498	124,342	129,561	135,807	140,169

(Sumber: Soewarno,1995)

2.6.4.2 Uji Smirnov Kolmogorof

Tahap-tahap pengujian Smirnov Kolmogorof adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

- a. Plot data dengan peluang agihan empiris pada kertas probabilitas, dengan menggunakan persamaan Weibull:

$$P = \frac{m}{(n+1)} \times 100\% \quad (13)$$

Dimana:

m = Nomor urut dari nomor kecil ke besar

n = Banyaknya data

- b. Tarik garis dengan mengikuti persamaan:

$$\log XT = \log X + G. Sd \quad (14)$$

Dari grafik plotting diperoleh perbedaan-perbedaan maksimum antara distribusi teoritis dan empiris:

$$\Delta max = |Pe - Pt| \quad (15)$$

Dimana:

Δmax = Selisih maksimum antara peluang empiris dengan teoritis

Pe = Peluang empiris

Pt = Peluang Teoritis

- c. Taraf Signifikan diambil 5% dari jumlah data (n), didapat ΔCr . Dari Tabel 8. Uji Smirnov-Kolmogorof, bila Δ maks $< \Delta$, maka data dapat diterima.

Tabel 8. Nilai D Kritis untuk uji kesesuaian Smirnov-Kolmogorov

Jumlah Data n	Derajat Kepercayaan (α)			
	0,2	0,1	0,005	0,001
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n > 50	1,07/n	1,22/n	1,36/n	1,63/n

(Sumber: Soewarno,1995)

2.6.5 Intensitas Curah Hujan

Durasi adalah lamanya suatu kejadian hujan. Intensitas hujan yang tinggi pada umumnya berlangsung dengan durasi pendek dan meliputi daerah yang tidak begitu luas. Hujan yang meliputi daerah yang luas, jara sekali dengan intensitas yang tinggi tetapi dapat berlangsung dengan durasi yang cukup panjang. Kombinasi dari intensitas hujan yang tinggi dengan durasi yang panjang jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumahkan dari langit (Sudjawardi, 1987).

Besarnya intensitas curah hujan tidak sama di segala tempat. Hal ini dipengaruhi oleh topografi, durasi dan frekuensi di tempat atau lokasi yang bersangkutan. Intensitas hujan (mm/jam) dapat diturunkan dari data curah hujan harian (mm) empiris menggunakan Metode Mononobe, intensitas curah hujan (I) dalam rumus rasional dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$I = \frac{R24}{24} \left(\frac{24}{EF} \right)^{2/3} \quad (16)$$

Dimana :

R = curah hujan rancangan setempat (mm)

t = lamanya curah hujan (jam)

I = intensitas curah hujan (mm/jam) (Loebis,1992).

2.6.6 Debit Puncak Limpasan

Analisa hidrologi bertujuan untuk memperoleh debit puncak limpasan hujan (Q_p) yang akan dialirkan dalam saluran drainase. Untuk daerah pengaliran besar Q_p dapat dihitung dengan menggunakan Hidrograf Satuan. Hidrograf Satuan merupakan salah satu metode hidrologi yang paling umum digunakan untuk menaksir besarnya banjir di suatu aliran sungai yang diakibatkan oleh hujan di Daerah Aliran Sungai (DAS). Sedangkan pengertian dari Hidrograf sendiri adalah kurva hubungan antara parameter-parameter suatu aliran dan waktu. Hidrograf Satuan ini membutuhkan data hujan dan debit aliran dalam proses pembuatannya, namun jika tidak tersedianya data-data tersebut maka dapat digunakan secara sintesis yang dikenal sebagai Hidrograf Satuan Sintetis (HSS). Ada beberapa metode hidrograf salah satunya yaitu metode HSS Nakayasu. Penggunaan metode HSS Nakayasu memerlukan beberapa karakteristik parameter dari suatu DAS seperti debit puncak, luas DAS, hujan efektif, waktu dari permulaan menuju puncak, waktu konsentrasi, waktu satuan dari curah hujan dan panjang sungai utama. Dalam hidrograf satuan sintetis dengan pendekatan Nakayasu dapat ditentukan dengan persamaan dan rumus-rumus sebagai berikut :

$$Q_p = \frac{C.A.R_0}{3,6 (0,3T_p + T_{0,3})} \quad (17)$$

Dimana :

Q_p = debit puncak limpasan hujan (m^3 /detik)

R_0 = Hujan Satuan (mm)

T_p = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak

Untuk menentukan T_p dan $T_{0,3}$ digunakan pendekatan rumus sebagai berikut :

$$T_p = t_g + 0,8 t_r \quad (18)$$

$$T_{0,3} = a t_g \quad (19)$$

$$T_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \quad (20)$$

T_g adalah time lag yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam),

t_g dihitung dengan ketentuan sebagai berikut :

$$\text{Sungai dengan panjang alur } L > 15 \text{ km : } t_g = 0,4 + 0,058 L \quad (21)$$

$$\text{Sungai dengan panjang alur } L < 15 \text{ km : } t_g = 0,21 L^{0,7} \quad (22)$$

$$a = 0,47 (L.A)^{0,25} / T_g \quad (23)$$

Dimana :

a = Koefisien

L = Panjang sungai (km)

A = Luas DAS (km²)

$$Q_b = 0,4715 \times (A)^{0,644} \times (L/A)^{0,943} \quad (24)$$

Dimana :

Q_b = Debit Dasar (m³/detik)

L = Panjang sungai (km)

A = Luas DAS (Km²)

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu adalah:

a. Pada Kurva naik, $0 \leq t \leq T_p$

Maka :

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4} \quad (25)$$

b. Pada Kurva turun, $T_p \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$

Maka :

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \left(\frac{t - T_p}{T_{0,3}} \right) \quad (26)$$

c. Pada Kurva turun, $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$

Maka :

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \left(\frac{t - T_p + 0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}} \right) \quad (27)$$

d. Pada Kurva turun, $t > (T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3})$

Maka :

$$Q_t = Q_p \times 0,3 \left(\frac{t - T_p + 0,5T_{0,3}}{2T_{0,3}} \right) \quad (28)$$

Dimana Q_t = Debit pada saat t jam (m³/detik)

2.6.7 Modulus Saluran Pembuang

Pembuang permukaan untuk petak dinyatakan sebagai:

$$D(n) = R(n)T + n (I - ET - P) - \Delta S \quad (29)$$

Dimana :

n = jumlah hari berturut – turut

$D(n)$ = limpasan pembuang permukaan selama n hari, mm

$R(n)T$ = curah hujan dalam n hari berturut-turut dengan periode ulang

T tahun, mm

I = pemberian air irigasi, mm/hari

ET = evapotranspirasi, mm/hari

P = perkolasi, mm/hari

ΔS = tampungan tambahan, mm.

Modulus pembuang tersebut adalah :

$$D_m = \frac{D(3)T}{3 \times 8,64} \quad (30)$$

Dimana :

D_m = Modulus Pembuang, I/dt. Ha

$D(3) T$ = Limpasan pembuang permukaan 3 harian selama periode ulang tertentu.

1 mm/hari = 1/8,64 I/dt. Ha

Untuk debit pembuang rencana dari sawah dihitung sebagai berikut :

$$Q_a = 1,62 D_m A^{0,92} \quad (31)$$

Dimana :

Q_a = Debit pembuang rencana, I/dt

D_m = Modulus pembuang, I/dt. Ha

A = Luar daerah yang dibuang airnya, ha

Untuk debit buangan dihitung sebagai berikut :

$$Q_{\text{buang}} = Q_a \times 10\% \quad (32)$$

Untuk debit saluran dihitung sebagai berikut :

$$Q_{\text{sal}} = Q_a + Q_{\text{buang}} \quad (33)$$

2.6.8 Analisis Debit Saluran Pembuang

Perhitungan debit saluran pembuang pada saluran terbuka menggunakan rumus Manning, yang disesuaikan berdasarkan bentuk penampang salurannya.

1) Untuk penampang Persegi

Luas Penampang Basah (A)

$$A = B \times h \quad (34)$$

Dimana :

B = Lebar dasar saluran (m)

h = Tinggi saluran (m)

Keliling Basah Saluran (P)

$$P = B + 2h \quad (35)$$

Jari-jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} \quad (36)$$

Kecepatan Aliran (V)

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (37)$$

Dimana :

R = Jari-jari hidrolis

S = kemiringan Saluran

Debit Aliran (Q)

$$Q = A \times V \quad (38)$$

2) Untuk penampang Trapesium

Luas Penampang Basah (A)

$$A = (B + zh) \times h \quad (39)$$

Dimana :

B = Lebar dasar saluran (m)

h = Tinggi saluran (m)

z = Kemiringan tebing (V:H)

Keliling Basah Saluran (P)

$$P = B + 2h \sqrt{1 + z^2} \quad (40)$$

Jari-jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P} \quad (41)$$

Kecepatan Aliran (V)

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (42)$$

Dimana :

R = Jari-jari hidrolis

S = kemiringan Saluran

Debit Aliran (Q)

$$Q = A \times V \quad (43)$$

Untuk nilai koefisien kekasaran Manning dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Koefisien Kekasaran Manning

Saluran	Keterangan	n Manning
Tanah	Lurus, baru, seragam, landai, dan bersih	0,016-0,033
	Berkelok, landai, dan berumput	0,023-0,040
	Tidak terawat dan kotor	0,050-0,140
	Tanah berbatu, kasar, dan tidak teratur	0,035-0,045
Pasangan	Batu kosong	0,023-0,035
	Pasangan batu belah	0,017-0,030
Beton	Halus, sambungan baik dan rata	0,014-0,018
	Kurang halus dan sambungan kurang rata	0,018-0,030

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 1996)