

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS KAPASITAS KOLAM RETENSI KENCING DRAIN  
UNTUK MENANGGULANGI BANJIR  
(STUDI KASUS SUNGAI WULAN)**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan  
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



**Disusun Oleh:**

**Julla Diani  
NIM : 30202100001**

**Firza Inaaratud Duja  
NIM : 30202100091**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

**2025**

TUGAS AKHIR

ANALISIS KAPASITAS KOLAM RETENSI KENCING DRAIN  
UNTUK MENANGGULANGI BANJIR  
(STUDI KASUS SUNGAI WULAN)

Julia Diani  
NIM : 30202100001

Firza Inaaratud Dujia  
NIM : 30202100091



2025

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS KAPASITAS KOLAM RETENSI KENCING DRAIN  
UNTUK MENANGGULANGI BANJIR  
(STUDI KASUS SUNGAI WULAN)**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan  
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



**Disusun Oleh:**

**Julia Diani  
NIM : 30202100001**

**Firza Inaatud Duja  
NIM : 30202100091**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

**2025**

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISIS KAPASITAS KOLAM RETENSI KENCING DRAIN UNTUK MENANGGULANGI BANJIR (STUDI KASUS SUNGAI WULAN)

Oleh:



**Julia Diani**  
NIM : 30202100001



**Firza Inaaratud Duja**  
NIM : 30202100091

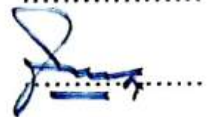
Telah disetujui dan disahkan di:

Semarang, Januari 2025

Tim Penguji

1. **Ari Sentani, ST., M.Sc**  
NIDN: 0613026601
2. **Ir. Moh. Faiqun Ni'am, MT., Ph.D.**  
NIDN: 0612106701

Tanda Tangan

  
.....  
  
.....

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Islam Sultan Agung



**Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.**  
NIDN: 0625059102

## **BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

No: 48 / A.2 / SA – T / I / 2025

Pada hari ini tanggal 13 Desember 2024 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing:

Nama : Ari Sentani, S.T., M.Sc.  
Jabatan Akademik : Lektor  
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

**Julia Diani**  
NIM : 30202100001

**Firza Inaaratud Duja**  
NIM : 30202100091

Judul : "ANALISIS KAPASITAS KOLAM RETENSI KENCING DRAIN  
UNTUK MENANGGULANGI BANJIR (STUDI KASUS SUNGAI WULAN)"

Dengan tahapan sebagai berikut :

| No | Tahapan                     | Tanggal    | Keterangan |
|----|-----------------------------|------------|------------|
| 1  | Penunjukan dosen pembimbing | 15/10/2024 |            |
| 2  | Seminar Proposal            | 13/12/2024 | ACC        |
| 3  | Pengumpulan data            | 14/12/2024 |            |
| 4  | Analisis data               | 21/12/2024 |            |
| 5  | Penyusunan laporan          | 21/12/2024 |            |
| 6  | Selesai laporan             | 22/01/2025 | ACC        |

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan.

Dosen Pembimbing Utama



Ari Sentani, ST., M.Sc.

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Firza Inaatud Duja

NIM : 30202100091

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul:

**“ANALISIS KAPASITAS KOLAM RETENSI KENCING DRAIN UNTUK  
MENANGGULANGI BANJIR (STUDI KASUS SUNGAI WULAN)”**

benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.



## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Julia Diani

NIM : 30202100001

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul:

**“ANALISIS KAPASITAS KOLAM RETENSI KENCING DRAIN UNTUK  
MENANGGULANGI BANJIR (STUDI KASUS SUNGAI WULAN)”**

benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Semarang, 22/01/2025

Yang membuat pernyataan,



METERAI  
TAMBAH  
BAEAMX128507627

Julia Diani

NIM: 30202100001



## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Firza Inaatud Duja  
NIM : 30202100091  
JUDUL SKRIPSI : ANALISIS KAPASITAS KOLAM RETENSI KENCING  
DRAIN UNTUK MENANGGULANGI BANJIR  
(STUDI KASUS SUNGAI WULAN)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan – bahan yang telah dipublikasi sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Univeristas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademi sesuai dengan peraturan yang berlaku di Univeristas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 22/01/2025

Yang membuat pernyataan,



Firza Inaatud Duja  
NIM: 30202100091

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Julia Diani  
NIM : 30202100001  
JUDUL SKRIPSI : ANALISIS KAPASITAS KOLAM RETENSI KENCING  
DRAIN UNTUK MENANGGULANGI BANJIR  
(STUDI KASUS SUNGAI WULAN)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan – bahan yang telah dipublikasi sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Univeristas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademi sesuai dengan peraturan yang berlaku di Univeristas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 22/01/2025  
Yang membuat pernyataan,



METERAI  
TEMPER  
LC7FDAMX125507632

Julia Diani  
NIM: 30202100001

## MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ  
بِاللَّهِ وَلَوْ أَمَّنْ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ مِنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْفَاسِقُونَ ﴿١١٠﴾

“Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia (selama) kamu menyuruh (berbuat) yang makruf, mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Seandainya Ahlulkitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman dan kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik.” (QS. Ali Imran: 110)

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٥﴾ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٦﴾

“Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan.” (QS. Insyirah: 5-6)

... وَأَفَوِّضُ أَمْرِي إِلَى اللَّهِ إِنَّ اللَّهَ بَصِيرٌ بِالْعِبَادِ

“Aku menyerahkan urusanku kepada Allah. Sesungguhnya Allah Maha Melihat hamba-hamba-Nya.” (QS. Ghafir: 44)

وَالْعَصْرِ

"Demi masa" (QS. Al-‘Ashr: 1)

"Selesai dulu, baru sempurnakan" – Raditya Dika

Jika ingin mewujudkan mimpi, langkah pertama adalah memulai." – J.M. Power.

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala Rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Ali Warijan dan Ibu Susi Ayuningsih, yang selalu memberikan segenap kasih sayang dengan penuh cinta, semangat, dukungan materil maupun moril, serta doa di setiap langkah yang saya lewati dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terima kasih selalu berjuang untuk saya. Tetap sehat dan bahagia untuk waktu yang lama, serta selalu ada di setiap perjalanan dan pencapaian saya.
2. Adik saya, Jihan Aliifah, yang selalu memberikan dukungan untuk saya dan mengirim foto kucing di rumah.
3. Bapak Ari Sentani, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Julia Diani, selaku rekan saya yang telah berjuang, bekerja keras bersama, dan telah sabar dalam menyusun Tugas Akhir ini.
5. Bapak Reza Falephy, S.T., M.T., yang telah membantu proses kelancaran pengerjaan Tugas Akhir ini, memberikan dukungan dan motivasi, serta menginspirasi saya untuk mempunyai cita-cita.
6. Teman-teman hutan, Annisa, Ninda, Rani, Osyi, Nilna, dan terutama Farida yang dengan sepenuh hati bersedia saya repotkan serta dukungan secara moril yang diberikan.
7. Teman kos saya, Fenny Eka Agustiya, yang selalu bersedia mendengarkan keluh kesah dan berbagi cerita dengan saya.
8. Teman-teman Angkatan 2021 dan seluruh keluarga besar Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
9. Terakhir, untuk diri sendiri yang telah mampu berjuang, tidak menyerah, dan sabar dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan semaksimal mungkin.

Firza Inaatud Duja  
NIM: 30202100091

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala Rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Sukadis dan Ibu Atikah, terima kasih atas segala doa yang tiada henti, kasih sayang yang tiada putus, pemberian semangat, motivasi, dan pengorbanan, serta mendukung semua keputusan yang penulis pilih.
2. Kedua kakak penulis yang senantiasa mendukung, mendoakan dan memberi motivasi serta memberi semangat.
3. Bapak Ari Sentani, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan tenaga, waktu, dan pikiran untuk membimbing serta memberikan masukan dan saran selama ini.
4. Bapak Ir. Moh Faiqun Niam, MT., Ph.D. selaku Dosen Penguji Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan tenaga, waktu, dan pikiran untuk membimbing serta memberikan masukan dan saran selama ini.
5. Firza Inaatud Duja selaku teman satu tim yang telah berjuang bersama dalam menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir dalam suka dan duka.
6. Teman-teman Teknik Sipil 21, yang telah memberi dukungan.
7. Semua pihak yang telah memberikan dukungan kepada penulis, baik secara moral maupun material dalam pelaksanaan penyusunan laporan ini.

Julia Diani  
NIM: 30202100001

## KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala Rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan Judul “ANALISIS KAPASITAS KOLAM RETENSI KENCING DRAIN UNTUK MENANGGULANGI BANJIR (STUDI KASUS SUNGAI WULAN)” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Sultan Agung Semarang.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik;
3. Bapak Ari Sentani, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan, ilmu, serta bimbingan selama penyusunan Laporan Tugas Akhir ini;
4. Bapak Ir. Moh. Faiqun Ni'am, M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan terkait hasil Tugas Akhir kami;
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis;
6. Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juana yang telah memberikan data-data yang sangat membantu dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini;
7. Dinas PUSDATARU Jawa Tengah yang telah memberikan data-data yang sangat membantu dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini;
8. BPSDA Seluna yang telah memberikan data-data yang sangat membantu dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini;
9. Kakak tingkat yang telah memberikan referensi dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini;

10. Teman-teman Angkatan 2021 Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyesuaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun penyusunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis tetapi juga bagi para pembaca.

Semarang, Januari 2025

Penulis

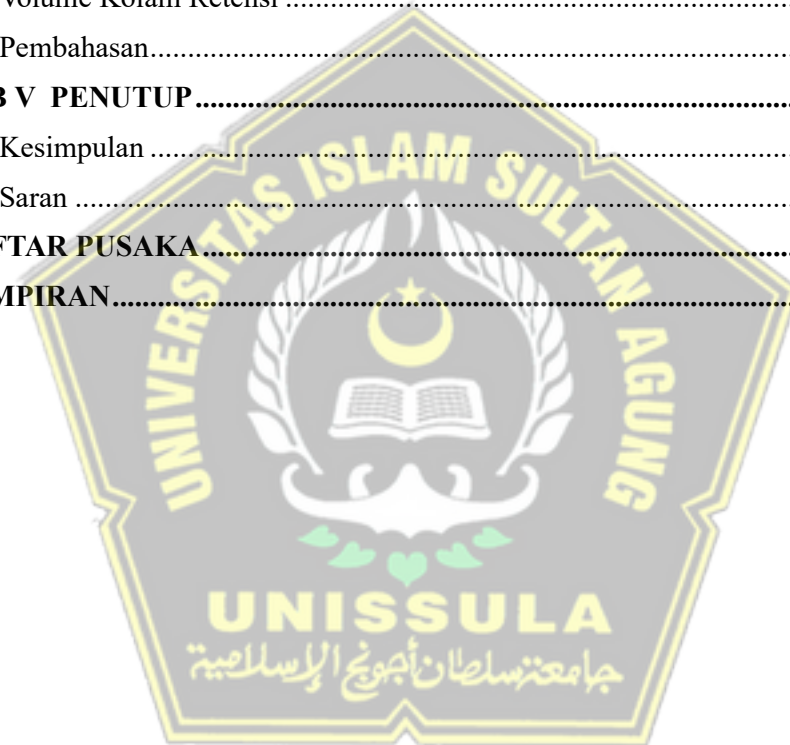


## DAFTAR ISI

|                                                |              |
|------------------------------------------------|--------------|
| <b>TUGAS AKHIR.....</b>                        | <b>i</b>     |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>                 | <b>ii</b>    |
| <b>BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....</b> | <b>iii</b>   |
| <b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....</b>         | <b>iv</b>    |
| <b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....</b>         | <b>v</b>     |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>                | <b>vi</b>    |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>                | <b>vii</b>   |
| <b>MOTTO .....</b>                             | <b>viii</b>  |
| <b>PERSEMBAHAN.....</b>                        | <b>ix</b>    |
| <b>PERSEMBAHAN.....</b>                        | <b>x</b>     |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                     | <b>xi</b>    |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                         | <b>xiii</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                      | <b>xvi</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                      | <b>xviii</b> |
| <b>ABSTRAK .....</b>                           | <b>xix</b>   |
| <b>ABSTRACT.....</b>                           | <b>xx</b>    |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                  | <b>1</b>     |
| 1.1 Latar Belakang .....                       | 1            |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                      | 2            |
| 1.3 Batasan Masalah .....                      | 2            |
| 1.4 Tujuan .....                               | 3            |
| 1.5 Manfaat .....                              | 3            |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                | 3            |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>            | <b>6</b>     |
| 2.1 Kolam Retensi.....                         | 6            |
| 2.2 Curah Hujan .....                          | 8            |
| 2.3 Daerah Aliran Sungai (DAS) .....           | 9            |
| 2.4 Sungai .....                               | 11           |
| 2.5 Limpasan.....                              | 13           |
| 2.6 Debit Banjir Rencana .....                 | 14           |
| 2.7 Analisa Hidrologi.....                     | 14           |

|                                         |                                                             |           |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.7.1                                   | Perhitungan Curah Hujan Wilayah.....                        | 15        |
| 2.7.2                                   | Menentukan Luas Daerah Aliran Sungai (DAS).....             | 17        |
| 2.7.3                                   | Pengukuran Pola Sebaran (Uji Dispersi) .....                | 17        |
| 2.7.4                                   | Curah Hujan Rencana dengan Kala Ulang Tertentu .....        | 19        |
| 2.7.5                                   | Uji Kecocokan Distribusi.....                               | 25        |
| 2.8                                     | Hidrograf Satuan .....                                      | 27        |
| 2.8.1                                   | Hidrograf Satuan Terukur.....                               | 27        |
| 2.8.2                                   | Hidrograf Satuan Sintetis .....                             | 28        |
| 2.9                                     | Kala Ulang Banjir Rencana.....                              | 31        |
| 2.10                                    | Waktu Konsentrasi .....                                     | 31        |
| 2.11                                    | Intensitas Curah Hujan.....                                 | 32        |
| 2.12                                    | Analisis Kapasitas Penampang Sungai .....                   | 32        |
| 2.13                                    | Volume Kolam Retensi .....                                  | 34        |
| 2.14                                    | Penelitian Terdahulu.....                                   | 35        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>  |                                                             | <b>37</b> |
| 3.1                                     | Pendahuluan.....                                            | 37        |
| 3.2                                     | Lokasi Penelitian.....                                      | 37        |
| 3.3                                     | Kondisi Daerah Aliran Sungai .....                          | 38        |
| 3.4                                     | Diagram Alur Penelitian .....                               | 39        |
| 3.5                                     | Tahap Penelitian.....                                       | 40        |
| 3.6                                     | Pengumpulan Data .....                                      | 40        |
| 3.7                                     | Analisis Data .....                                         | 41        |
| 3.7.1                                   | Analisis Hidrologi.....                                     | 41        |
| 3.7.2                                   | Analisis Hidrolika .....                                    | 42        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b> |                                                             | <b>43</b> |
| 4.1                                     | Analisis Hidrologi.....                                     | 43        |
| 4.1.1                                   | Analisis Data Curah Hujan.....                              | 43        |
| 4.1.2                                   | Analisis Persebaran Wilayah Pengaruh Curah Hujan .....      | 46        |
| 4.1.3                                   | Analisis Curah Hujan Harian Rata-Rata Maksimum Wilayah..... | 48        |
| 4.2                                     | Analisis Perhitungan Distribusi Curah Hujan Rancangan ..... | 49        |
| 4.2.1                                   | Metode Distribusi <i>Gumbel</i> .....                       | 49        |
| 4.2.2                                   | Metode Distribusi Normal.....                               | 51        |
| 4.2.3                                   | Metode Distribusi Log Normal .....                          | 54        |
| 4.2.4                                   | Metode Distribusi <i>Log Pearson Type III</i> .....         | 57        |

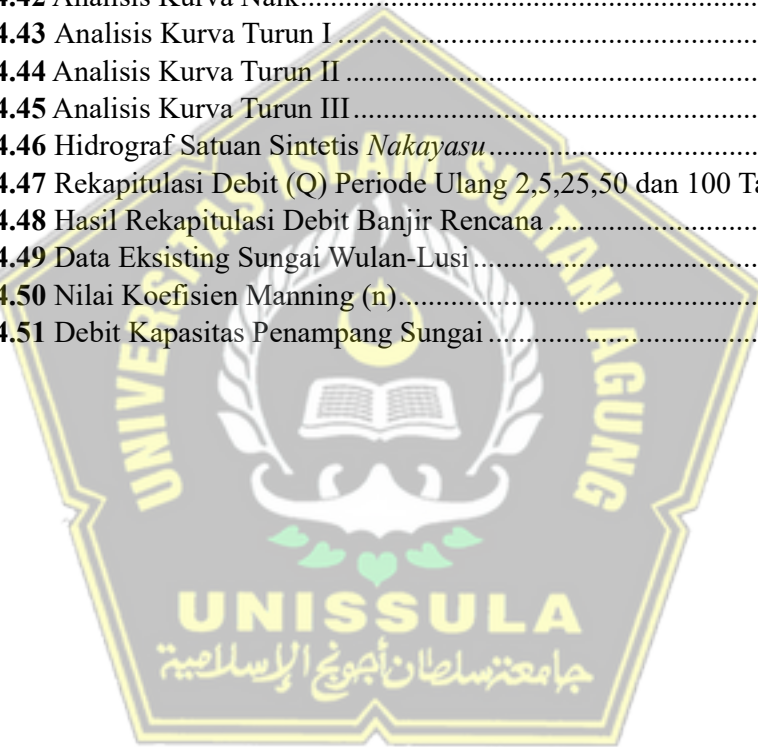
|                           |                                                              |            |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.5                     | Kesimpulan .....                                             | 61         |
| 4.3                       | Uji Kesesuaian Distribusi .....                              | 62         |
| 4.3.1                     | Uji <i>Chi Square</i> .....                                  | 62         |
| 4.3.2                     | Uji <i>Smirnov Kolmogorov</i> (Normalitas Sebaran Data)..... | 68         |
| 4.3.3                     | Kesimpulan Analisis Frekuensi.....                           | 74         |
| 4.4                       | Analisis Perhitungan Hidrograf Distribusi Curah Hujan .....  | 75         |
| 4.4.1                     | Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman .....                 | 75         |
| 4.4.2                     | Analisis Perhitungan Hidrograf Distribusi Curah Hujan .....  | 82         |
| 4.5                       | Kapasitas Penampang Sungai .....                             | 93         |
| 4.6                       | Volume Kolam Retensi .....                                   | 95         |
| 4.7                       | Pembahasan.....                                              | 96         |
| <b>BAB V PENUTUP.....</b> |                                                              | <b>97</b>  |
| 5.1                       | Kesimpulan .....                                             | 97         |
| 5.2                       | Saran .....                                                  | 97         |
| <b>DAFTAR PUSAKA.....</b> |                                                              | <b>98</b>  |
| <b>LAMPIRAN.....</b>      |                                                              | <b>101</b> |



## DAFTAR TABEL

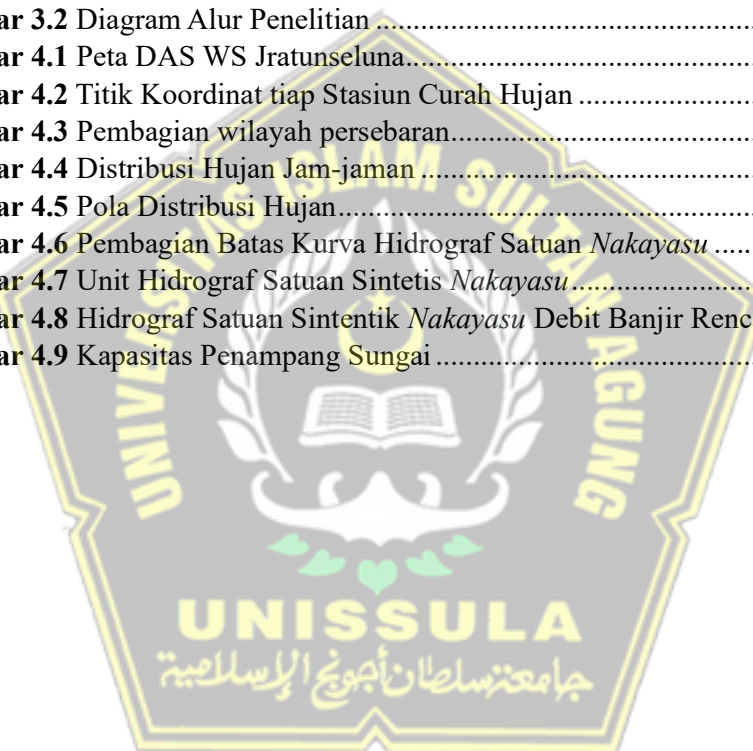
|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 2.1</b> Koefisien Limpasan .....                                                                                                       | 14 |
| <b>Tabel 2.2</b> Syarat Pedoman Pemilihan Jenis Distribusi .....                                                                                | 19 |
| <b>Tabel 2.3</b> Nilai Variabel Reduksi <i>Gauss</i> .....                                                                                      | 20 |
| <b>Tabel 2.4</b> Standar Variabel Kt untuk Metode Distribusi Log Normal .....                                                                   | 21 |
| <b>Tabel 2.5</b> Nilai K Metode Distribusi <i>Log Pearson Type III</i> .....                                                                    | 22 |
| <b>Tabel 2.6</b> <i>Reduced Mean</i> ( $Y_n$ ) dan <i>Reduced Standard Deviasi</i> ( $S_n$ ) untuk Metode Distribusi <i>Gumbel Type I</i> ..... | 23 |
| <b>Tabel 2.7</b> <i>Reduced Variable</i> ( $Y_t$ ) untuk Metode Distribusi <i>Gumbel Type I</i> .....                                           | 24 |
| <b>Tabel 2.8</b> Derajat Kebebasan <i>Chi Square</i> .....                                                                                      | 25 |
| <b>Tabel 2.9</b> Nilai $D_0$ Uji <i>Smirnov Kolmogorov</i> .....                                                                                | 27 |
| <b>Tabel 2.10</b> Nilai Koefisien Manning ( $n$ ) .....                                                                                         | 33 |
| <b>Tabel 2.11</b> Penelitian Terdahulu .....                                                                                                    | 35 |
| <b>Tabel 4.1</b> Data Stasiun Curah Hujan DAS Serang .....                                                                                      | 43 |
| <b>Tabel 4.2</b> Curah Hujan Maksimum Stasiun Wilalung .....                                                                                    | 44 |
| <b>Tabel 4.3</b> Curah Hujan Maksimum Stasiun Wonosegoro .....                                                                                  | 44 |
| <b>Tabel 4.4</b> Curah Hujan Maksimum Stasiun Kunthi .....                                                                                      | 44 |
| <b>Tabel 4.5</b> Curah Hujan Tahunan Stasiun Wilalung .....                                                                                     | 45 |
| <b>Tabel 4.6</b> Curah Hujan maksimum Tahunan Stasiun Wonosegoro .....                                                                          | 45 |
| <b>Tabel 4.7</b> Curah Hujan Maksimum tahunan Stasiun Kunthi .....                                                                              | 46 |
| <b>Tabel 4.8</b> Letak Stasiun Hujan DAS Serang .....                                                                                           | 47 |
| <b>Tabel 4.9</b> Luas Area Pengaruh Stasiun Curah Hujan .....                                                                                   | 48 |
| <b>Tabel 4.10</b> Analisis Curah Hujan Harian Maksimum Rata-Rata Wilayah .....                                                                  | 49 |
| <b>Tabel 4.11</b> Analisis Distribusi dengan Metode <i>Gumbel</i> .....                                                                         | 51 |
| <b>Tabel 4.12</b> Variabel Reduksi <i>Gauss</i> ( $kt$ ) .....                                                                                  | 53 |
| <b>Tabel 4.13</b> Analisis Distribusi Curah Hujan Metode Normal .....                                                                           | 54 |
| <b>Tabel 4.14</b> Curah Hujan Rencana Metode Normal .....                                                                                       | 54 |
| <b>Tabel 4.15</b> Analisis Distribusi Metode Log Normal .....                                                                                   | 56 |
| <b>Tabel 4.16</b> Curah Hujan Rencana Log Normal .....                                                                                          | 57 |
| <b>Tabel 4.17</b> Curah Hujan Rencana <i>Log Pearson Type III</i> .....                                                                         | 59 |
| <b>Tabel 4.18</b> Periode Ulang Rencana .....                                                                                                   | 60 |
| <b>Tabel 4.19</b> Curah Hujan Rencana Metode <i>Log Pearson Type III</i> .....                                                                  | 61 |
| <b>Tabel 4.20</b> Analisis Distribusi Metode <i>Log Pearson Type III</i> .....                                                                  | 61 |
| <b>Tabel 4.21</b> Hasil Analisis Metode Distribusi Hujan Rancangan .....                                                                        | 61 |
| <b>Tabel 4.22</b> Distribusi Hujan Rancangan ( $X_t$ ) .....                                                                                    | 62 |
| <b>Tabel 4.23</b> Derajat Kepercayaan .....                                                                                                     | 63 |
| <b>Tabel 4.24</b> Variabel Reduksi <i>Gauss</i> .....                                                                                           | 64 |
| <b>Tabel 4.25</b> Uji <i>Chi Square</i> Metode Distribusi Normal .....                                                                          | 65 |
| <b>Tabel 4.26</b> Rekapitulasi Nilai Faktor Frekuensi .....                                                                                     | 67 |
| <b>Tabel 4.27</b> Uji <i>Chi Square</i> Distribusi <i>Log Pearson Type III</i> .....                                                            | 67 |
| <b>Tabel 4.28</b> Nilai Delta Kritis .....                                                                                                      | 68 |
| <b>Tabel 4.29</b> Pengurutan Curah Hujan Maksimum .....                                                                                         | 69 |

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 4.30</b> Uji <i>Smirnov Kolmogorov</i> Metode Distribusi Normal.....                      | 70 |
| <b>Tabel 4.31</b> Perhitungan Interpolasi Nilai Kt terhadap Cs.....                                | 72 |
| <b>Tabel 4.32</b> Interpolasi Nilai T.....                                                         | 72 |
| <b>Tabel 4.33</b> Uji <i>Smirnov Kolmogorov</i> Metode Distribusi <i>Log Person Type III</i> ..... | 74 |
| <b>Tabel 4.34</b> Kesimpulan Analisis Uji Kesesuaian <i>Chi Square</i> .....                       | 74 |
| <b>Tabel 4.35</b> Kesimpulan Analisis Uji Kesesuaian <i>Smirnov Kolmogorov</i> .....               | 74 |
| <b>Tabel 4.36</b> Analisis Rata-rata dan Curah Hujan Jam-jaman.....                                | 77 |
| <b>Tabel 4.37</b> Koefisien Pengaliran.....                                                        | 79 |
| <b>Tabel 4.38</b> Analisis Penggunaan Lahan DAS Serang.....                                        | 79 |
| <b>Tabel 4.39</b> Koefisien Pengaliran DAS Serang.....                                             | 80 |
| <b>Tabel 4.40</b> Curah Hujan Efektif Metode <i>Log Pearson Type III</i> .....                     | 81 |
| <b>Tabel 4.41</b> Distribusi Hujan Tiap Jam .....                                                  | 81 |
| <b>Tabel 4.42</b> Analisis Kurva Naik.....                                                         | 85 |
| <b>Tabel 4.43</b> Analisis Kurva Turun I .....                                                     | 86 |
| <b>Tabel 4.44</b> Analisis Kurva Turun II .....                                                    | 87 |
| <b>Tabel 4.45</b> Analisis Kurva Turun III.....                                                    | 89 |
| <b>Tabel 4.46</b> Hidrograf Satuan Sintetis <i>Nakayasu</i> .....                                  | 89 |
| <b>Tabel 4.47</b> Rekapitulasi Debit (Q) Periode Ulang 2,5,25,50 dan 100 Tahun .....               | 91 |
| <b>Tabel 4.48</b> Hasil Rekapitulasi Debit Banjir Rencana .....                                    | 92 |
| <b>Tabel 4.49</b> Data Eksisting Sungai Wulan-Lusi.....                                            | 93 |
| <b>Tabel 4.50</b> Nilai Koefisien Manning (n).....                                                 | 94 |
| <b>Tabel 4.51</b> Debit Kapasitas Penampang Sungai .....                                           | 94 |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 2.1</b> Kolam Retensi Di Samping Badan Sungai/Saluran Drainase .....         | 6  |
| <b>Gambar 2.2</b> Kolam Retensi Dalam Badan Sungai/Saluran .....                       | 7  |
| <b>Gambar 2.3</b> Pengaruh Bentuk DPS terhadap Bentuk Hidrograf Alirannya .....        | 10 |
| <b>Gambar 2.4</b> Contoh Perhitungan Metode Aritmatika Rata-Rata .....                 | 15 |
| <b>Gambar 2.5</b> Contoh Perhitungan Metode Poligon <i>Thiessen</i> .....              | 16 |
| <b>Gambar 2.6</b> Contoh Perhitungan Metode Garis <i>Isohyet</i> .....                 | 17 |
| <b>Gambar 2.7</b> Metode Pemisahan Aliran Dasar .....                                  | 27 |
| <b>Gambar 2.8</b> Bentuk Umum HSS <i>Snyder</i> .....                                  | 29 |
| <b>Gambar 3.1</b> Lokasi Penelitian .....                                              | 38 |
| <b>Gambar 3.2</b> Diagram Alur Penelitian .....                                        | 39 |
| <b>Gambar 4.1</b> Peta DAS WS Jratunseluna .....                                       | 47 |
| <b>Gambar 4.2</b> Titik Koordinat tiap Stasiun Curah Hujan .....                       | 47 |
| <b>Gambar 4.3</b> Pembagian wilayah persebaran .....                                   | 48 |
| <b>Gambar 4.4</b> Distribusi Hujan Jam-jaman .....                                     | 77 |
| <b>Gambar 4.5</b> Pola Distribusi Hujan .....                                          | 78 |
| <b>Gambar 4.6</b> Pembagian Batas Kurva Hidrograf Satuan <i>Nakayasu</i> .....         | 83 |
| <b>Gambar 4.7</b> Unit Hidrograf Satuan Sintetis <i>Nakayasu</i> .....                 | 90 |
| <b>Gambar 4.8</b> Hidrograf Satuan Sintetik <i>Nakayasu</i> Debit Banjir Rencana ..... | 92 |
| <b>Gambar 4.9</b> Kapasitas Penampang Sungai .....                                     | 95 |



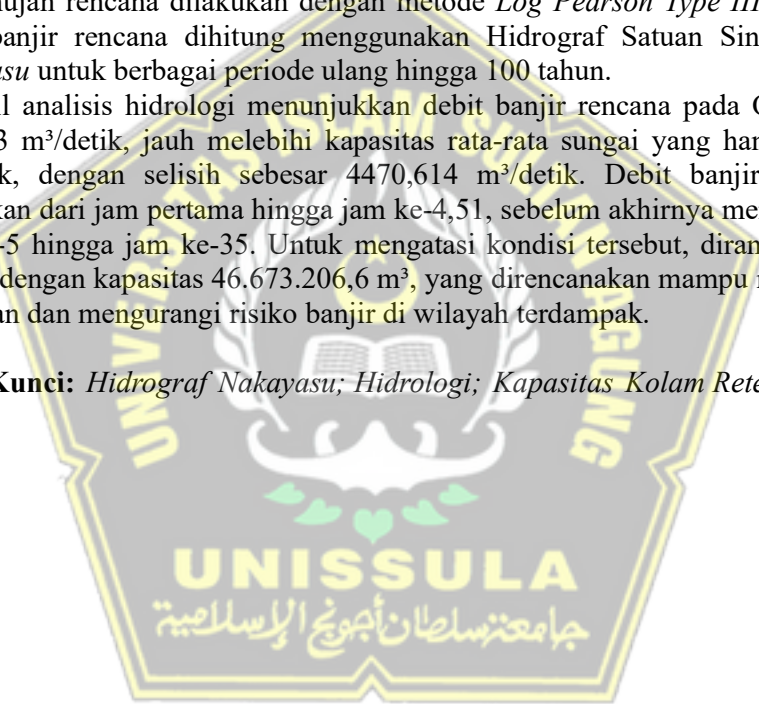
## ABSTRAK

Banjir di Kecamatan Jati, Kabupaten Kudus terjadi karena penampang sungai tidak mampu menampung debit air, terutama akibat berkurangnya tampungan Sungai Wulan dan jebolnya tanggul karena curah hujan tinggi. Luapan air menyebabkan genangan di pemukiman dan jalan utama. Pengendalian banjir dilakukan dengan normalisasi sungai, perkuatan tanggul, dan pembangunan kolam retensi untuk menampung debit puncak sementara. Penelitian ini menganalisis kapasitas kolam retensi di Kencing Drain dengan debit rencana dari Sungai Wulan untuk mengurangi risiko banjir secara efektif.

Analisis hidrologi dilakukan menggunakan data curah hujan harian maksimum dari tiga stasiun (Wilalung, Wonosegoro, dan Kunthi) di DAS Serang. Pembagian wilayah persebaran curah hujan menggunakan *Polygon Thiessen* dan penentuan curah hujan rencana dilakukan dengan metode *Log Pearson Type III*, sedangkan debit banjir rencana dihitung menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) *Nakayasu* untuk berbagai periode ulang hingga 100 tahun.

Hasil analisis hidrologi menunjukkan debit banjir rencana pada  $Q_{100}$  sebesar 4934,13 m<sup>3</sup>/detik, jauh melebihi kapasitas rata-rata sungai yang hanya 463,518 m<sup>3</sup>/detik, dengan selisih sebesar 4470,614 m<sup>3</sup>/detik. Debit banjir meningkat signifikan dari jam pertama hingga jam ke-4,51, sebelum akhirnya menurun mulai jam ke-5 hingga jam ke-35. Untuk mengatasi kondisi tersebut, dirancang kolam retensi dengan kapasitas 46.673.206,6 m<sup>3</sup>, yang direncanakan mampu menampung limpasan dan mengurangi risiko banjir di wilayah terdampak.

**Kata Kunci:** *Hidrograf Nakayasu; Hidrologi; Kapasitas Kolam Retensi; Sungai Wulan*



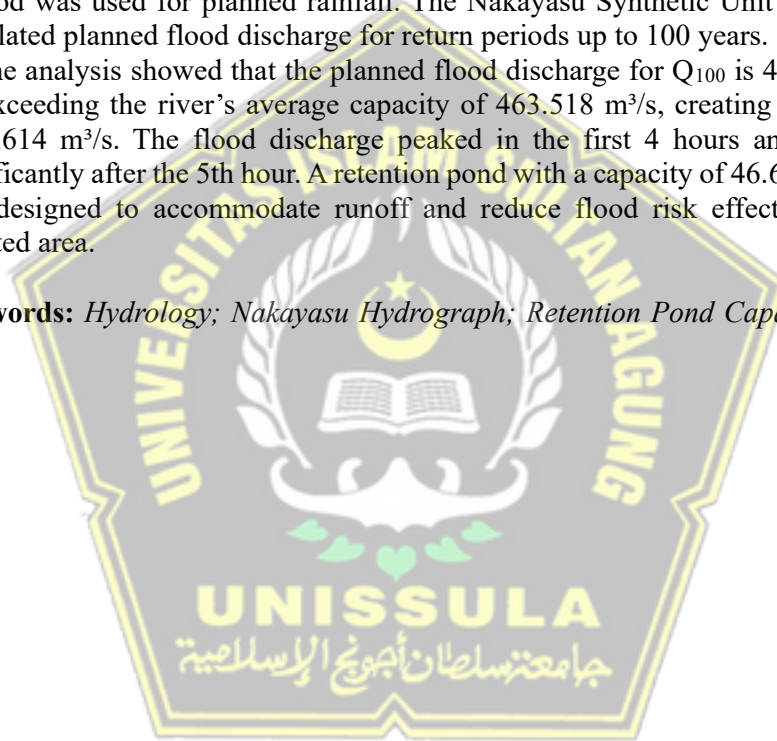
## ABSTRACT

Flooding in Jati District, Kudus City is caused by the river cross-section's inability to accommodate water discharge, primarily due to reduced storage capacity of the Wulan River and embankment failures caused by high rainfall. Overflowing water inundates settlements and main roads. Flood control measures include river normalization, embankment reinforcement, and retention ponds to handle temporary peak discharges. This study evaluates the capacity of retention ponds in Kencing Drain to mitigate flood risks with the planned discharge from Wulan River.

The hydrological analysis used maximum daily rainfall data from three stations (Wilalung, Wonosegoro, and Kunthi) within the Serang watershed. Thiessen polygons determined rainfall distribution areas, and the Log Pearson Type III method was used for planned rainfall. The Nakayasu Synthetic Unit Hydrograph calculated planned flood discharge for return periods up to 100 years.

The analysis showed that the planned flood discharge for  $Q_{100}$  is 4934,13 m<sup>3</sup>/s, far exceeding the river's average capacity of 463.518 m<sup>3</sup>/s, creating a surplus of 4470,614 m<sup>3</sup>/s. The flood discharge peaked in the first 4 hours and decreased significantly after the 5th hour. A retention pond with a capacity of 46.673.206,6 m<sup>3</sup> was designed to accommodate runoff and reduce flood risk effectively in the affected area.

**Keywords:** *Hydrology; Nakayasu Hydrograph; Retention Pond Capacity; Wulan River*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sungai merupakan aliran air alami dan/atau buatan yang mengalir secara gravitasi dari hulu (sumber) menuju ke hilir (muara). Aliran air ini secara alami mengikis area di sekitarnya, sehingga membentuk permukaan yang lebar dan memanjang berupa alur jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya. Sebuah sungai terdiri dari beberapa anak sungai yang bergabung menjadi satu membentuk sungai utama. Sungai merupakan bagian dari siklus hidrologi yang memiliki peran penting bagi kehidupan manusia untuk dimanfaatkan dalam berbagai kebutuhan seperti sumber air dan sebagainya. Namun, sungai juga dapat mengalami kerusakan yang berdampak buruk, seperti kerusakan DAS yang kemudian menyebabkan debit air sungai fluktuatif dan terjadi banjir. Untuk itu, perlu dilakukan manajemen sungai dan mitigasi yang efektif sebagai upaya pengendalian serta pengurangan dampak negative terhadap lingkungan dan masyarakat.

Banjir terjadi akibat curah hujan yang sangat tinggi yang tidak diimbangi dengan sistem drainase yang memadai, menyebabkan wilayah tertentu tergenang. Selain itu, banjir juga dapat disebabkan oleh rusaknya sistem aliran air, yang mengakibatkan daerah rendah menerima limpasan air dari tempat lain. Suatu penampang sungai memiliki kapasitas maksimum dalam mengalirkan debit air. Jika debit banjir lebih besar dari kapasitas pengaliran suatu penampang sungai maka sungai akan meluap. Curah hujan yang tinggi, sedimentasi, dan jebolnya tanggul menyebabkan air sungai meluap deras ke daratan. Hal tersebut yang kemudian menjadi pemicu terjadinya puncak banjir yang tinggi dalam waktu yang sangat singkat.

Banjir yang melanda Kecamatan Jati, Kota Kudus disebabkan oleh jebolnya tanggul Sungai Wulan, sehingga debit air yang meluap tidak dapat ditampung oleh sungai tersebut. Akibatnya, air mengalir melalui area pemukiman dan jalanan utama yang menjadi pusat perkonomian kota. Kemudian adanya penyempitan dibagian hilir yang belum dilakukan normalisasi menyebabkan aliran yang ada di daerah hulu berbalik arah menuju ke Sungai Wulan.

Kolam retensi berfungsi sebagai penampungan sementara untuk air hujan dan merupakan salah satu solusi pengendalian banjir di Sungai Wulan. Prinsip dasar kolam retensi adalah menampung air pada saat debit puncak sungai terjadi, kemudian melepaskannya secara bertahap setelah debit sungai kembali normal. Dengan cara ini, kolam retensi dapat mengurangi tinggi puncak banjir, sehingga mengurangi potensi terjadinya *over topping* yang dapat menyebabkan kegagalan tanggul dan luapan sungai. Disamping itu, juga dilakukan normalisasi tanggul Wulan dan normalisasi drainase yang difungsikan sebagai long storage, aliran dari long storage inilah yang kemudian diarahkan dan kemudian terkumpul pada kolam retensi. Saat elevasi sungai Wulan sudah berkurang, air yang ada pada kolam retensi akan dialirkan menuju sungai Wulan dengan bantuan pompa.

Dalam Laporan Tugas Akhir ini akan dilakukan analisis kapasitas kolam retensi pada Kencing Drain dengan debit rencana pada Sungai Wulan. Penggunaan data hidrologi pada analisis kapasitas kolam retensi ini diharapkan dapat menghasilkan debit rencana yang sesuai dengan kondisi actual, sehingga kolam retensi dapat dioptimalkan untuk mengendalikan limpasan air secara efektif dan mengurangi resiko banjir di wilayah sekitar Kencing Drain dan Sungai Wulan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Laporan tugas akhir ini mengkaji beberapa permasalahan utama, antara lain:

1. Bagaimana analisis hidrologi dilakukan dalam menentukan debit banjir rencana pada Sungai Wulan?
2. Bagaimana kapasitas kolam retensi pada Kencing Drain dalam upaya pengendalian debit banjir Sungai Wulan?

## **1.3 Batasan Masalah**

Pembahasan dalam laporan Tugas Akhir ini berfokus pada aspek teknis kolam retensi Sungai Wulan, Kecamatan Jati, Kabupaten Kudus. Kajian analisis pada laporan ini mencakup analisis debit banjir maksimum yang terjadi, dimensi kolam retensi, serta kapasitasnya. Batasan masalah dalam laporan Tugas Akhir ini ditetapkan sebagai berikut:

1. Analisis hidrologi dilakukan berdasarkan data curah hujan terbaru dari tiga stasiun curah hujan di DAS Serang.
2. Analisis tidak mencakup perhitungan sedimnetasi
3. Kajian teknis dalam laporan ini tidak mencakup perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan dari analisis kolam retensi pada Kencing Drain dalam laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis hidrologi guna menentukan debit banjir rencana Sungai Wulan.
2. Mengetahui kapasitas kolam retensi sebagai upaya penanggulangan banjir Sungai Wulan.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang diharapkan dari penulisan laporan Tugas Akhir ini antara lain:

1. Menjadi referensi dalam menganalisis kapasitas kolam retensi yang sesuai dengan persyaratan dan kriteria teknis.
2. Mendukung penerapan konsep perhitungan debit banjir untuk wilayah lain dengan karakteristik serupa.
3. Mengembangkan pemahaman teoritis yang telah diperoleh selama perkuliahan serta menambah wawasan mengenai konsep dan penerapan kolam retensi.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Struktur penulisan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Kapasitas Kolam Retensi Kencing Drain untuk Menanggulangi Banjir (Studi Kasus Sungai Wulan)” sebagai berikut:

##### **Bagian Awal**

Laporan Tugas Akhir ini diawali dengan beberapa komponen, yaitu halaman judul, halaman pengesahan, berita acara bimbingan tugas akhir, pernyataan bebas plagiasi, pernyataan keaslian, motto, persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, arti simbol dan singkatan, daftar lampiran, serta abstraksi.

## **Bagian Inti**

Komponen utama dalam laporan Tugas Akhir berisi lima bab utama, di mana masing-masing bab dilengkapi dengan sub-bab yang menyajikan penjabaran lebih mendalam secara sistematis. Secara keseluruhan, bagian inti laporan mencakup:

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini menyajikan penjabaran yang komprehensif mengenai latar belakang permasalahan, perumusan serta batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat yang diharapkan, dan sistematika penyusunan laporan.

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menyajikan uraian mendalam tentang landasan teori, disertai dengan daftar pustaka yang relevan. Tinjauan pustaka menguraikan secara terperinci teori-teori yang mendasari tujuan penulisan laporan Tugas Akhir ini, termasuk penjelasan dan deskripsi mengenai kolam retensi, pengertian sungai, uraian mengenai siklus hidrologi, penjabaran Daerah Aliran Sungai (DAS), penjelasan morfologi sungai, analisis perhitungan curah hujan, dan *base flow* serta metode perhitungan banjir rencana.

### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan mengenai metode, prosedur, dan teknik yang digunakan untuk memperoleh data. Selain itu, bab ini juga menguraikan metode yang akan ditetapkan pada data yang diperoleh untuk mencapai hasil dan pembahasan yang diinginkan, serta menjelaskan lokasi dan metode terkait dengan penulisan laporan tugas akhir ini agar sesuai dengan kaidah teknik yang berlaku.

### **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menyajikan hasil analisis teknis terkait kapasitas kolam retensi. Hasil penelitian diperoleh melalui analisis data yang diterapkan dengan menggunakan metode perhitungan yang terstruktur dalam proses pengolahan data, sebagaimana dijelaskan secara rinci pada Bab Metode Penelitian. Beberapa analisis yang

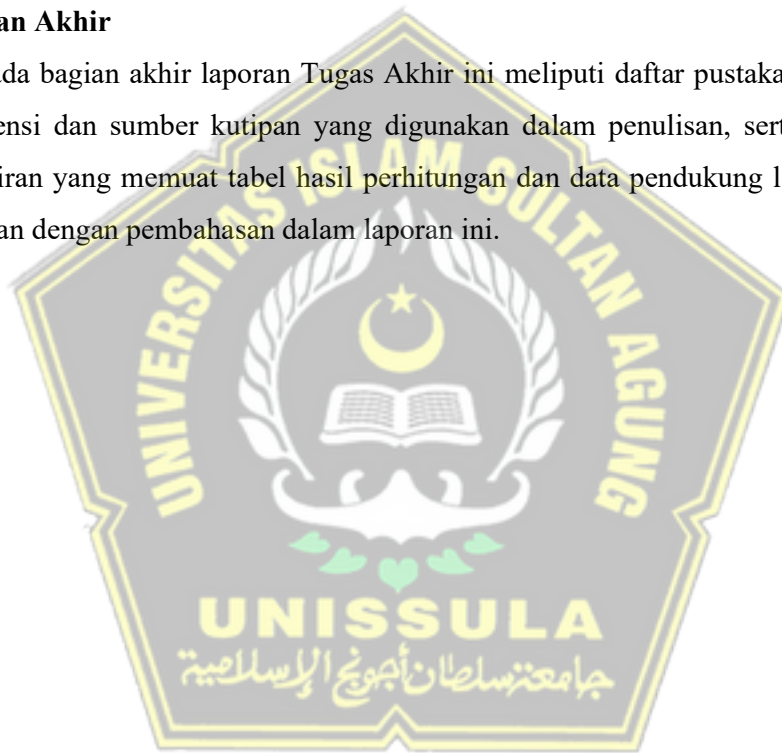
dibahas dalam bab ini mencakup analisis hidrologi pada wilayah DAS Serang, analisis curah hujan, perhitungan debit banjir rancangan kala, analisis kapasitas Sungai Wulan, dan analisis kapasitas kolam retensi sebagai upaya pengendalian banjir.

## **BAB V : PENUTUP**

Bab penutup menyajikan kesimpulan umum berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, serta memberikan rekomendasi yang berkaitan dengan permasalahan dan kendala yang dihadapi selama proses penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

### **Bagian Akhir**

Pada bagian akhir laporan Tugas Akhir ini meliputi daftar pustaka yang berisi referensi dan sumber kutipan yang digunakan dalam penulisan, serta lampiran-lampiran yang memuat tabel hasil perhitungan dan data pendukung lainnya yang relevan dengan pembahasan dalam laporan ini.



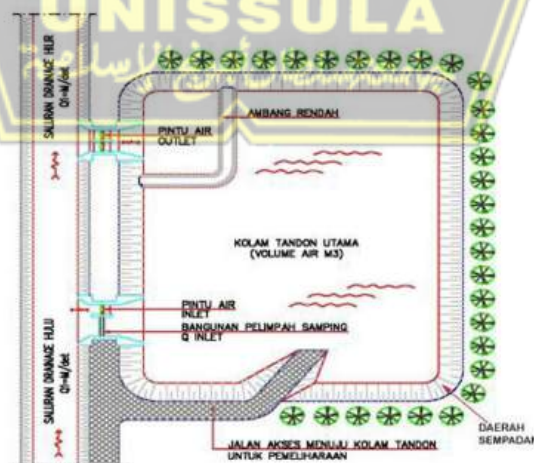
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

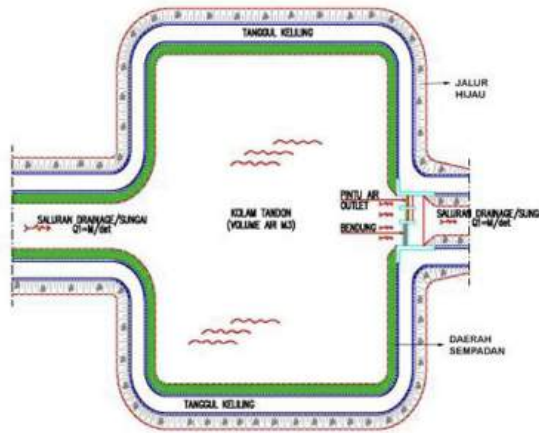
#### 2.1 Kolam Retensi

Kolam retensi adalah prasarana drainase yang berfungsi menampung serta meresapkan air hujan pada suatu wilayah (Kementerian Pekerjaan Umum, 2014). Kolam retensi memiliki fungsi yaitu sebagai suatu solusi untuk mengatasi banjir di daerah perkotaan dengan memotong debit puncak banjir. Kolam retensi juga sebagai cekungan buatan yang dibuat untuk penahan basah yang terletak di dekat Sungai atau anak sungai untuk melindungi dari banjir dengan menyimpan air dalam jangka waktu tertentu.

Dalam Permen PU Nomor 12/PRT/M/2014 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan, karakteristik kolam retensi terbagi menjadi dua yaitu kolam retensi yang dibuat di dalam badan sungai dan di samping badan sungai. Kolam retensi disamping badan sungai dibuat jika lahan yang tersedia cukup luas sehingga tidak mengganggu aliran alur sungai dan dilengkapi dengan tanggul antara kolam dan badan sungai sebagai batasan pemisahannya, sedangkan kolam retensi di dalam badan sungai terbatas dalam lahan dibuat di dalam badan sungai itu sendiri dengan ambang di badan sungai yang kemudian dilengkapi dengan konstruksi bangunan pelimpah.



**Gambar 2.1** Kolam Retensi Di Samping Badan Sungai/Saluran Drainase



**Gambar 2.2** Kolam Retensi Dalam Badan Sungai/Saluran

(Sumber: Permen PU No 12 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan)

Kedua karakteristik tersebut memiliki faktor yang mengaruhi yaitu lahan atau luas daerah. Luas dan kedalaman kolam retensi bergantung pada luas lahan dalam penggunaan tata guna lahan. Kolam retensi di desain dan dibentuk sesuai dengan kapasitas perencanaan dalam menampung air sehingga dapat memotong debit puncak banjir pada saat keadaan *over flow*. Selain sebagai pengendalian banjir kolam retensi juga air yang tertampung dalam kolam retensi dalam waktu tertentu akan mengalami endapan atau sedimen sehingga kolam retensi juga dapat sebagai upaya konservasi serta penjernihan atau pelestarian air. Kolam retensi memungkinkan menampung air dalam jumlah yang besar dengan kapasitasnya sehingga limpasan dapat diminimalkan dengan mengontrol parameter debit puncak dengan waktu tertentu.

Kolam retensi mengelola kuantitas air dengan perencanaan efektivitas tertentu untuk pengendalian banjir, perlindungan terhadap kualitas air, dan sebagai resapan air. Kolam retensi dilengkapi dengan berbagai jenis rumput atau tanaman dengan tujuan memberikan ruang hijau pada tepian sungai. Perencanaan kolam retensi dirancang dengan analisa hidrologi dan analisa hidrolika. Dalam penentuan terhadap dimensi penampang kolam retensi terhadap tampungan atau kapasitas dari kolam retensi dalam menampung debit air. Analisa hidrologi dengan penentuan curah hujan, debit banjir rencana, kemudian analisa hidrolika dengan penentuan

penampang kolam retensi. Kolam retensi biasanya didukung dengan bangunan pelengkap dalam menjalankan fungsinya. Dalam Permen PUPR No.5 Tahun 2022, komponen bangunan pelengkap pada kolam retensi, seperti:

- a. Badan saluran/sungai;
- b. Bangunan pelimpah samping dan pintu *inlet*;
- c. Pintu *outlet*;
- d. Ambang rendah di depan pintu *outlet*;
- e. Saringan sampah pada pintu *inlet*;
- f. Kolam penangkap sedimen;
- g. Jalan akses menuju kolam retensi; dan
- h. Rumah jaga dan gudang.

## 2.2 Curah Hujan

Hujan adalah salah satu bentuk presipitasi yang jatuh secara vertikal ke permukaan bumi dan diukur menggunakan alat penakar hujan. Tetesan hujan terbentuk melalui proses kondensasi uap air yang ada di atmosfer (Seyhan, 1990).

Pada wilayah beriklim tropis, hujan umumnya berbentuk tetesan air. Namun, pada kondisi cuaca ekstrem, hujan dapat berupa butiran es kecil. Sementara itu, di daerah subtropis dan kutub, hujan dapat hadir dalam bentuk air, es, atau salju. Curah hujan mengacu pada volume air yang jatuh di suatu wilayah tertentu. Pengukuran curah hujan dapat dilakukan berdasarkan periode waktu tertentu, seperti harian, bulanan, atau tahunan (Sitamala, 1989).

Curah hujan (mm) adalah ketinggian air hujan yang jatuh di atas permukaan datar dengan anggapan bahwa air tidak menguap, meresap, atau mengalir. Curah hujan sebesar 1 mm berarti volume air hujan yang setinggi 1 mm yang jatuh dan tertampung di area seluas 1 m<sup>2</sup>, dengan asumsi bahwa tidak ada air yang menguap, meresap, atau mengalir (Mulyono, 2014).

Curah hujan adalah bentuk presipitasi yang diukur untuk dianalisis sebagai data. Pengambilan data hujan dapat dilakukan dengan berbagai alat dan metode, salah satunya menggunakan penakar hujan otomatis (ARR). Alat ini mengukur hujan secara terus-menerus untuk mengetahui besarnya intensitas hujan serta durasi hujan yang terjadi di suatu wilayah.

Durasi hujan merujuk pada waktu yang dihitung sejak hujan mulai turun hingga berhenti, yang biasanya dinyatakan dalam satuan jam. Intensitas hujan rata-rata adalah perbandingan antara kedalaman hujan dan durasi hujan. Sebagai contoh, jika hujan berlangsung selama 5 jam dengan kedalaman 50 mm, maka intensitas hujan rata-rata adalah 10 mm/jam. Sebaliknya, jika hujan terjadi selama 5 menit dengan kedalaman 6 mm, intensitas hujan tersebut akan mencapai 72 mm/jam. Untuk daerah dengan tangkapan air yang kecil, durasi hujan yang sangat singkat, seperti 5 menit atau 10 menit, perlu diperhitungkan. Sedangkan untuk daerah tangkapan yang lebih besar, durasi hujan yang lebih lama, seperti 1 hari atau 2 hari, lebih sering digunakan (Triatmodjo, 2013).

### **2.3 Daerah Aliran Sungai (DAS)**

Wilayah tangkapan air hujan yang akan mengalir ke sungai yang bersangkutan disebut Daerah Aliran Sungai (DAS). Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah sebuah wilayah daratan yang membentuk kesatuan dengan sungai beserta anak-anak sungainya. DAS berfungsi untuk menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau laut secara alami. Batas DAS di darat ditentukan oleh pemisah topografis, sementara batas di laut mencakup wilayah perairan yang masih terpengaruh oleh aktivitas daratan (PP No. 37 Tahun 2012).

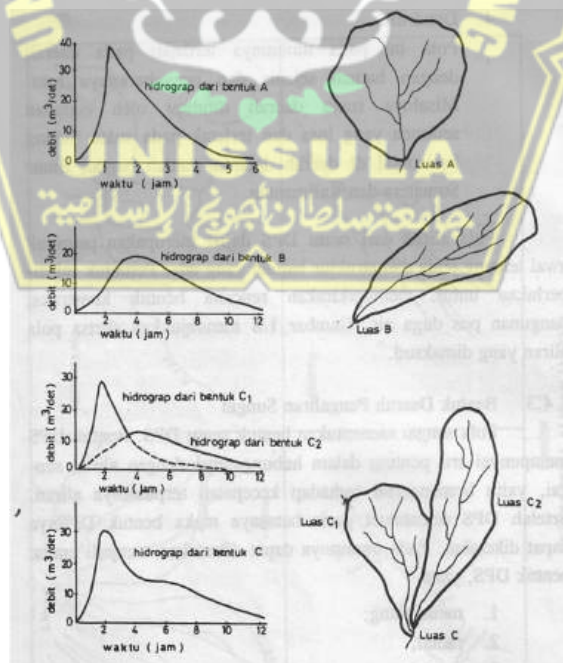
Menurut Dinas Lingkungan Hidup (n.d.), Daerah Aliran Sungai (DAS) dalam skala kecil dinamakan *catchment area* yaitu daerah tangkapan air yang menangkap air hujan kemudian mengalirkannya ke sungai sungai dan anak sungai. DAS terbagi menjadi beberapa sub DAS yang menerima air hujan kemudian mengalirkannya ke sungai. Sub DAS terbentuk secara alami oleh suatu aliran atau resapan air hujan dalam suatu wilayah DAS.

Titik-titik tertinggi yang membatasi dimana air hujan jatuh dan kemudian terkumpul dalam satu kesatuan Daerah Aliran Sungai. Aliran air pada DAS mengalir secara alami melalui siklus hidrologi dari jatuhnya dan tersimpannya air hujan dalam suatu DAS sampai mengalir di sungai yang kemudian mengalir ke laut dan kemudian menguap ke udara. Siklus tersebut berjalan terus menerus dan berputar. Air hujan mencapai permukaan tanah kemudian akan terserap yang

kemudian sisianya mengalir kedalam suatu cekungan ke elevasi yang lebih rendah kemudian masuk ke sungai. DAS terbagi menjadi beberapa bagian yaitu:

- Bagian hulu, bagian dari DAS dengan topografi bergelombang atau berbukit sebagai sumber air utama yang mengalir ke sungai. Aliran dari sumber utama ke sungai menghasilkan endapan atau erosi yang terangkut ke daerah hilir.
- Bagian Tengah dengan topografi relatif landai umumnya terdapat kelokan sungai yang berpotongan karena proses evolusi.
- Bagian Hilir DAS dengan topografi landai sebagai pengelolaan dan pemanfaatan air dalam kuantitas dan kualitas air, elevasi muka air, dan teknik pengelolaan sungai.

Menurut Negoro dan Pramawan (2008), Bentuk DAS mempengaruhi aliran permukaan terhadap waktu konsentrasi. Bentuk DAS yang sempit dan memanjang menghasilkan laju aliran permukaan yang lebih kecil dibandingkan DAS yang melebar. DAS yang mempunyai bentuk lebar akan menunjukan aliran puncak yang lebih besar dari pada debit aliran puncak pada DAS dengan bentuk memanjang. Pada DAS dengan bentuk memanjang kuantitas aliran penuh yang disebabkan oleh curah hujan dengan waktu yang lama sehingga bentuk hidrograf lebih landau dengan waktu terjadinya debit puncak lebih besar.



**Gambar 2.3** Pengaruh Bentuk DPS terhadap Bentuk Hidrograf Alirannya

## 2.4 Sungai

Sungai adalah alur atau wadah air, baik yang terbentuk secara alami maupun buatan, yang berfungsi sebagai jaringan pengaliran air beserta air yang mengalir di dalamnya. Sungai membentang dari hulu hingga muara, dengan batas kanan dan kiri yang ditentukan oleh garis sempadan (Permen PU No. 21 Tahun 2020 Tentang Pengalihan Alur Sungai). Sungai merupakan suatu cekungan di permukaan bumi yang terbentuk secara alami oleh aliran yang melewatinya. Air sungai bersal dari air hujan dan air permukaan. Sungai berawal dari suatu anak sungai yang beraus deras, kemudian beberapa sungai kecil bergabung menjadi sungai dengan aliran yang lebih besar. Sungai terbentuk melalui aliran yang terus menerus, mengalir secara gravitasi dari suatu daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah.

Sungai memiliki berbagai karakteristik, seperti bentuk, ukuran, dan volume. Sungai terbagi menjadi tiga bagian utama, yaitu bagian hulu, tengah, dan hilir, yang masing-masing memiliki ciri khas tersendiri. Bagian hulu ditandai oleh arus yang deras dan topografi curam, sering menjadi wilayah pengumpulan air hujan. Bagian tengah adalah perpanjangan dari daerah hulu, dengan aliran yang mulai berkelok-kelok akibat proses erosi lateral, serta menjadi area awal terjadinya sedimentasi. Sementara itu, bagian hilir memiliki aliran yang lebih tenang dan terus bermuara membentuk delta, di mana material yang terbawa air cenderung mengendap.

Aliran sungai yang bermuara akan melambat, sehingga material yang terbawa air bercampur dan mengendap di dasar atau tepi sungai. Morfologi sungai berhubungan erat dengan pola aliran, kontinuitas aliran, serta gradien atau kemiringan aliran yang memengaruhi proses erosi, transportasi, dan sedimentasi. Faktor-faktor ini menciptakan variasi bentuk sungai, mulai dari pola dendritik hingga annular. Pemahaman mengenai karakteristik dan morfologi sungai sangat penting dalam pengelolaan sumber daya air serta upaya mitigasi terhadap ancaman bencana seperti banjir dan sedimentasi.

Menurut Syarifuddin (2000), klasifikasi sungai dibedakan berdasarkan jumlah airnya, aliran air (genetiknya), dan pola alirannya.

Klasifikasi berdasarkan jumlah airnya:

- a. Sungai Permanen, sungai dengan debit air yang tetap sepanjang tahun.

- b. Sungai Periodik, sungai dengan frekuensi debit bergantung ada musim tertentu. Debit air yang banyak ketika musim penghujan, namun disaat musim kemarau sungai tersebut kering.
- c. Sungai Epsodik, atau disebut sungai intermitten. Sungai ini memiliki debit air yang banyak Ketika musim penghujan, namun disaat musim kemarau sungai tersebut kering.
- d. Sungai *Ephemeral*, sungai yang memiliki kuantitas air sedikit pada saat musim hujan.

Klasifikasi berdasarkan arah alirannya:

- a. Sungai konsekuen adalah sungai yang aliran airnya mengikuti arah kemiringan lereng awal.
- b. Sungai subsekuen adalah sungai yang alirannya menyesuaikan dengan arah strike atau pola perlapisan batuan.
- c. Sungai obsekuen adalah sungai yang alirannya berlawanan dengan sungai konsekuen atau arah kemiringan perlapisan batuan, dan bermuara di sungai subsekuen.
- d. Sungai resekuen adalah sungai yang alirannya mengikuti arah kemiringan perlapisan batuan dan berakhir di sungai subsekuen.
- e. Sungai insekuen adalah sungai yang alirannya tidak dipengaruhi oleh litologi atau struktur geologi.

Klasifikasi berdasarkan pola alirannya:

- a. Sungai dendritik
- b. Sungai *pinnate*
- c. Sungai *trellis*
- d. Sungai *rectangular*
- e. Sungai *annular*
- f. Sungai radial sentrifugal
- g. Sungai radial sentripetal

Pengelolaan sungai dilakukan untuk mengoptimalkan manfaatnya sekaligus mengurangi dampak negatif akibat aliran yang berlebihan atau *overflow*. Manajemen sungai melibatkan pengendalian aliran, baik dari segi debit maupun kecepatan, dengan mempertimbangkan faktor seperti kedalaman, lebar, elevasi

sungai, daerah sempadan, serta *catchment area*. Langkah-langkah pengelolaan ini meliputi pembangunan infrastruktur seperti bendung atau bendungan, tanggul, kanal, serta pengelolaan badan sungai untuk meningkatkan stabilitas aliran. Upaya ini harus dilakukan secara berkala dan berkelanjutan agar pengelolaan sungai dapat memberikan hasil yang maksimal.

## 2.5 Limpasan

Limpasan adalah aliran air yang mengalir di atas permukaan tanah ketika air hujan tidak dapat meresap ke dalam tanah karena kapasitas infiltrasi tanah sudah melebihi batas. Menurut Triatmodjo (2008), Limpasan permukaan (*surface runoff*) adalah air hujan yang mengalir tipis di atas permukaan lahan sebelum akhirnya masuk ke parit-parit atau selokan, lalu bergabung menjadi anak sungai hingga membentuk aliran sungai utama. Di wilayah pegunungan, terutama di bagian hulu daerah aliran sungai (DAS), limpasan permukaan dapat dengan cepat mengalir ke sungai, sehingga meningkatkan debit sungai. Jika debit sungai melebihi kapasitas alirannya, air akan meluap melewati tebing sungai, mengakibatkan terjadinya banjir. Pada bagian hulu DAS, yang memiliki kemiringan lahan dan sungai yang curam, atau di DAS kecil, peningkatan debit banjir dapat terjadi secara cepat. Sebaliknya, pada sungai besar, kenaikan debit berlangsung lebih lambat hingga mencapai debit puncak.

Limpasan dapat dinyatakan dalam bentuk volume atau debit. Satuan untuk volume limpasan adalah meter kubik, sementara debit mengukur volume air yang mengalir per satuan waktu melalui suatu area tertentu, yang dinyatakan dalam meter kubik per detik. Dalam konteks hidrologi, limpasan sering kali dinyatakan dalam satuan kedalaman, yang diperoleh dengan membagi volume limpasan dengan luas DAS, sehingga menghasilkan kedalaman limpasan ekuivalen yang tersebar merata di seluruh wilayah DAS.

Menurut Chow *et al.* (1998), perhitungan debit aliran permukaan dapat dianalisis dengan mempertimbangkan beberapa faktor, seperti nilai koefisien tata guna lahan, intensitas hujan, dan luas area tangkapan hujan. Besarnya debit sungai ditentukan berdasarkan analisis terkait hujan dan aliran sungai. Nilai limpasan permukaan penting untuk menganalisis evaluasi DAS yang berkaitan dengan kuantitas

limpasan permukaan (*runoff*) yang terjadi sebelum selama dan setelah adanya suatu kegiatan/proyek.

**Tabel 2.1** Koefisien Limpasan

| No. | Keadaan daerah pengaliran                                | Koefisien <i>runoff</i> |
|-----|----------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1.  | Bergunung dan curam                                      | 0,75 - 0,90             |
| 2.  | Pegunungan tersier                                       | 0,70 - 0,80             |
| 3.  | Sungai dengan tanah dan hutan dibagian atas dan bawahnya | 0,50 - 0,75             |
| 4.  | Tanah dasar yang diairi                                  | 0,45 - 0,60             |
| 5.  | Sawah waktu diairi                                       | 0,70 - 0,80             |
| 6.  | Sungai bergunung                                         | 0,75 - 0,85             |
| 7.  | Sungai dataran                                           | 0,45 - 0,75             |

Sumber: Sosrodarsono, 1993

## 2.6 Debit Banjir Rencana

Debit rencana ( $Q_r$ ) adalah debit yang diperkirakan akan melalui suatu sungai atau bangunan air dalam periode ulang tertentu ( $T$ ). Periode ulang merujuk pada waktu hipotetik di mana suatu kejadian dengan nilai tertentu, seperti debit rencana, diperkirakan akan terulang atau terlampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. Namun, hal ini tidak menunjukkan bahwa kejadian tersebut akan terjadi secara teratur setiap periode ulang yang dimaksud (Kamiana, 2011).

Debit banjir rencana pada suatu DAS dapat dianalisis berdasarkan debit maksimum yang diharapkan terjadi dalam periode ulang tertentu. Dalam perencanaan bangunan air, data historis kejadian banjir sangat penting untuk digunakan sebagai acuan. Namun, apabila data pengamatan seperti tinggi elevasi muka air atau debit aliran tidak tersedia, analisis debit banjir rencana dilakukan dengan pendekatan limpasan hujan. Pendekatan ini menggunakan data curah hujan harian maksimum serta karakteristik fisik DAS sebagai informasi utama dalam perhitungan (Tallar, 2023).

## 2.7 Analisa Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari fenomena air di bumi, termasuk proses terjadinya, peredaran, dan penyebarannya, serta sifat-sifatnya. Selain itu, hidrologi juga membahas interaksi air dengan lingkungan, khususnya kaitannya dengan makhluk hidup (Triatmodjo, 2008). Analisa hidrologi digunakan untuk perencanaan, perancangan, pengelolaan dan pengembangan sumber daya air. Analisa hidrologi

berperan penting dalam menentukan kapasitas aliran permukaan dan aliran buangan, menentukan debit banjir rencana, dan menentukan curah hujan rata-rata di seluruh wilayah tertentu.

### 2.7.1 Perhitungan Curah Hujan Wilayah

Curah hujan yang dihitung berdasarkan dari perhitungan beberapa stasiun curah hujan yang terkait dalam suatu wilayah. Terdapat tiga metode yang dapat digunakan untuk menghitung curah hujan wilayah, yaitu metode rata-rata Aritmatika (Aljabar), metode *Polygon Thiessen*, dan metode *Isohyet* (Loebis, 1987).

#### a. Metode Rata-Rata Aritmatika

Metode aritmatika merupakan perhitungan dengan merata-ratakan jumlah pengukuran curah hujan dari beberapa stasiun hujan dalam suatu wilayah. Digunakan untuk daerah datar dengan curah hujan yang seragam. Stasiun hujan yang digunakan dalam perhitungan biasanya terletak di dalam DAS, namun stasiun yang berada di luar DAS tetapi masih berdekatan juga dapat diperhitungkan.

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

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

$R_1 \dots R_n$  = curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n (mm)

$n$  = banyaknya stasiun hujan.



**Gambar 2.4** Contoh Perhitungan Metode Aritmatika Rata-Rata

b. Metode *Polygon Thiessen*

Metode *Polygon Thiessen* merupakan metode dengan setiap stasiun hujan memiliki luas daerah pengaruh tertentu. Metode ini diterapkan ketika distribusi stasiun hujan di daerah yang dianalisis tidak merata. Perhitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan mempertimbangkan area pengaruh masing-masing stasiun hujan untuk memperoleh hasil yang lebih representatif.

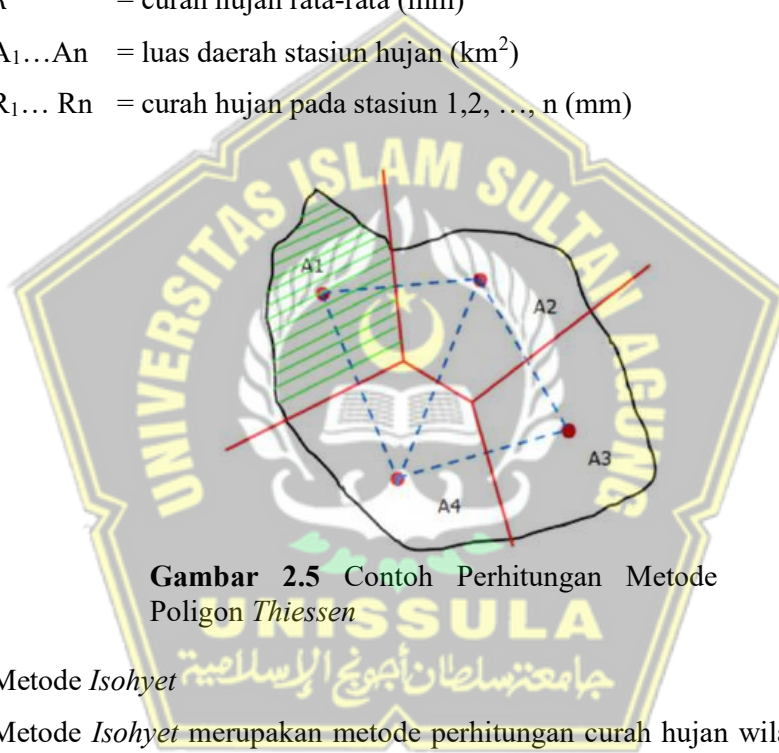
$$\bar{R} = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + \dots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

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

$A_1 \dots A_n$  = luas daerah stasiun hujan (km<sup>2</sup>)

$R_1 \dots R_n$  = curah hujan pada stasiun 1,2, ..., n (mm)



**Gambar 2.5** Contoh Perhitungan Metode Poligon *Thiessen*

c. Metode *Isohyet*

Metode *Isohyet* merupakan metode perhitungan curah hujan wilayah dengan menghubungkan titik titik menjadi garis lengkung yang memiliki kedalaman hujan yang sama. Kesulitan dari metode ini muncul ketika jumlah stasiun hujan dalam suatu DAS terbatas, karena hal tersebut dapat menyebabkan ketidakakuratan dalam menentukan curah hujan rata-rata yang representatif untuk seluruh wilayah.

$$\bar{R} = \frac{A_1 \frac{I_1 + I_2}{2} + A_2 \frac{I_3 + I_4}{2} + \dots + A_n \frac{I_n + I_{n+1}}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

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

$A_1 \dots A_n$  = luas dari titik  $i$  ( $\text{km}^2$ )

$l_i$  = garis *isohyet* ke  $i$



**Gambar 2.6** Contoh Perhitungan Metode Garis *Isohyet*

### 2.7.2 Menentukan Luas Daerah Aliran Sungai (DAS)

Menentukan batas beserta luas daerah pengaruh tiap staisun hujan dengan planimeter atau dengan bantuan software autocad. Bersumber dari peta DAS yang diperoleh dari PUSDATARU Jawa Tengah, kemudian diplot untuk mendapatkan luas DAS dan panjang sungai dengan penentuan skala tertentu sehingga dapat diketahui ukuran sebenarnya. Bentuk dan ukuran suatu DAS didapat dan dikenali secara geografis. Sistem DAS terbagi dalam beberapa sub-DAS berdasarkan jumlah percabangan sungai utama yang ada dalam wilayah tersebut.

### 2.7.3 Pengukuran Pola Sebaran (Uji Dispersi)

Variasi atau dispersi menggambarkan derajat penyebaran data kuantitatif, yaitu seberapa besar penyimpangan variabel hidrologi terhadap nilai rata-rata. Setelah memperoleh rata-rata curah hujan harian dari beberapa stasiun yang mempengaruhi DAS, data tersebut dianalisis secara statistik untuk mengidentifikasi pola sebaran curah hujan rata-rata. Beberapa metode uji dispersi yang dapat diterapkan antara lain:

a. Standar Deviasi

Standar deviasi merupakan ukuran sebaran yang paling banyak digunakan. Bilamana penyebaran sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai S akan besar begitu sebaliknya (Soewarno, 1995).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

S = standar deviasi

$X_i$  = curah hujan pada stasiun hujan ke-I (mm)

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

n = jumlah data

b. Koefisien *Skewness* ( $C_s$ )

Koefisien kemencengan (coefficient of skewness) merupakan nilai ketidak-simetrisan dari suatu distribusi (Soewarno, 1995).

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

$C_s$  = koefisien *skewness*

n = jumlah data

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

$X_i$  = curah hujan pada stasiun hujan ke-I (mm)

S = standar deviasi

c. Koefisien Kurtosis ( $C_k$ )

Koefisien kurtosis merupakan ukuran keruncingan atau puncak suatu distribusi, biasanya diambil relatif terhadap distribusi normal (Triatmodjo, 2008).

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)S^4} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

$C_k$  = koefisien kurtosis

n = jumlah data

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

$X_i$  = curah hujan pada stasiun hujan ke-I (mm)

S = standar deviasi

d. Koefisien Variasi (Cv)

Koefisien Variasi merupakan suatu perbandingan antara deviasi standar dengan rata-rata hitung dari suatu distribusi (Soewarno, 1995).

$$C_v = \frac{S}{X} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

$C_v$  = koefisien variasi

$X$  = curah hujan rata-rata (mm)

$S$  = standar deviasi

#### 2.7.4 Curah Hujan Rencana dengan Kala Ulang Tertentu

Curah hujan rencana adalah perkiraan besarnya curah hujan yang mungkin terjadi dalam periode ulang tertentu, yang diperoleh melalui serangkaian analisis hidrologi. Perhitungan curah hujan rencana bertujuan untuk memperkirakan besarnya hujan pada periode ulang tertentu. Dari curah hujan rencana tersebut, selanjutnya dihitung intensitas hujan yang akan digunakan untuk menentukan debit banjir rencana (Purwitasari & Pawang S, 2006).

Curah hujan rencana diperkirakan dengan melakukan Analisa frekuensi data hujan. Analisis frekuensi dilakukan dengan menggunakan distribusi kemungkinan teori distribusi probabilitas dan rumus perhitungan yang umum digunakan, seperti *Log Pearson Type III*, Normal, Log Normal, dan *Gumbel Type I*. Pemilihan jenis distribusi yang akan digunakan bergantung pada beberapa syarat, antara lain:

**Tabel 2.2** Syarat Pedoman Pemilihan Jenis Distribusi

| No | Jenis Distribusi            | Syarat                                          |
|----|-----------------------------|-------------------------------------------------|
| 1. | <i>Log Pearson Type III</i> | $C_s \neq 0$                                    |
| 2. | Normal                      | $C_s \approx 0$<br>$C_s \approx 3$              |
| 3. | Log Normal                  | $C_s \approx 3C_v + C_v^2 = 3$<br>$C_k = 5,383$ |
| 4. | <i>Gumbel Type I</i>        | $C_s \leq 1,1396$<br>$C_s \leq 5,4002$          |

a. Distribusi Normal (Distribusi Gauss)

Distribusi Gauss merupakan suatu distribusi untuk analisis statistik frekuensi curah hujan dan debit rata-rata tahunan.

$$X_t = \bar{X} + K \times S \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

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

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

$K_t$  = koefisien untuk distribusi normal

$S$  = standar deviasi

**Tabel 2.3** Nilai Variabel Reduksi *Gauss*

| Periode Ulang T (Tahun) | Peluang | K     |
|-------------------------|---------|-------|
| 1,001                   | 0,999   | -3,05 |
| 1,005                   | 0,995   | -2,58 |
| 1,010                   | 0,990   | -2,33 |
| 1,050                   | 0,950   | -1,64 |
| 1,110                   | 0,900   | -1,28 |
| 1,250                   | 0,800   | -0,84 |
| 1,330                   | 0,750   | -0,67 |
| 1,430                   | 0,700   | -0,52 |
| 1,670                   | 0,600   | -0,25 |
| 2,000                   | 0,500   | 0,00  |
| 2,500                   | 0,400   | 0,25  |
| 3,330                   | 0,300   | 0,52  |
| 4,000                   | 0,250   | 0,67  |
| 5,000                   | 0,200   | 0,84  |
| 10,000                  | 0,100   | 1,28  |
| 20,000                  | 0,050   | 1,64  |
| 50,000                  | 0,020   | 2,05  |
| 100,000                 | 0,010   | 2,33  |
| 200,000                 | 0,005   | 2,58  |
| 500,000                 | 0,002   | 2,88  |
| 1000,000                | 0,001   | 3,09  |

(Sumber: Soewarno, 1995)

b. Distribusi Log Normal

Distribusi Log Normal merupakan hasil dari transformasi distribusi normal dengan mengubahnya menjadi suatu nilai logaritmik.

- Nilai rata-rata ( $\overline{\text{Log} X}$ ):

$$\overline{\text{Log} X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \dots\dots\dots (2.10)$$

- Standar Deviasi ( $S_d$ ):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.11)$$

- Logaritma Curah Hujan Rencana periode ulang T tahun:

$$\log X_t = \log \bar{X} + K \times S \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana:

$\bar{X}$  = curah hujan rata-rata

$X_i$  = curah hujan pada stasiun hujan ke-I (mm)

n = jumlah data

K = koefisien *Log Pearson Type III*

**Tabel 2.4** Standar Variabel Kt untuk Metode Distribusi Log Normal

| T (Tahun) | Kt    | T (Tahun) | Kt   | T (Tahun) | Kt   |
|-----------|-------|-----------|------|-----------|------|
| 1         | -1,86 | 20        | 1,89 | 90        | 3,34 |
| 2         | -0,22 | 25        | 2,10 | 100       | 3,45 |
| 3         | 0,17  | 30        | 2,27 | 110       | 3,53 |
| 4         | 0,44  | 35        | 2,41 | 120       | 3,62 |
| 5         | 0,64  | 40        | 2,54 | 130       | 3,70 |
| 6         | 0,81  | 45        | 2,65 | 140       | 3,77 |
| 7         | 0,95  | 50        | 2,75 | 150       | 3,84 |
| 8         | 1,06  | 55        | 2,86 | 160       | 3,91 |
| 9         | 1,17  | 60        | 2,93 | 170       | 3,97 |
| 10        | 1,26  | 65        | 3,02 | 180       | 4,03 |
| 11        | 1,35  | 70        | 3,08 | 190       | 4,09 |
| 12        | 1,43  | 75        | 3,60 | 200       | 4,14 |
| 13        | 1,50  | 80        | 3,21 | 221       | 4,24 |
| 14        | 1,57  | 85        | 3,28 | 240       | 4,33 |
| 15        | 1,63  | 90        | 3,33 | 260       | 4,42 |

(Sumber: Soewarno, 1995)

c. Distribusi *Log Pearson Type III*

Distribusi *Log Pearson Type III* merupakan suatu distribusi yang digunakan untuk menganalisis sebit maksimum dan minimum banjir dengan nilai ekstrem.

Berikut langkah-langkah perhitungan *Log Pearson Type III*:

- Mengubah data curah hujan  $X_1, X_2, \dots, X_n$  menjadi data  $\log (X_1), \log (X_2)$  dst.
- Mencari nilai rata-rata ( $\log \bar{X}$ ):

$$(\log \bar{X}) = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \dots\dots\dots (2.13)$$

- Menghitung Standar Deviasi ( $S_d$ ):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.14)$$

- Menghitung Koefisien *Skewness* ( $C_s$ ):

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots\dots\dots (2.15)$$

- Logaritma Curah Hujan Rencana periode ulang T tahun:

$$\log X_t = \overline{\log X} + K \times S \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana:

$\bar{X}$  = curah hujan rata-rata

$X_i$  = curah hujan pada stasiun hujan ke-I (mm)

n = jumlah data

K = koefisien *Log Pearson Type III*

**Tabel 2.5** Nilai K Metode Distribusi *Log Pearson Type III*

| Cs  | Periode Ulang Rencana |       |       |       |       |       |       |       |
|-----|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | 2                     | 5     | 10    | 25    | 50    | 100   | 200   | 1000  |
| 3,0 | -0,396                | 0,420 | 1,180 | 2,278 | 3,152 | 4,051 | 4,970 | 7,250 |
| 2,5 | -0,360                | 0,518 | 1,250 | 2,262 | 3,048 | 3,845 | 4,652 | 6,600 |
| 2,2 | -0,330                | 0,574 | 1,284 | 2,240 | 2,970 | 3,705 | 4,444 | 6,200 |
| 2,0 | -0,307                | 0,609 | 1,302 | 2,219 | 2,912 | 3,605 | 4,298 | 5,910 |
| 1,8 | -0,282                | 0,643 | 1,318 | 2,193 | 2,848 | 3,499 | 4,147 | 5,660 |
| 1,6 | -0,240                | 0,675 | 1,329 | 2,163 | 2,780 | 3,388 | 3,990 | 5,390 |
| 1,4 | -0,225                | 0,705 | 1,337 | 2,128 | 2,706 | 3,271 | 3,828 | 5,110 |
| 1,2 | -0,195                | 0,732 | 1,340 | 2,087 | 2,626 | 3,149 | 3,661 | 4,820 |
| 1,0 | -0,164                | 0,758 | 1,340 | 2,043 | 2,542 | 3,022 | 3,489 | 4,540 |
| 0,9 | -0,148                | 0,769 | 1,339 | 2,018 | 2,498 | 2,957 | 3,401 | 4,395 |
| 0,8 | -0,132                | 0,780 | 1,336 | 1,980 | 2,453 | 2,891 | 3,312 | 4,250 |
| 0,7 | -0,116                | 0,790 | 1,333 | 1,967 | 2,407 | 2,824 | 3,223 | 4,105 |
| 0,6 | -0,099                | 0,800 | 1,328 | 1,939 | 2,359 | 2,755 | 3,132 | 3,960 |
| 0,5 | -0,083                | 0,808 | 1,323 | 1,910 | 2,311 | 2,686 | 3,041 | 3,815 |
| 0,4 | -0,066                | 0,816 | 1,317 | 1,880 | 2,261 | 2,615 | 2,949 | 3,670 |
| 0,3 | -0,050                | 0,824 | 1,809 | 1,849 | 2,211 | 2,544 | 2,856 | 3,525 |
| 0,2 | -0,033                | 0,831 | 1,301 | 1,818 | 2,159 | 2,472 | 2,673 | 3,380 |
| 0,1 | -0,017                | 0,836 | 1,292 | 1,745 | 2,107 | 2,400 | 2,670 | 3,235 |
| 0,0 | 0,000                 | 0,842 | 1,282 | 1,751 | 2,054 | 2,326 | 2,576 | 3,090 |

|      |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| -0,1 | 0,017 | 0,836 | 1,270 | 1,716 | 2,000 | 2,252 | 2,482 | 2,950 |
| -0,2 | 0,033 | 0,850 | 1,258 | 1,680 | 1,945 | 2,178 | 2,388 | 2,810 |
| -0,3 | 0,050 | 0,830 | 1,245 | 1,643 | 1,890 | 2,104 | 2,294 | 2,675 |
| -0,4 | 0,066 | 0,855 | 1,231 | 1,606 | 1,834 | 2,029 | 2,201 | 2,540 |
| -0,5 | 0,083 | 0,856 | 1,216 | 1,567 | 1,777 | 1,955 | 2,108 | 2,400 |
| -0,6 | 0,099 | 0,857 | 1,200 | 1,528 | 1,720 | 1,880 | 2,016 | 2,275 |
| -0,7 | 0,116 | 0,857 | 1,183 | 1,488 | 1,663 | 1,806 | 1,926 | 2,150 |
| -0,8 | 0,132 | 0,856 | 1,660 | 1,448 | 1,606 | 1,733 | 1,837 | 2,035 |
| -0,9 | 0,148 | 0,854 | 1,147 | 1,407 | 1,549 | 1,660 | 1,749 | 1,910 |
| -1,0 | 0,164 | 0,844 | 1,128 | 1,366 | 1,492 | 1,588 | 1,664 | 1,880 |
| -1,4 | 0,225 | 0,832 | 1,041 | 1,198 | 1,270 | 1,318 | 1,351 | 1,465 |
| -1,8 | 0,282 | 0,799 | 0,945 | 1,035 | 1,069 | 1,088 | 1,097 | 1,130 |
| -2,2 | 3,300 | 0,752 | 0,844 | 0,866 | 0,900 | 0,905 | 0,907 | 0,910 |
| -3,0 | 0,396 | 0,636 | 0,660 | 0,660 | 0,666 | 0,667 | 0,667 | 0,668 |

(Sumber: Soemarto, 1999)

d. Distribusi *Gumbel*

Distribusi *Gumbel* merupakan distribusi ekstrem dan sering digunakan dalam analisis data maksimum untuk frekuensi banjir.

$$X_t = \bar{X} + \frac{(Y_t - Y_n)}{S_n} \times S \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana:

$X_t$  = curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun (mm)

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

$Y_t$  = *reduced variable*, nilai diperoleh berdasarkan periode ulang T tahun

$Y_n$  = *reduced mean*, nilai yang bergantung pada jumlah data (n)

$S_n$  = *reduced standard deviasi*, nilai yang bergantung pada jumlah data (n)

S = standar deviasi

**Tabel 2.6** *Reduced Mean (Yn) dan Reduced Standard Deviasi (Sn) untuk Metode Distribusi Gumbel Type I*

| Sampel | Yn     | Sn     | Sampel | Yn    | Sn     | Sampel | Yn   | Sn    |
|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|------|-------|
| 10     | 0,4952 | 0,9496 | 41     | 0,544 | 1,1436 | 72     | 0,56 | 1,187 |
| 11     | 0,4996 | 0,9676 | 42     | 0,545 | 1,1458 | 73     | 0,56 | 1,188 |
| 12     | 0,5040 | 0,9833 | 43     | 0,545 | 1,148  | 74     | 0,56 | 1,189 |
| 13     | 0,5035 | 0,9971 | 44     | 0,546 | 1,1499 | 75     | 0,56 | 1,19  |
| 14     | 0,5100 | 1,0095 | 45     | 0,546 | 1,1519 | 76     | 0,56 | 1,191 |
| 15     | 0,5128 | 1,0206 | 46     | 0,547 | 1,1538 | 77     | 0,56 | 1,192 |
| 16     | 0,5157 | 1,0316 | 47     | 0,547 | 1,1557 | 78     | 0,56 | 1,192 |

|    |        |        |    |       |        |     |      |       |
|----|--------|--------|----|-------|--------|-----|------|-------|
| 17 | 0,5181 | 1,0411 | 48 | 0,548 | 1,1574 | 79  | 0,56 | 1,193 |
| 18 | 0,5202 | 1,0493 | 49 | 0,548 | 1,159  | 80  | 0,56 | 1,194 |
| 19 | 0,5220 | 1,0565 | 50 | 0,549 | 1,1607 | 81  | 0,56 | 1,195 |
| 20 | 0,5236 | 1,0628 | 51 | 0,549 | 1,1623 | 82  | 0,57 | 1,195 |
| 21 | 0,5252 | 1,0696 | 52 | 0,549 | 1,1638 | 83  | 0,56 | 1,196 |
| 22 | 0,5268 | 1,0754 | 53 | 0,55  | 1,1658 | 84  | 0,56 | 1,197 |
| 23 | 0,5283 | 1,0811 | 54 | 0,55  | 1,1667 | 85  | 0,56 | 1,197 |
| 24 | 0,5296 | 1,0864 | 55 | 0,55  | 1,1181 | 86  | 0,56 | 1,199 |
| 25 | 0,5309 | 1,0915 | 56 | 0,551 | 1,1696 | 87  | 0,56 | 1,199 |
| 26 | 0,5320 | 1,0861 | 57 | 0,551 | 1,1708 | 88  | 0,56 | 1,199 |
| 27 | 0,5332 | 1,1004 | 58 | 0,552 | 1,1721 | 89  | 0,56 | 1,2   |
| 28 | 0,5343 | 1,1047 | 59 | 0,552 | 1,1734 | 92  | 0,56 | 1,202 |
| 29 | 0,5353 | 1,1086 | 60 | 0,552 | 1,1747 | 93  | 0,56 | 1,203 |
| 30 | 0,5362 | 1,1124 | 61 | 0,553 | 1,1759 | 94  | 0,56 | 1,203 |
| 31 | 0,5371 | 1,1159 | 62 | 0,553 | 1,177  | 95  | 0,56 | 1,204 |
| 32 | 0,5380 | 1,1193 | 63 | 0,553 | 1,1782 | 96  | 0,56 | 1,204 |
| 33 | 0,5388 | 1,1226 | 64 | 0,554 | 1,1793 | 97  | 0,56 | 1,205 |
| 34 | 0,5396 | 1,1255 | 65 | 0,554 | 1,1803 | 98  | 0,56 | 1,206 |
| 35 | 0,5402 | 1,1287 | 66 | 0,554 | 1,1814 | 99  | 0,56 | 1,206 |
| 36 | 0,5410 | 1,1313 | 67 | 0,554 | 1,1824 | 100 | 0,56 | 1,207 |
| 37 | 0,5418 | 1,1339 | 68 | 0,555 | 1,1834 |     |      |       |
| 38 | 0,5424 | 1,1363 | 69 | 0,555 | 1,1844 |     |      |       |
| 39 | 0,5430 | 1,1388 | 70 | 0,555 | 1,1854 |     |      |       |
| 40 | 0,5436 | 1,1413 | 71 | 0,552 | 1,1854 |     |      |       |

(Sumber: Soemarto, 1999)

**Tabel 2.7** *Reduced Variable* (Yt) untuk Metode Distribusi Gumbel Type I

| Periode Ulang (Tahun) | <i>Reduced Variate</i> |
|-----------------------|------------------------|
| 2                     | 0,3665                 |
| 5                     | 1,4999                 |
| 10                    | 2,2502                 |
| 20                    | 2,9606                 |
| 25                    | 3,1985                 |
| 50                    | 3,9019                 |
| 100                   | 4,6001                 |
| 200                   | 5,296                  |
| 500                   | 6,214                  |
| 1000                  | 6,919                  |
| 5000                  | 8,539                  |
| 10000                 | 9,921                  |

(Sumber: Soemarto, 1999)

### 2.7.5 Uji Kecocokan Distribusi

#### a. Uji *Chi Square*

- Koefisien Kurtosis (G)

$$G = 1 + 3,322 \log n \dots \dots \dots (2.18)$$

- Derajat Kebebasan (DK)

$$DK = G - (P + 1) \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana:

Nilai P = 2 (untuk distribusi normal dan binominal)

Nilai P = 1 (untuk distribusi *poisson* dan *gumbel*)

- Nilai  $E_i$

$$E_i = \frac{n}{G} \dots \dots \dots (2.20)$$

- Rumus *Chi Square*

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots \dots \dots (2.21)$$

Dimana:

$X_h^2$  = nilai *Chi Square*

$O_i$  = jumlah data yang diamati pada subkelompok ke-i

$E_i$  = jumlah data teoritis pada subkelompok ke-i

n = jumlah subkelompok

**Tabel 2.8** Derajat Kebebasan *Chi Square*

| DK | Derajat Kebebasan |          |          |         |        |        |        |        |
|----|-------------------|----------|----------|---------|--------|--------|--------|--------|
|    | 0,995             | 0,99     | 0,975    | 0,95    | 0,05   | 0,025  | 0,01   | 0,005  |
| 1  | 0,000393          | 0,000157 | 0,000982 | 0,00393 | 3,841  | 5,024  | 6,635  | 7,879  |
| 2  | 0,100             | 0,0201   | 0,0506   | 0,103   | 5,991  | 7,378  | 9,21   | 10,597 |
| 3  | 0,0717            | 0,115    | 0,216    | 0,352   | 7,815  | 9,348  | 11,345 | 12,838 |
| 4  | 0,207             | 0,297    | 0,484    | 0,711   | 9,488  | 11,143 | 13,277 | 14,86  |
| 5  | 0,412             | 0,554    | 0,831    | 1,145   | 11,07  | 12,832 | 15,086 | 16,75  |
| 6  | 0,676             | 0,872    | 1,237    | 1,635   | 12,592 | 14,449 | 16,812 | 18,548 |
| 7  | 0,989             | 1,239    | 1,69     | 2,167   | 14,067 | 16,013 | 18,475 | 20,278 |
| 8  | 1,344             | 1,646    | 2,18     | 2,733   | 15,507 | 17,535 | 20,09  | 21,955 |
| 9  | 1,735             | 2,088    | 2,7      | 3,325   | 16,919 | 19,023 | 21,666 | 23,589 |
| 10 | 2,156             | 2,558    | 3,247    | 3,94    | 18,307 | 20,483 | 23,209 | 25,188 |

|    |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 11 | 2,603  | 3,053  | 3,816  | 4,575  | 19,675 | 21,492 | 24,725 | 26,757 |
| 12 | 3,074  | 3,571  | 4,404  | 5,226  | 21,026 | 23,337 | 26,217 | 28,3   |
| 13 | 3,565  | 4,107  | 5,009  | 5,892  | 22,362 | 24,736 | 27,688 | 29,819 |
| 14 | 4,075  | 4,66   | 5,629  | 6,571  | 23,685 | 26,119 | 29,141 | 31,319 |
| 15 | 4,601  | 5,229  | 6,161  | 7,261  | 24,996 | 27,488 | 30,578 | 32,801 |
| 16 | 5,142  | 5,812  | 6,908  | 7,962  | 26,296 | 28,845 | 32,000 | 34,267 |
| 17 | 5,697  | 6,408  | 7,564  | 8,672  | 27,587 | 30,191 | 33,409 | 35,718 |
| 18 | 6,265  | 7,015  | 8,231  | 9,39   | 28,869 | 31,526 | 34,805 | 37,156 |
| 19 | 6,844  | 7,633  | 8,907  | 10,117 | 30,144 | 32,852 | 36,191 | 38,582 |
| 20 | 7,434  | 8,26   | 9,591  | 10,851 | 31,41  | 34,17  | 37,566 | 39,997 |
| 21 | 8,034  | 8,897  | 10,283 | 11,591 | 32,671 | 35,479 | 38,932 | 41,401 |
| 22 | 8,643  | 9,542  | 10,982 | 12,338 | 33,924 | 36,781 | 40,289 | 42,796 |
| 23 | 9,26   | 10,196 | 11,689 | 13,091 | 36,172 | 38,076 | 41,638 | 44,181 |
| 24 | 9,886  | 10,856 | 12,401 | 13,848 | 36,415 | 39,364 | 42,98  | 45,558 |
| 25 | 10,52  | 11,524 | 13,12  | 14,611 | 37,652 | 40,646 | 44,314 | 46,928 |
| 26 | 11,16  | 12,198 | 13,844 | 15,379 | 38,885 | 41,923 | 45,642 | 48,92  |
| 27 | 11,808 | 12,879 | 14,573 | 16,151 | 40,113 | 43,194 | 46,963 | 49,645 |
| 28 | 12,461 | 13,565 | 15,308 | 16,928 | 41,337 | 44,461 | 48,278 | 50,993 |
| 29 | 13,121 | 14,256 | 16,047 | 17,708 | 42,557 | 45,722 | 49,588 | 52,336 |
| 30 | 13,787 | 15,953 | 16,791 | 18,493 | 43,773 | 46,979 | 50,892 | 53,672 |

(Sumber: Soemarto, 1999)

b. Uji *Smirnov Kolmogorov*

Uji *Smirnov Kolmogorov* dilakukan dengan cara membandingkan distribusi data dengan distribusi normal.

$$P(x) = \frac{m}{n+1} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$D_{\max} = [P(X_m) - P'(X_m)] \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana:

$P(X_m)$  = peluang pengamatan

$P'(X_m)$  = peluang teoritis

**Tabel 2.9** Nilai  $D_0$  Uji *Smirnov Kolmogorov*

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

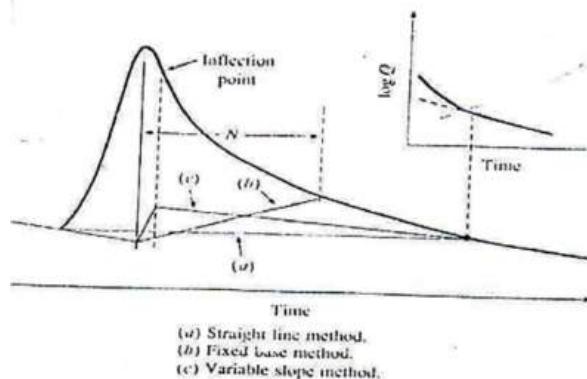
(Sumber: Bonnier, 1980 dalam Soewarno, 1995)

## 2.8 Hidrograf Satuan

Hidrograf satuan merupakan suatu pengamatan terukur yang digunakan dalam melakukan transformasi hujan menjadi debit aliran. Merupakan suatu kurva hubungan antara hujan efektif dengan limpasan langsung tanpa aliran dasar dari ujung hilir suatu DAS yang disebabkan oleh hujan efektif yang merata dipermukaan DAS dengan suatu intensitas tetap dalam suatu waktu tertentu.

### 2.8.1 Hidrograf Satuan Terukur

Menghitung debit banjir dari data curah hujan maksimum harian rata-rata. Pemisahan hidrograf merupakan suatu pemisahan hidrograf menjadi limpasan langsung dan air tanah.



**Gambar 2.7** Metode Pemisahan Aliran Dasar

## 2.8.2 Hidrograf Satuan Sintetis

Analisis hidrograf berdasarkan pada karakteristik dari suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Beberapa hidrograf satuan sintetis yaitu sebagai berikut:

### a. Metode Snyder

Metode *Snyder* dikembangkan oleh Gupta pada tahun 1989 (dalam Triatmodjo 2006). Terdapat empat parameter yaitu waktu kelambatan, aliran puncak, waktu dasar, dan durasi standar dari hujan efektif yang berkaitan dengan geometrik fisik DAS.

$$t_p = C_t (L L_c)^{0,3} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$q_p = C_p A / t_p \dots\dots\dots (2.25)$$

$$T = 3 + (t_p / 8) \dots\dots\dots (2.26)$$

$$t_D = t_p / 5,5 \dots\dots\dots (2.27)$$

Jika durasi hujan efektif  $t_r$  tidak sama dengan durasi standar  $t_D$ , maka:

$$t_{pR} = t_p + 0,25 (t_r - t_D) \dots\dots\dots (2.28)$$

$$q_{pR} = q_p t_p / t_{pR} \dots\dots\dots (2.29)$$

Dimana:

$t_p$  = waktu dari titik berat durasi hujan efektif  $t_D$  ke puncak hidrograf satuan (jam)

$t_r$  = durasi hujan efektif (jam)

$t_D$  = durasi standar dari hujan efektif (jam)

$t_{pR}$  = waktu dari titik berat durasi hujan  $t_r$  ke puncak hidrograf satuan (jam)

$T$  = waktu dasar hidrograf satuan (hari)

$Q_p$  = debit puncak untuk durasi  $t_D$

$q_{pR}$  = debit puncak untuk durasi  $t_r$

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

$L_c$  = jarak antara titik kontrol ke titik yang terdekat dengan titik berat DAS (km)

$A$  = luas DAS (km<sup>2</sup>)

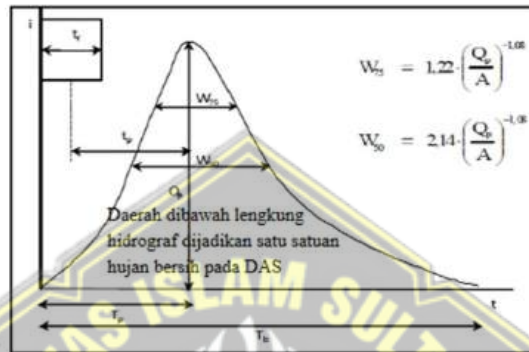
$C_t$  = koefisien berdasar kemiringan DAS, yang bervariasi dari 1,4 - 1,7

$C_p$  = koefisien berdasar pada karakteristik DAS, yang bervariasi antara 0,1 - 0,19

$$W50 = \frac{0,23 \times A^{1,08}}{Q_{pR}^{1,08}} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$W_{75} = \frac{0,13 \times A^{1,08}}{QpR^{1,08}} \dots\dots\dots (2.31)$$

W50 dan W75 merujuk pada lebar unit hidrograf pada debit 50% dan 75% dari debit puncak, yang dinyatakan dalam satuan jam. Sebagai acuan, lebar W50 dan W75 dibuat dengan perbandingan 1:2, di mana sisi pendek terletak di sebelah kiri dari hidrograf satuan (Triatmodjo, 2008)



**Gambar 2.8** Bentuk Umum HSS *Snyder*  
(Sumber : Chow, et al, 1988)

b. Metode *Gama I*

Hidrograf satuan sintesis *Gama I* berkonsep pada perilaku hidrologi suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). HSS *Gama I* dikembangkan pertama kali oleh Sri Harto (1993) yang mengasumsikan empat variabel pokok dalam perhitungannya. Empat variabel pokok tersebut adalah waktu naik (*time of rise*), debit puncak, waktu dasar, sisa resesi berdasar koefisien tumpungan (k).

$$Q_i = Q_p e^{-\frac{(t-t_p)}{k}} \dots\dots\dots (2.32)$$

Dimana:

Q<sub>i</sub> = debit pada jam ke t (m<sup>3</sup>/d)

Q<sub>p</sub> = debit puncak (m<sup>3</sup>/d)

T = waktu yang dihitung sejak terjadinya debit puncak (jam)

K = koefisien tumpungan

$$\phi = 10,4903 - 3,859 \cdot 10^{-6} \cdot A^2 + 1,6985 \cdot 10^{-13} \cdot \frac{(A)}{SN^4} \dots\dots\dots (2.33)$$

Dimana:

φ = indeks infiltrasi (mm/jam)

A = luas DAS (km<sup>2</sup>)  
 SN = frekuensi sumber

c. Metode *Nakayasu* (HSS *Nakayasu*)

Metode *Nakayasu* dikembangkan pertama kali oleh Soemarto pada tahun 1987, berdasarkan studi pada beberapa sungai di Jepang. Metode ini menggunakan parameter daerah alirannya seperti:

- Interval waktu dari permukaan hujan hingga mencapai puncak hidrograf (*time of peak*)
- Interval waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time lag*)
- Durasi waktu hidrograf (*time base of hydrograph*)
- Luas Daerah Aliran Sungai (DAS)
- Panjang alur sungai terpanjang (*Length of the longest channel*).

$$Q_p = \frac{A \times R_0}{3,6(0,3 t_p + T_{0,3})} \dots \dots \dots (2.34)$$

Dimana:

$Q_p$  = debit puncak banjir (m<sup>3</sup>/s)

A = luas DAS (km<sup>2</sup>)

$R_0$  = hujan satuan (mm)

$t_p$  = tenggang waktu dari awal hujan hingga puncak banjir (jam)

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

Menentukan  $T_p$  dan  $T_{0,3}$  dapat digunakan rumus pemdekatan sebagai berikut:

$$T_p = t_g + 0,8 t_r \dots \dots \dots (2.35)$$

$$T_{0,3} = \alpha t_g \dots \dots \dots (2.36)$$

$$T_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \dots \dots \dots (2.37)$$

$t_g$  adalah time lag yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam).  $t_g$  dihitung sesuai dengan sungai dengan panjang alur.

$$L > 15 \text{ km} \rightarrow t_g = 0,4 + 0,058 L$$

$$L < 15 \text{ km} \rightarrow t_g = 0,21 L^{0,7}$$

$\alpha = 2$  pada daerah pengaliran biasa

$\alpha = 1,5$  pada bagian naik hidrograf yang lambat dan turun cepat

$\alpha = 3$  pada bagian naik hidrograf yang cepat dan turun lambat

Debit banjir diperoleh menggunakan akumulasi antara debit terbesar dengan nilai hidrograf satuan dan intensitas curah hujan. Rumus tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

$$Q_K = U_1 R_i + U_2 R_{i+1} + U_3 R_{i+2} + \dots + U_l R_{(n-l)} \dots\dots\dots (2.38)$$

Dimana:

$U_n$  = nilai hidrograf satuan untuk jam ke-n (jam)

$R_n$  = nilai curah hujan untuk jam ke-n

## 2.9 Kala Ulang Banjir Rencana

Pemilihan kala ulang banjir rencana tidak terdapat kriteria dan pedoman untuk setiap jenis bangunan. Kala ulang banjir rencana dapat dipilih berdasarkan rancangan yang paling efektif dan ekonomis.

$$R_t = 1 - \left(1 - \left(\frac{1}{T}\right)^L\right) \dots\dots\dots (2.39)$$

Dimana:

$R_t$  = risiko kegagalan

$T$  = periode ulang (tahun)

$L$  = umur bangunan (tahun)

## 2.10 Waktu Konsentrasi

Lamanya hujan diukur dalam durasi hujan dengan rentang menit, jam-jaman, harian yang diperoleh dari hasil pengukuran di stasiun pengukur hujan. Durasi hujan berkaitan dengan waktu konsentrasi terutama pada wilayah perkotaan dengan durasi yang diperlukan yaitu durasi yang relatif pendek. Waktu konsentrasi merupakan waktu yang diperlukan aliran air untuk mengalir dari titik yang paling jauh ( $t_0$ ) ke titik control dibagian hilir ( $t_d$ ).

Waktu konsentrasi dipengaruhi oleh berbagai factor, antara lain karakteristik fisik daerah aliran sungai dan kondisi aliran air. Lma waktu konsentrasi merupakan selisih waktu antara waktu awal hujan dengan seluruh wilayah yang berpengaruh pada pengaliran suatu penampang sungai. Laju aliran maksimum suatu penampang sungai terjadi apabila durasi hujan sama dengan lama waktu konsentrasi daerah alirannya.

### 2.11 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan merujuk pada jumlah hujan yang diukur dalam volume dan tinggi hujan per satuan waktu. Intensitas hujan bergantung pada durasi hujan serta frekuensi terjadinya. Perhitungan intensitas hujan dilakukan melalui analisis data hujan, baik secara statistik maupun empiris. Lengkung intensitas hujan berupa grafik lengkung yang menghubungkan anatara intensitas dan durasi hujan dengan periode kala ulang tertentu. Salah satu cara untuk menghitung intensitas curah hujan adalah dengan menggunakan Metode Mononobe, yang dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.39)$$

Dimana:

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

t = lamanya curah hujan / durasi curah hujan (jam)

R<sub>24</sub> = curah hujan dalam 24 jam (mm/hari), curah hujan rencana dengan periode ulang T

### 2.12 Analisis Kapasitas Penampang Sungai

Perhitungan analisis kapasitas penampang sungai menggunakan rumus-rumus sebagai berikut:

- a. Menentukan Luas Penampang (A')

$$A' = B \times h \dots\dots\dots (2.40)$$

Dimana:

A' = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

B = Lebar bawah (m)

h = Kedalaman saluran (m)

- b. Menentukan Keliling Basah Penampang (P)

$$P = B + (2 \times h) \dots\dots\dots (2.41)$$

Dimana:

P = Keliling basah (m)

B = Lebar bawah (m)

h = Kedalaman saluran (m)

- c. Menentukan Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A'}{P} \dots\dots\dots (2.42)$$

Dimana:

R = Jari-jari hidrolis

A' = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

P = Keliling basah (m)

- d. Menentukan Kemiringan Penampang (S)

$$S = \frac{\text{Tinggi Saluran Hulu} - \text{Tinggi Saluran Hilir}}{\text{Panjang Penampang}} \dots\dots\dots (2.43)$$

- e. Menentukan Koefisien Manning (n)

n = 0,03 berdasarkan tabel 2.9

**Tabel 2.10** Nilai Koefisien Manning (n)

| Saluran  | Tipe Dasar                              | Koefisien 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: Triatmojo B., 1993)

- f. Menentukan Kecepatan Aliran (V)

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.44)$$

Dimana:

V = Kecepatan (m/detik)

n = Nilai koefisien kekasaran manning

R = Jari-jari hidrolis

S = Kemiringan dasar saluran

- g. Menentukan Lengung Debit (Q)

$$Q = A' \times V \dots\dots\dots (2.45)$$

Dimana:

Q = Debit (m<sup>3</sup>/detik)

A' = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

V = Kecepatan aliran rata-rata (m/detik)

### 2.13 Volume Kolam Retensi

Analisis kolam retensi meliputi ukuran dimensi tampungan, waktu limpasan, dan efektivitasnya dalam menampung debit yang melimpas dengan rumus sebagai berikut:

$$Q \text{ luapan sungai yang terjadi} = Q_{100} - \text{Daya tampung sungai} \dots\dots\dots(2.46)$$

$$Q \text{ kolam retensi} = Q \text{ genangan} = Q \text{ luapan sungai yang terjadi} \dots\dots\dots(2.47)$$

$$V \text{ kolam retensi} = Q \text{ kolam retensi} \times (T_p - T_r) \dots\dots\dots(2.48)$$

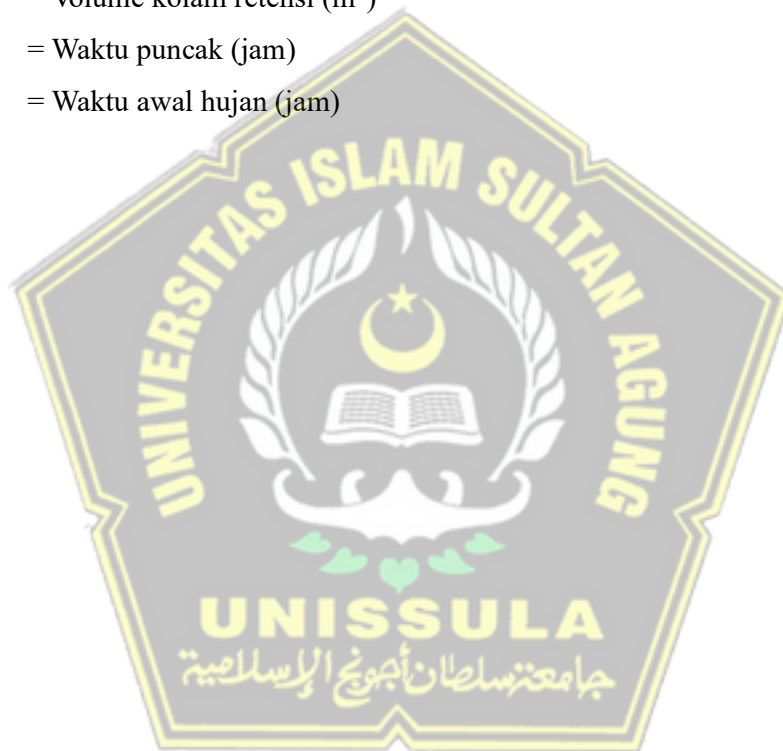
Dimana:

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

$V$  = Volume kolam retensi ( $\text{m}^3$ )

$T_p$  = Waktu puncak (jam)

$T_r$  = Waktu awal hujan (jam)

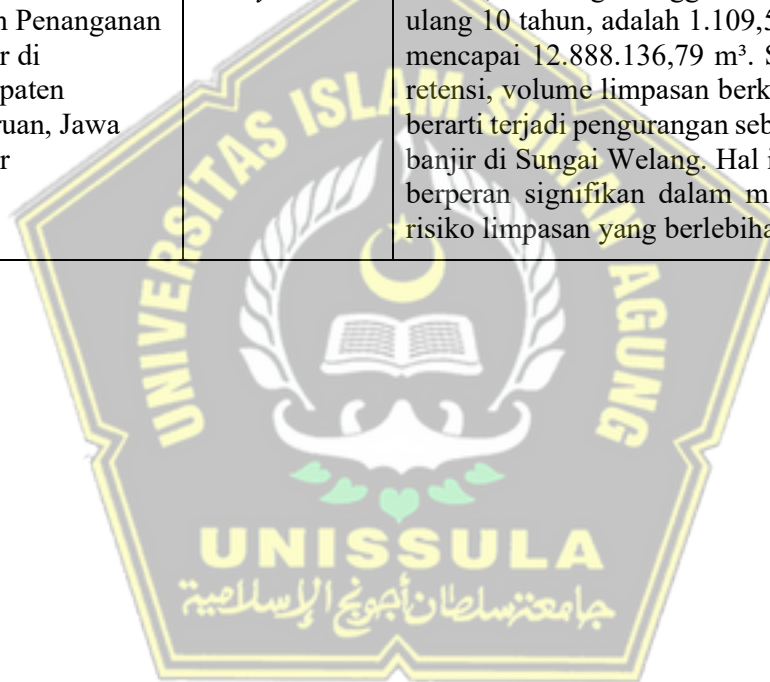


## 2.14 Penelitian Terdahulu

**Tabel 2.11** Penelitian Terdahulu

| No. | Nama Peneliti                                                            | Judul Penelitian                                                                                         | Metode Penelitian                                             | Hasil Penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Fajri Ramadhan, Yola Amelia, Revalin Hardianto, Elvi Roza Syofyan (2020) | Analisis Pengendalian Puncak Banjir Menggunakan Kolam Retensi di DAS Batang Air Dingin Kota Padang       | Metode Rasional Modifikasi, Melchior, dan HSS <i>Nakayasu</i> | Curah hujan rencana Sungai Batang Air Dingin untuk periode ulang 100 tahun sebesar 302,67 mm dihitung menggunakan metode distribusi Gumbel, sedangkan limpasan permukaannya untuk periode 100 tahun sebesar 1.212,940 m <sup>3</sup> /s dihitung dengan metode HSS <i>Nakayasu</i> . Kapasitas tampungan alami sungai ini mencapai 1.205,317 m <sup>3</sup> , sementara volume air yang dapat ditampung oleh kolam retensi sebesar 655.560,849 m <sup>3</sup> , yang diperoleh dari hasil perkalian antara debit yang tidak tertampung oleh sungai dengan waktu puncak banjir. Dengan adanya kolam retensi, debit puncak banjir berkurang sebesar 30,5%.                                                                                                  |
| 2.  | Asril Zevri (2017)                                                       | Analisis Volume Tampungan Kolam Retensi DAS Deli sebagai Salah Satu Upaya Pengendalian Banjir Kota Medan | Metode HSS <i>Nakayasu</i>                                    | Berdasarkan data curah hujan harian maksimum, tata guna lahan, dan karakteristik profil sungai, diketahui bahwa debit banjir kala ulang 100 tahun di DAS Deli-Titi Kuning berpotensi melampaui kapasitas penampang sungai. Debit banjir periode ulang 100 tahun (Q100) tercatat sebesar 548,66 m <sup>3</sup> /det, sedangkan kapasitas penampang Sungai Deli-Titi Kuning hanya 160 m <sup>3</sup> /det, sehingga terdapat kelebihan debit sebesar 388,66 m <sup>3</sup> /det yang perlu ditampung oleh kolam retensi. Dengan adanya kolam retensi, waktu puncak banjir dapat kembali ke kondisi normal dalam 6,13 jam. Volume tampungan yang diperlukan untuk kolam retensi diperkirakan mencapai 8.600.000 m <sup>3</sup> , dengan rencana dimensi yang |

|    |                                                                                            |                                                                                     |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                                                                            |                                                                                     |                            | membutuhkan luas lahan sebesar 215 hektar dan kedalaman rata-rata 4 m.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 3. | Christian Pradhana Putra <sup>1</sup> , I Wayan Mundra <sup>2</sup> , Erni Yulianti (2022) | Perencanaan Kolam Retensi dalam Penanganan Banjir di Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur | Metode HSS <i>Nakayasu</i> | Volume debit banjir pada sungai eksisting sebelum adanya kolam retensi, dihitung menggunakan metode HSS Nakayasu untuk kala ulang 10 tahun, adalah 1.109,597 m <sup>3</sup> /detik dengan volume limpasan mencapai 12.888.136,79 m <sup>3</sup> . Setelah dilakukan perencanaan kolam retensi, volume limpasan berkurang menjadi 7.069.345,97 m <sup>3</sup> , yang berarti terjadi pengurangan sebesar 45,148% terhadap limpasan debit banjir di Sungai Welang. Hal ini menunjukkan bahwa kolam retensi berperan signifikan dalam mengendalikan banjir dan mengurangi risiko limpasan yang berlebihan. |



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Pendahuluan**

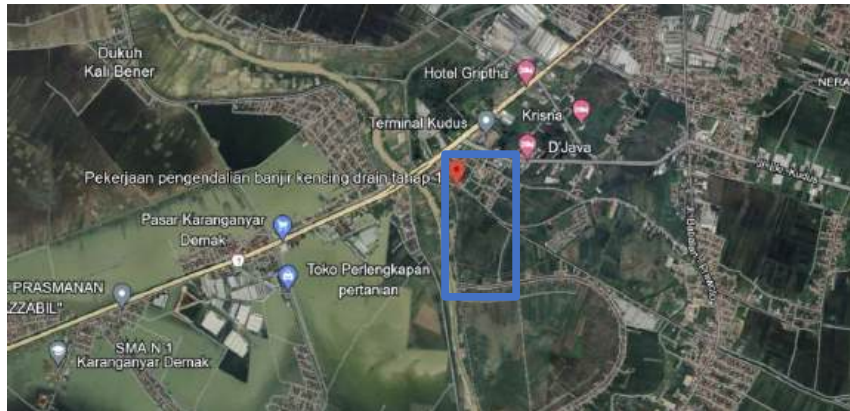
Metode penelitian merupakan salah satu aspek terpenting dalam penulisan tugas akhir. Penyusunannya merupakan suatu tahapan dalam proses pelaksanaan suatu penelitian, yang dapat mempermudah jalannya penelitian hingga menghasilkan laporan yang terstruktur, konsisten, dan sesuai dengan kaidah penulisan yang berlaku, sehingga Tugas Akhir ini dapat dinyatakan layak.

Bab ini mencakup penjelasan mengenai metode yang diterapkan, prosedur serta teknik pengumpulan data, lokasi penelitian, pengolahan data, serta metode-metode lain yang relevan dalam penulisan laporan Tugas Akhir.

Pada laporan Tugas Akhir ini, metode penelitian yang ditetapkan adalah dengan melakukan kajian analisis mengenai kapasitas kolam retensi (*retarding basin*) Sungai Wulan. Penyusunan laporan ini didasarkan pada data yang diperoleh melalui permohonan data kepada Kepala Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana di Semarang, Dinas Pusdataru Provinsi Jawa Tengah dan Balai PSDA Seluna. Selain itu, laporan ini juga mengandalkan berbagai sumber referensi dari penelitian-penelitian terdahulu yang dapat diakses melalui literatur buku, buku elektronik, jurnal, media berita elektronik, serta berbagai sumber lainnya yang dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya berdasarkan fakta yang ada.

#### **3.2 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian berada di Jalan Lingkar Timur, Gendo, Jati Wetan, Kecamatan Jati, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah. Secara geografis terletak pada titik koordinat -6°50'44.1"S dan 110°49'12,3"E



**Gambar 3.1** Lokasi Penelitian  
(Sumber: *Google Earth*, 2024)

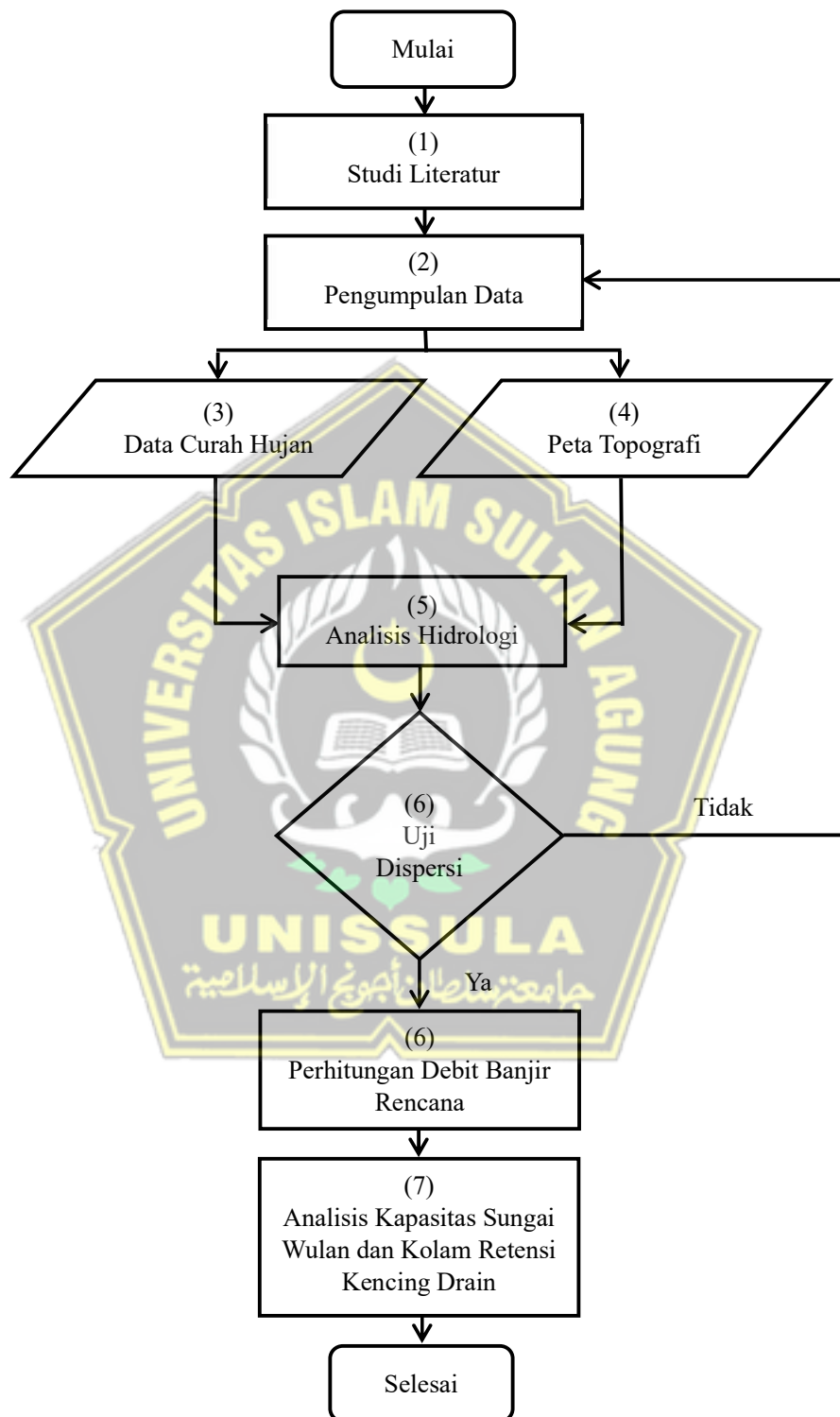
### 3.3 Kondisi Daerah Aliran Sungai

Sungai Serang adalah salah satu sungai utama dalam sistem Daerah Aliran Sungai (DAS) Seluna, yang terletak di Provinsi Jawa Tengah. Sungai ini memiliki aliran yang berasal dari Gunung Merbabu dan daerah Penawangan (Purwodadi) di bagian hulu, kemudian mengalir ke arah hilir dan bertemu dengan Sungai Lusi. Kedua sungai ini kemudian bergabung dan dikenal sebagai Sungai Serang Bawah, yang mengalir lebih jauh hingga mencapai pintu Pengendalian Banjir (PB) Wilalung.

Di Wilalung, aliran tersebut terbagi menjadi dua sungai, yaitu Sungai Wulan dan Sungai Juana. Sungai Wulan mengalir ke arah Kabupaten Kudus dan Demak, sementara Sungai Juana mengarah ke Kabupaten Pati. Kedua cabang sungai ini mengalir menuju Laut Jawa, membentuk jaringan aliran yang saling terhubung dan berkontribusi pada sistem pengaliran air yang luas di wilayah tersebut.

Sungai Serang juga merupakan bagian dari sistem sungai yang memiliki tiga sumber mata air utama, yang berasal dari pegunungan di Boyolali, Blora, Grobogan, dan Muria. Masing-masing sumber ini mengalirkan air ke sungai yang berbeda, dengan Sungai Serang mengalirkan air dari pegunungan Boyolali. Aliran Sungai Serang dan cabang-cabangnya memainkan peran penting dalam pengaturan aliran air yang berasal dari daerah pegunungan menuju pantai utara Jawa Tengah.

### 3.4 Diagram Alur Penelitian



**Gambar 3.2** Diagram Alur Penelitian

### 3.5 Tahap Penelitian

Berikut adalah tahapan pelaksanaan penelitian yang dijabarkan dalam tugas akhir ini:

- a. Studi literatur, dilakukan dengan mengacu pada berbagai sumber yang relevan, termasuk literatur buku, jurnal, serta informasi lain yang terkait.
- b. Pengumpulan data, yang diperlukan untuk proses analisis perhitungan, meliputi data curah hujan dan peta situasi sungai yang terkait.
- c. Data curah hujan, diperoleh dari beberapa stasiun pengamatan yang tersebar di wilayah yang merepresentasikan daerah aliran sungai (DAS) Serang, guna mendukung analisis yang dilakukan dalam laporan tugas akhir ini.
- d. Analisis hidrologi yang dilakukan sebagai berikut:
  - Analisis curah hujan
  - Analisis distribusi frekuensi
  - Analisis distribusi curah hujan
- e. Analisis perhitungan banjir rencana dilakukan dengan periode ulang 100 tahun menggunakan HSS *Nakayasu*. Analisis perhitungan yang ditinjau berikut diantaranya:
  - Perhitungan rata-rata hujan dari awal hingga waktu ke-T
  - Perhitungan curah hujan efektif ( $R_n$ )
  - Perhitungan debit puncak
  - Perhitungan debit banjir rencana
- f. Analisis kapasitas Sungai Wulan diantaranya:
  - Perhitungan luas penampang sungai ( $A$ )
  - Perhitungan kecepatan aliran ( $V$ )
- g. Analisis kapasitas kolam retensi (*retarding basin*) sebagai berikut:
  - Perhitungan kapasitas tampungan kolam retensi

### 3.6 Pengumpulan Data

Dilakukan pengumpulan data guna memperoleh informasi yang dibutuhkan sebagai dasar dalam mendukung analisis yang akan dilakukan. Dalam proses ini, sangat penting untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan bersifat akurat, konkret, relevan, dan dapat dipertanggungjawabkan keabsahannya. Pengumpulan data

melalui survei ataupun permohonan kepada instansi terkait. Berikut adalah jenis-jenis data yang diperlukan untuk memastikan pelaksanaan dan penulisan laporan tugas akhir dapat mencapai hasil yang optimal dan sesuai dengan harapan:

- a. Kondisi umum dari lokasi penelitian, yang mencakup deskripsi garis besar tentang area yang menjadi objek penelitian.
- b. Data Hidrologi
  - Data Curah Hujan di wilayah DAS Serang, yang diperoleh dari beberapa stasiun hujan yang representatif untuk wilayah DAS Serang.
  - Peta lokasi stasiun curah hujan yang mewakili wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Serang.
- c. Peta Situasi Sungai yang akan digunakan untuk menghitung luas penampang dan kecepatan aliran, yaitu
  - Peta Situasi wilayah Sungai Wulan.
- d. Data dan ikon lainnya yang mendukung penulisan dan pengerjaan

### **3.7 Analisis Data**

Analisis data bertujuan untuk merumuskan langkah-langkah dalam kajian kapasitas kolam retensi. Analisis dilakukan dengan pengolahan data yang telah terkumpul sebelumnya. Hasil dari analisis ini merupakan inti dan tujuan utama dari penulisan laporan tugas akhir, yaitu kajian kapasitas kolam retensi. Adapun langkah-langkah dalam analisis data adalah sebagai berikut:

#### **3.7.1 Analisis Hidrologi**

Analisis hidrologi dilakukan dengan menghitung data curah hujan yang berasal dari sejumlah stasiun curah hujan yang merepresentasikan wilayah DAS Serang. Langkah ini bertujuan untuk menghasilkan data hujan rancangan melalui pengolahan data curah hujan, identifikasi pola distribusi curah hujan di wilayah tersebut, serta analisis curah hujan rata-rata. Langkah-langkah ini kemudian dijabarkan lebih rinci dalam tahapan berikut:

- a. Beberapa metode yang digunakan dalam perhitungan hujan rencana, yaitu metode distribusi *Gumbel*, metode distribusi Log Normal, dan Metode distribusi *Log Pearson Type III*.

- b. Uji kecocokan distribusi data curah hujan untuk setiap metode yang dipilih. Tujuan uji ini adalah untuk menentukan frekuensi dan probabilitas kejadian berdasarkan sampel data yang digunakan dalam perhitungan, sehingga data tersebut dapat merepresentasikan keseluruhan data yang ada. Pengujian ini dilakukan menggunakan dua metode uji yaitu uji *Smirnov Kolmogorov* (untuk menguji normalitas sebaran data) dan uji *Chi Square* (untuk menguji kuadrat).
- c. Analisis Perhitungan Distribusi Hujan dilakukan dengan metode Hidrograf Satuan Sintetik *Nakayasu*. Langkah-langkahnya mencakup perhitungan rata-rata hujan, menghitung tinggi hujan pada jam ke-1 dan yang terakhir menghitung distribusi curah hujan efektif.
- d. Analisis Perhitungan Debit Banjir di DAS Serang dengan metode Satuan Sintetik *Nakayasu*. Setelah mengidentifikasi karakteristik DAS Serang, dilakukan analisis parameter hidrograf yang mencakup waktu konsentrasi, waktu tunda, satuan waktu, waktu penurunan debit, serta debit puncak yang terjadi selama hujan.
- e. Melakukan perhitungan hidrograf banjir dengan mempertimbangkan ordinat hidrograf. Selanjutnya, ditentukan nilai hidrograf banjir untuk masing-masing periode ulang pada perencanaan, yaitu 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun.

### **3.7.2 Analisis Hidrolika**

Analisis hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam mengalirkan debit banjir rencana. Adapun Langkah-langkah dalam analisis hidrolika dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Analisis kapasitas penampang sungai. Dengan mengetahui luas penampang Sungai Wulan dan Kecepatan Aliran maka dapat dihasilkan debit aliran sungai.
- b. Analisis kapasitas kolam retensi. Dengan mengetahui dimensi tampungan dari bangunan kolam retensi maka dapat menganalisis kapasitasnya.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisis Hidrologi

Analisis Hidrologi merupakan suatu analisis untuk mengetahui perilaku hidrologi dari suatu Daerah Aliran Sungai. Analisis hidrologi digunakan dalam menentukan besarnya suatu debit banjir rencana untuk menentukan perencanaan suatu bangunan hidrolis. Pada tugas akhir ini, analisis hidrologi dilakukan dengan menggunakan data curah hujan yang berpengaruh dalam suatu wilayah guna mengetahui besarnya debit banjir rencana.

##### 4.1.1 Analisis Data Curah Hujan

###### 4.1.1.1 Data Stasiun Curah Hujan

Terdapat beberapa stasiun pencatatan curah hujan pada DAS Serang yang berperan dalam pengukuran curah hujan di wilayah tersebut. Beberapa di antaranya yaitu:

**Tabel 4.1** Data Stasiun Curah Hujan DAS Serang

| No | Stasiun    | Ketersediaan Data | Pengelola                 |
|----|------------|-------------------|---------------------------|
| 1  | Wilalung   | 2019 – 2023       | Dinas PUSDATARU           |
| 2  | Wonosegoro | 2019 – 2023       | OPSDA I BBWS Pemali Juana |
| 3  | Kunthi     | 2019 – 2023       | OPSDA I BBWS Pemali Juana |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

###### 4.1.1.2 Data Curah Hujan Maksimum

Curah hujan maksimum merupakan curah hujan dengan kuantitas maksimum dalam periode tertentu. Data curah hujan dalam analisis hidrologi menggunakan data curah hujan maksimum yang memiliki pengaruh yang mewakili DAS Serang. Data yang digunakan dalam laporan tugas akhir ini berasal dari tiga stasiun hujan, dengan data curah hujan dari masing-masing stasiun untuk periode lima tahun terakhir (2019-2023).

**Tabel 4.2 Curah Hujan Maksimum Stasiun Wilalung**

| Data Curah Hujan Harian Maksimum (mm) |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |       |
|---------------------------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| Stasiun Wilalung                      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |       |
| No                                    | Tahun | Bulan |      |      |      |      |      |      |      |      |       |      |       |
|                                       |       | Jan   | Feb  | Mar  | Apr  | May  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Oct   | Nov  | Des   |
| 1                                     | 2019  | 129,0 | 35,0 | 46,0 | 84,0 | 33,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 4,0  | 29,0  | 48,0 | 51,0  |
| 2                                     | 2020  | 70,0  | 98,0 | 86,0 | 32,0 | 16,0 | 44,0 | 25,0 | 8,0  | 40,5 | 75,5  | 69,9 | 0,0   |
| 3                                     | 2021  | 54,4  | 54,3 | 26,8 | 62,7 | 37,0 | 33,3 | 2,2  | 36,8 | 54,8 | 65,7  | 62,5 | 46,0  |
| 4                                     | 2022  | 42,5  | 39,0 | 62,0 | 61,0 | 50,0 | 48,0 | 38,5 | 63,0 | 25,0 | 108,0 | 33,5 | 154,2 |
| 5                                     | 2023  | 62,0  | 78,7 | 76,5 | 31,0 | 43,0 | 19,8 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 9,5   | 43,0 | 85,0  |

(Sumber: BBWS Pemali Juana)

**Tabel 4.3 Curah Hujan Maksimum Stasiun Wonosegoro**

| Data Curah Hujan Harian Maksimum (mm) |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Stasiun Wonosegoro                    |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| No                                    | Tahun | Bulan |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                       |       | Jan   | Feb  | Mar  | Apr  | May  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Oct  | Nov  | Des  |
| 1                                     | 2019  | 65,5  | 49,5 | 52,0 | 65,0 | 20,0 | 0,0  | 15,0 | 0,0  | 0,0  | 22,0 | 31,0 | 43,0 |
| 2                                     | 2020  | 75,0  | 27,0 | 47,0 | 36,0 | 44,0 | 0,0  | 0,0  | 15,0 | 7,0  | 64,0 | 98,0 | 74,0 |
| 3                                     | 2021  | 71,0  | 66,0 | 35,0 | 28,5 | 15,0 | 87,0 | 43,0 | 26,0 | 50,0 | 38,0 | 90,0 | 53,0 |
| 4                                     | 2022  | 81,0  | 95,0 | 89,0 | 33,0 | 56,0 | 54,0 | 8,0  | 73,0 | 46,0 | 72,0 | 81,0 | 48,0 |
| 5                                     | 2023  | 29,0  | 52,5 | 53,5 | 54,0 | 57,0 | 50,0 | 6,0  | 0,0  | 20,5 | 36,5 | 45,0 | 40,0 |

(Sumber: BBWS Pemali Juana)

**Tabel 4.4 Curah Hujan Maksimum Stasiun Kunthi**

| Data Curah Hujan Harian Maksimum (mm) |       |       |       |      |      |      |      |      |       |      |      |      |       |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|
| Stasiun Kunthi                        |       |       |       |      |      |      |      |      |       |      |      |      |       |
| No                                    | Tahun | Bulan |       |      |      |      |      |      |       |      |      |      |       |
|                                       |       | Jan   | Feb   | Mar  | Apr  | May  | Jun  | Jul  | Aug   | Sep  | Oct  | Nov  | Des   |
| 1                                     | 2019  | 26,0  | 20,0  | 30,0 | 34,0 | 23,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0   | 0,0  | 33,0 | 39,0 | 53,8  |
| 2                                     | 2020  | 38,0  | 50,0  | 40,0 | 40,0 | 35,0 | 0,0  | 19,0 | 47,5  | 39,2 | 68,8 | 92,6 | 58,0  |
| 3                                     | 2021  | 51,5  | 152,0 | 73,5 | 62,5 | 36,5 | 34,7 | 47,5 | 100,0 | 10,0 | 25,5 | 85,2 | 79,0  |
| 4                                     | 2022  | 57,5  | 33,5  | 50,0 | 49,0 | 56,0 | 26,0 | 16,2 | 56,5  | 17,7 | 65,0 | 73,0 | 110,0 |
| 5                                     | 2023  | 59,0  | 60,8  | 98,0 | 91,0 | 48,0 | 3,2  | 2,0  | 0,0   | 16,5 | 52,0 | 54,0 | 110,2 |

(Sumber: BBWS Pemali Juana)

#### 4.1.1.3 Data Curah Hujan Maksimum Harian Tahunan

**Tabel 4.5** Curah Hujan Tahunan Stasiun Wilalung

| Data Curah Hujan Harian Maksimum Dalam Tahun Stasiun Wilalung |                  |                      |
|---------------------------------------------------------------|------------------|----------------------|
| No                                                            | Tanggal          | Curah Hujan Max (mm) |
| 1                                                             | 28 Januari 2019  | 129,0                |
| 2                                                             | 20 Februari 2020 | 98,0                 |
| 3                                                             | 9 Oktober 2021   | 65,7                 |
| 4                                                             | 31 Desember 2022 | 154,2                |
| 5                                                             | 5 Desember 2023  | 85,0                 |
| Jumlah                                                        |                  | 531,9                |
| Rata-rata                                                     |                  | 106,4                |
| Max                                                           |                  | 154,2                |
| Min                                                           |                  | 65,7                 |
| Deviasi                                                       |                  | 35,3                 |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

**Tabel 4.6** Curah Hujan maksimum Tahunan Stasiun Wonosegoro

| Data Curah Hujan Harian Maksimum Dalam Tahun Stasiun Wonosegoro |                  |                      |
|-----------------------------------------------------------------|------------------|----------------------|
| No                                                              | Tanggal          | Curah Hujan Max (mm) |
| 1                                                               | 13 Januari 2019  | 65,5                 |
| 2                                                               | 19 November 2020 | 98,0                 |
| 3                                                               | 04 November 2021 | 90,0                 |
| 4                                                               | 26 Februari 2022 | 95,0                 |
| 5                                                               | 11 Mei 2023      | 57,0                 |
| Jumlah                                                          |                  | 405,5                |
| Rata-rata                                                       |                  | 81,1                 |
| Max                                                             |                  | 98,0                 |
| Min                                                             |                  | 57,0                 |
| Deviasi                                                         |                  | 18,6                 |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

**Tabel 4.7** Curah Hujan Maksimum tahunan Stasiun Kunthi

| Data Curah Hujan Harian Maksimum Dalam Tahun Stasiun Kunthi |                  |                      |
|-------------------------------------------------------------|------------------|----------------------|
| No                                                          | Tanggal          | Curah Hujan Max (mm) |
| 1                                                           | 5 Desember 2019  | 53,8                 |
| 2                                                           | 28 November 2020 | 92,6                 |
| 3                                                           | 12 Februari 2021 | 152,0                |
| 4                                                           | 22 Desember 2022 | 110,0                |
| 5                                                           | 29 Desember 2023 | 110,2                |
| Jumlah                                                      |                  | 518,6                |
| Rata-rata                                                   |                  | 103,7                |
| Max                                                         |                  | 152,0                |
| Min                                                         |                  | 53,8                 |
| Deviasi                                                     |                  | 35,5                 |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

#### **4.1.2 Analisis Persebaran Wilayah Pengaruh Curah Hujan**

Analisis persebaran wilayah pengaruh curah hujan dilakukan dengan menggunakan metode poligon Thiessen. Metode ini digunakan untuk wilayah analisis yang tidak memperhitungkan kondisi topografi, serta untuk wilayah yang distribusi stasiun curah hujannya tidak merata di dalam DAS. Penerapan metode ini memerlukan setidaknya tiga stasiun curah hujan atau lebih. Jika terdapat perubahan jumlah stasiun, pembagian luas wilayah jaringan dapat mengalami penyesuaian secara menyeluruh.

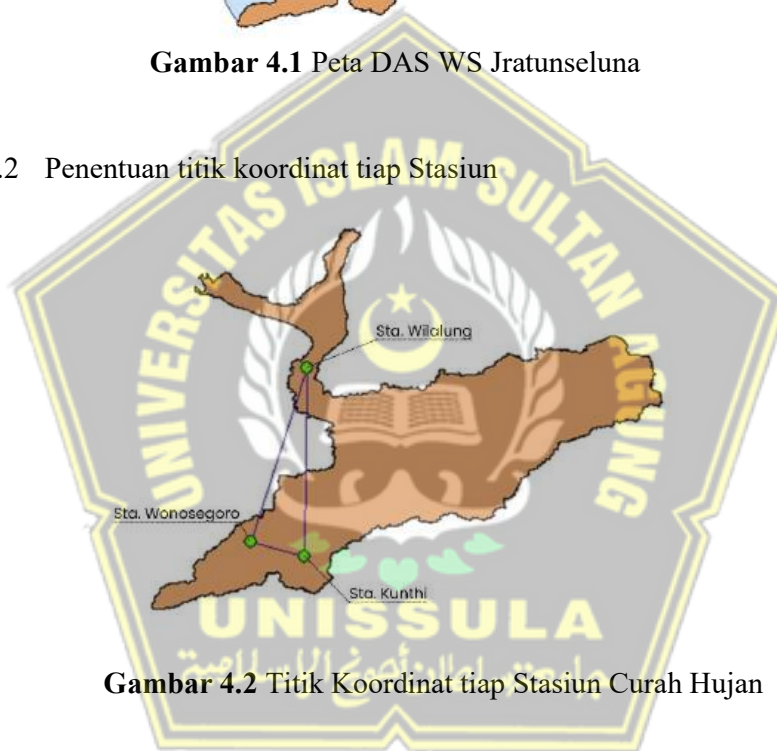
Pada laporan tugas akhir ini, analisis dilakukan dengan menggunakan data dari Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) Serang yang diperoleh melalui Dinas PUSDATARU. Data curah hujan diperoleh dari tiga stasiun, yaitu Stasiun Curah Hujan Wilalung, Wonosegoro, dan Kunthi, berdasarkan titik koordinat yang telah ditentukan.

#### 4.1.2.1 Identifikasi DAS Serang dari peta DAS WS Jratunseluna



**Gambar 4.1** Peta DAS WS Jratunseluna

#### 4.1.2.2 Penentuan titik koordinat tiap Stasiun



**Gambar 4.2** Titik Koordinat tiap Stasiun Curah Hujan

**Tabel 4.8** Letak Stasiun Hujan DAS Serang

| No | Nama Stasiun | Titik Koordinat |              | Lokasi Stasiun                  |
|----|--------------|-----------------|--------------|---------------------------------|
|    |              | Longitude       | Latitude     |                                 |
| 1  | Wilalung     | 110°47'37"E     | 6°55'26"S    | Kec. Undaan, Kab, Kudus         |
| 2  | Wonosegoro   | 110°39'36,49"E  | 7°18'43,24"S | Kec.Wonosegoro<br>Kab. Boyolali |
| 3  | Kunthi       | 110°46'42,98"E  | 7°20'41,62"S | Kec. Andong, Kab. Boyolali      |

(Sumber: BBWS Pemali Juana)

#### 4.1.2.3 Pembagian Wilayah Persebaran Curah Hujan



**Gambar 4.3** Pembagian wilayah persebaran curah hujan

**Tabel 4.9** Luas Area Pengaruh Stasiun Curah Hujan

| No    | Stasiun    | Lokasi                         | Luas (Km <sup>2</sup> ) | Presentase |
|-------|------------|--------------------------------|-------------------------|------------|
| 1     | Wilalung   | Kec. Undaan, Kab. Kudus        | 2134,082                | 61,22%     |
| 2     | Wonosegoro | Kec. Wonosegoro, Kab. Boyolali | 378,246                 | 10,85%     |
| 3     | Kunthi     | Kec. Andong, Kab. Boyolali     | 973,770                 | 27,93%     |
| Total |            |                                | 3486,098                | 100%       |

(Sumber: Hasil Analisis *AutoCAD*, 2024)

#### 4.1.3 Analisis Curah Hujan Harian Rata-Rata Maksimum Wilayah

Perhitungan nilai maksimum rata-rata curah hujan harian wilayah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 R_{2019} &= \frac{(129,0 \times 2134,082 + 65,5 \times 378,246 + 53,8 \times 973,770)}{3486,098} \\
 &= \frac{352460,536}{3486,098} \\
 &= 101,104 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{2020} &= \frac{(98,0 \times 2134,082 + 98 \times 378,246 + 92,6 \times 973,770)}{3486,098} \\
 &= \frac{336379,275}{3486,098} \\
 &= 96,491 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{2021} &= \frac{(65,7 \times 2134,082 + 90,0 \times 378,246 + 152,0 \times 973,770)}{3486,098}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{322264,413}{3486,098} \\
&= 92,442 \text{ mm} \\
R_{2022} &= \frac{(154,2 \times 2134,082 + 95,0 \times 378,246 + 110,0 \times 973,770)}{3486,098} \\
&= \frac{472123,550}{3486,098} \\
&= 135,430 \text{ mm} \\
R_{2023} &= \frac{(85,0 \times 2134,082 + 57,0 \times 378,246 + 110,2 \times 973,770)}{3486,098} \\
&= \frac{310266,480}{3486,098} \\
&= 89,001 \text{ mm}
\end{aligned}$$

**Tabel 4.10** Analisis Curah Hujan Harian Maksimum Rata-Rata Wilayah

| Tahun | Sta. Wilalung | Sta. Wonosegoro | Sta. Kunthi | Curah Hujan Rerata Maks (mm) |
|-------|---------------|-----------------|-------------|------------------------------|
| 2019  | 275296,5816   | 24775,11202     | 52388,84192 | 101,104                      |
| 2020  | 209140,0387   | 37068,10653     | 90171,12941 | 96,491                       |
| 2021  | 140209,1892   | 34042,13865     | 148013,085  | 92,442                       |
| 2022  | 329075,4487   | 35933,36858     | 107114,7326 | 135,430                      |
| 2023  | 181396,9724   | 21560,02115     | 107309,4866 | 89,001                       |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

## 4.2 Analisis Perhitungan Distribusi Curah Hujan Rancangan

### 4.2.1 Metode Distribusi *Gumbel*

Analisis distribusi curah hujan menggunakan metode *gumbel* sebagai berikut:

#### 4.2.1.1 Rata-rata $\bar{X}$

$$\begin{aligned}
N &= 5 \\
\bar{X} &= \frac{\sum_{i=1}^k X}{n} \\
&= \frac{101,104 + 96,491 + 92,442 + 135,430 + 89,001}{5} \\
&= \frac{514,470}{5} \\
&= 102,894 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2 = 281,01$$

$$\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^3 = 30351,89$$

$$\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^4 = 1171532,12$$

#### 4.2.1.2 Standar deviasi (S)

$$\begin{aligned} S^2 &= \frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}{n-1} \\ &= \frac{1405,05}{5-1} \\ &= \frac{1405,05}{4} \\ &= 351,262 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{S^2} \\ &= \sqrt{351,262} \\ &= 18,741 \end{aligned}$$

#### 4.2.1.3 Koefisien variasi (Cv)

$$\begin{aligned} C_v &= \frac{S}{\bar{X}} \\ &= \frac{18,741}{102,894} \\ &= 0,182 \end{aligned}$$

#### 4.2.1.4 Koefisien kemencengan (Cs)

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{\sum (X - \bar{X})^3 * n}{(n-1) * (n-2) * S^3} \\ &= \frac{30351,89 * 5}{(5-1) * (5-2) * 18,741^3} \\ &= 1,920 \end{aligned}$$

#### 4.2.1.5 Koefisiensi ketajaman (Ck)

$$\begin{aligned} C_k &= \frac{\sum (X - \bar{X})^4 * n^2}{(n-1) * (n-2) * (n-3) * S^4} \\ &= \frac{1171532,12 * 5^2}{(5-1) * (5-2) * (5-3) * 18,741^4} \\ &= 9,890 \end{aligned}$$

Kemudian, hasil perhitungan analisis distribusi curah hujan dengan metode *Gumbel* disajikan dalam tabel berikut:

**Tabel 4.11** Analisis Distribusi dengan Metode *Gumbel*

| No.       | Tahun | X terurut | (X <sub>i</sub> - X rerata) | (X <sub>i</sub> - X rerata) <sup>2</sup> | (X <sub>i</sub> - X rerata) <sup>3</sup> | (X <sub>i</sub> - X rerata) <sup>4</sup> |
|-----------|-------|-----------|-----------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1         | 2019  | 135,43    | 32,54                       | 1058,61                                  | 34443,24                                 | 1120655,24                               |
| 2         | 2020  | 101,10    | -1,79                       | 3,20                                     | -5,73                                    | 10,25                                    |
| 3         | 2021  | 96,49     | -6,40                       | 40,99                                    | -262,45                                  | 1680,29                                  |
| 4         | 2022  | 92,44     | -10,45                      | 109,23                                   | -1141,61                                 | 11931,35                                 |
| 5         | 2023  | 89,00     | -13,89                      | 193,02                                   | -2681,56                                 | 37254,98                                 |
| Jumlah    |       | 514,47    | 0,00                        | 1405,05                                  | 30351,89                                 | 1171532,12                               |
| Rata-rata |       | 102,89    | 0,00                        | 281,01                                   | 6070,38                                  | 234306,42                                |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

#### 4.2.2 Metode Distribusi Normal

##### 4.2.2.1 Rata-rata $\bar{X}$

$$N = 5$$

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \frac{\sum_{i=1}^k X}{n} \\ &= \frac{101,104 + 96,491 + 92,442 + 89,001}{5} \\ &= \frac{514,470}{5} \\ &= 102,89 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2 = 1405,05$$

$$\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^3 = 30351,89$$

$$\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^4 = 1171532,12$$

##### 4.2.2.2 Standar deviasi (S)

$$\begin{aligned}S^2 &= \frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}{n-1} \\ &= \frac{1405,05}{5-1} \\ &= \frac{1405,05}{4} \\ &= 351,262 \\ S &= \sqrt{S^2} \\ &= \sqrt{351,262} \\ &= 18,742\end{aligned}$$

#### 4.2.2.3 Koefisien variasi (Cv)

$$\begin{aligned} C_v &= \frac{S}{\bar{X}} \\ &= \frac{18,742}{102,89} \\ &= 0,182 \end{aligned}$$

#### 4.2.2.4 Koefisien kemelencengan (Cs)

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{\sum(X-\bar{X})^3 * n}{(n-1)*(n-2)*S^3} \\ &= \frac{30351,89*5}{(5-1)*(5-2)*18,742^3} \\ &= 1,920 \end{aligned}$$

#### 4.2.2.5 Koefisiensi ketajaman (Ck)

$$\begin{aligned} C_k &= \frac{\sum(X-\bar{X})^4 * n^2}{(n-1)*(n-2)*(n-3)*S^4} \\ &= \frac{1171532,12*5^2}{(5-1)*(5-2)*(5-3)*18,842^4} \\ &= 9,890 \end{aligned}$$

Kemudian, digunakan metode distribusi normal untuk menghitung faktor frekuensi curah hujan rencana periode ulang 2 tahun:

#### 4.2.2.6 Faktor frekuensi (kt)

Dalam analisis distribusi curah hujan menggunakan metode normal, faktor reduksi ditentukan berdasarkan nilai kt dari tabel Gauss yang terdapat pada Tabel 4.12. Jika nilai kt yang dibutuhkan tidak tercantum dalam tabel, maka perhitungan dilakukan dengan metode interpolasi untuk memperoleh nilai yang sesuai.

Pada Tabel 4.12 tidak terdapat nilai K<sub>25</sub>. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan interpolasi. Karena K<sub>25</sub> berada di antara K<sub>20</sub> dan K<sub>50</sub>, maka interpolasi dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{tahun ke-20} &\rightarrow kt = 1,640 \\ \text{tahun ke-50} &\rightarrow kt = 2,050 \\ K_{25\text{tahun}} &= 1,640 + \left( \frac{(2,050-1,640)*925-20}{(50-2)} \right) \\ &= 1,708 \end{aligned}$$

**Tabel 4.12** Variabel Reduksi Gauss (kt)

| No | Tahun    | Kt     |
|----|----------|--------|
| 1  | 1,001    | -3,050 |
| 2  | 1,005    | -2,580 |
| 3  | 1,01     | -2,330 |
| 4  | 1,05     | -1,640 |
| 5  | 1,110    | -1,280 |
| 6  | 1,250    | -0,840 |
| 7  | 1,330    | -0,670 |
| 8  | 1,430    | -0,520 |
| 9  | 1,670    | -0,250 |
| 10 | 2,000    | 0,000  |
| 11 | 2,500    | 0,250  |
| 12 | 3,330    | 0,520  |
| 13 | 4,000    | 0,670  |
| 14 | 5,000    | 0,840  |
| 15 | 10,000   | 1,280  |
| 16 | 20,000   | 1,640  |
| 17 | 50,000   | 2,050  |
| 18 | 100,000  | 2,330  |
| 19 | 200,000  | 2,580  |
| 20 | 500,000  | 2,880  |
| 21 | 1000,000 | 3,090  |

(Sumber: Suripin, 2004)

#### 4.2.2.7 Curah hujan rencana (Xt)

Curah hujan rencana untuk periode ulang 2 tahun dihitung menggunakan metode distribusi normal dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}X_t &= \bar{X} + K * S \\&= 102,89 + (0,000) * 18,7420 \\&= 102,894 \text{ mm}\end{aligned}$$

Selanjutnya, hasil perhitungan analisis distribusi curah hujan menggunakan metode normal lainnya disajikan dalam tabel 4.13.

**Tabel 4.13** Analisis Distribusi Curah Hujan Metode Normal

| No.       | Tahun | X terurut | (X <sub>i</sub> - X rerata) | (X <sub>i</sub> - X rerata) <sup>2</sup> | (X <sub>i</sub> - X rerata) <sup>3</sup> | (X <sub>i</sub> - X rerata) <sup>4</sup> |
|-----------|-------|-----------|-----------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1         | 2019  | 101,10    | -1,79                       | 3,20                                     | -5,73                                    | 10,25                                    |
| 2         | 2020  | 96,49     | -6,40                       | 40,99                                    | -262,45                                  | 1680,29                                  |
| 3         | 2021  | 92,44     | -10,45                      | 109,23                                   | -1141,61                                 | 11931,35                                 |
| 4         | 2022  | 135,43    | 32,54                       | 1058,61                                  | 34443,24                                 | 1120655,24                               |
| 5         | 2023  | 89,00     | -13,89                      | 193,02                                   | -2681,56                                 | 37254,98                                 |
| Jumlah    |       | 514,47    | 0,00                        | 1405,05                                  | 30351,89                                 | 1171532,12                               |
| Rata-rata |       | 102,89    | 0,00                        | 281,01                                   | 6070,38                                  | 234306,42                                |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

**Tabel 4.14** Curah Hujan Rencana Metode Normal

| No | Periode Ulang<br>(T) | Kt    | Xt      |
|----|----------------------|-------|---------|
| 1  | 2                    | 0,000 | 102,894 |
| 2  | 5                    | 0,840 | 118,637 |
| 3  | 10                   | 1,280 | 126,884 |
| 4  | 25                   | 1,708 | 134,912 |
| 5  | 50                   | 2,050 | 141,315 |
| 6  | 100                  | 2,330 | 146,563 |
| 7  | 200                  | 2,580 | 151,248 |
| 8  | 1000                 | 3,090 | 160,807 |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

**4.2.3 Metode Distribusi Log Normal****4.2.3.1 Rata-rata**

$$\begin{aligned}
 N &= 5 \\
 X &= \text{Log}(X_i) \\
 &= \text{Log}(135,43) \\
 &= 2,1317 \text{ mm} \\
 \bar{X} &= \frac{\sum_{i=1}^k X_i}{n} \\
 &= \frac{2,1317 + 2,0048 + 1,9845 + 1,9659 + 1,9494}{5} \\
 &= \frac{10,0362}{5} \\
 &= 2,0072 \text{ mm} \\
 \sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2 &= 0,02108
 \end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^3 = 0,00165$$

$$\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^4 = 0,00025$$

#### 4.2.3.2 Standar deviasi

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}{n-1}$$

$$= \frac{0,02108}{5-1}$$

$$= \frac{0,02108}{4}$$

$$= 0,00526$$

$$S = \sqrt{S^2}$$

$$= \sqrt{0,00526}$$

$$= 0,0726$$

#### 4.2.3.3 Koefisien variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$$

$$= \frac{0,0726}{2,0072}$$

$$= 0,0362$$

#### 4.2.3.4 Koefisiensi Skewness (Cs)

$$Cs = \frac{\sum (X - \bar{X})^3 * n}{(n-1) * (n-2) * S^3}$$

$$= \frac{0,00165 * 5}{(5-1) * (5-2) * 0,0726^3}$$

$$= 1,7998$$

#### 4.2.3.5 Koefisiensi kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{\sum (X - \bar{X})^4 * n^2}{(n-1) * (n-2) * (n-3) * S^4}$$

$$= \frac{0,00025 * 5^2}{(5-1) * (5-2) * (5-3) * 0,0726^4}$$

$$= 9,5462$$

Kemudian analisis faktor frekuensi data curah hujan rencana untuk periode 2 tahun menggunakan metode distribusi normal sebagai berikut:

#### 4.2.3.6 Faktor frekuensi (kt)

|                         |   |                           |
|-------------------------|---|---------------------------|
| K <sub>2</sub> tahun    | = | 0,000                     |
| K <sub>5</sub> tahun    | = | 0,840                     |
| K <sub>10</sub> tahun   | = | 1,280                     |
| K <sub>50</sub> tahun   | = | 2,050                     |
| K <sub>100</sub> tahun  | = | 2,330                     |
| K <sub>200</sub> tahun  | = | 2,580                     |
| K <sub>1000</sub> tahun | = | 3,090                     |
| K <sub>25</sub> tahun   | = | tidak terdapat pada tabel |

Pada Tabel 4.12 tidak terdapat nilai K<sub>25</sub>. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan interpolasi. Karena K<sub>25</sub> berada di antara K<sub>20</sub> dan K<sub>50</sub>, maka interpolasi dilakukan dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{tahun ke-20} &\rightarrow \text{kt} = 1,640 \\
 \text{tahun ke-50} &\rightarrow \text{kt} = 2,050 \\
 K_{25\text{tahun}} &= 1,640 + \left( \frac{(2,050 - 1,640) * 925 - 2}{(50 - 20)} \right) \\
 &= 1,708
 \end{aligned}$$

#### 4.2.3.7 Curah hujan rencana (Xt)

$$\begin{aligned}
 \text{Log } X_t &= \bar{X} + k * S \\
 &= 2,0072 + (0,000) * 0,0726 \\
 &= 2,0072 \\
 X_t &= \exp(\text{Log } X_t) \\
 &= \exp(2,0072) \\
 &= 7,443
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.15** Analisis Distribusi Metode Log Normal

| No.       | Xi       | X = Log Xi | (Log Xi - $\bar{X}$ ) | (Log Xi - $\bar{X}$ ) <sup>2</sup> | (Log Xi - $\bar{X}$ ) <sup>3</sup> | (Log Xi - $\bar{X}$ ) <sup>4</sup> |
|-----------|----------|------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1         | 135,43   | 2,1317     | 0,12447               | 0,01549                            | 0,00193                            | 0,00024                            |
| 2         | 101,10   | 2,0048     | -0,00248              | 0,00001                            | 0,00000                            | 0,00000                            |
| 3         | 96,49    | 1,9845     | -0,02276              | 0,00052                            | -0,00001                           | 0,00000                            |
| 4         | 92,44    | 1,9659     | -0,04138              | 0,00171                            | -0,00007                           | 0,00000                            |
| 5         | 89,00    | 1,9494     | -0,05785              | 0,00335                            | -0,00019                           | 0,00001                            |
| Total     | 514,4704 | 10,0362    | 0,00000               | 0,02108                            | 0,00165                            | 0,00025                            |
| Rata-rata | 102,89   | 2,0072     | 0,00                  | 0,00                               | 0,00                               | 0,00                               |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

**Tabel 4.16** Curah Hujan Rencana Log Normal

| No | Periode Ulang | Kt    | Log Xt | Xt      |
|----|---------------|-------|--------|---------|
|    | (T)           |       |        |         |
| 1  | 2             | 0,000 | 2,007  | 101,683 |
| 2  | 5             | 0,840 | 2,068  | 117,010 |
| 3  | 10            | 1,280 | 2,100  | 125,939 |
| 4  | 25            | 1,708 | 2,131  | 135,285 |
| 5  | 50            | 2,050 | 2,156  | 143,236 |
| 6  | 100           | 2,330 | 2,176  | 150,098 |
| 7  | 200           | 2,580 | 2,195  | 156,503 |
| 8  | 1000          | 3,090 | 2,232  | 170,428 |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

#### 4.2.4 Metode Distribusi *Log Pearson Type III*

##### 4.2.4.1 Rata-rata

$$\begin{aligned}
 N &= 5 \\
 X &= \text{Log } (X_i) \\
 &= \text{Log } (101,10) \\
 &= 2,0048 \\
 \bar{X} &= \frac{\sum_{i=1}^k X_i}{n} \\
 &= \frac{2,0048 + 1,9845 + 1,9659 + 2,1317 + 1,9494}{5} \\
 &= \frac{514,47}{5} \\
 &= 2,0072 \text{ mm} \\
 \sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2 &= 0,0211 \\
 \sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^3 &= 0,0017 \\
 \sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^4 &= 0,0003
 \end{aligned}$$

##### 4.2.4.2 Standar deviasi

$$\begin{aligned}
 S^2 &= \frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}{n-1} \\
 &= \frac{0,0211}{5-1} \\
 &= \frac{0,0211}{4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,00526 \\
 S &= \sqrt{S^2} \\
 &= \sqrt{0,00526} \\
 &= 0,0726
 \end{aligned}$$

#### 4.2.4.3 Koefisien variasi (Cv)

$$\begin{aligned}
 C_v &= \frac{S}{\bar{X}} \\
 &= \frac{0,0726}{2,0072} \\
 &= 0,03616
 \end{aligned}$$

#### 4.2.4.4 Koefisiensi *Skewness* (Cs)

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{\sum(X-\bar{X})^3 * n}{(n-1)*(n-2)*S^3} \\
 &= \frac{0,0017*5}{(5-1)*(5-2)*0,0726^3} \\
 &= 1,7998
 \end{aligned}$$

#### 4.2.4.5 Koefisiensi kurtosis (Ck)

$$\begin{aligned}
 C_k &= \frac{\sum(X-\bar{X})^4 * n^2}{(n-1)*(n-2)*(n-3)*S^4} \\
 &= \frac{0,0003*5^2}{(5-1)*(5-2)*(5-3)*0,0726^4} \\
 &= 9,5462
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan analisis perhitungan faktor frekuensi data curah hujan rencana untuk periode 2 tahun menggunakan metode distribusi *Log Pearson Type III* sebagai berikut:

#### 4.2.4.6 Faktor Frekuensi (kt)

Nilai faktor frekuensi pada metode distribusi *Log Pearson Type III* dilihat berdasarkan besar nilai Koefisien *Skewness* (Cs) dari tabel 4.16.

Analisis perhitungan diperoleh nilai koefisien *Skewness* sebesar 1,7998 namun nilai tersebut tidak terdapat pada tabel sehingga untuk mendapatkan nilai kt, dilakukan perhitungan interpolasi nilai Cs.

Cs = 1,7998 terletak diantara Cs = 1,6 dan Cs = 1,8 maka perhitungan interpolasi sebagai berikut:

a. Periode ulang 2 tahun

$$Cs = 1,6 \rightarrow kt_{2 \text{ tahun}} = 0,254$$

$$Cs = 1,8 \rightarrow kt_{2 \text{ tahun}} = 0,282$$

$$Cs = 1,7998 \rightarrow kt_{2 \text{ tahun}} = 0,254 + \left( \frac{\{(-0,282) - (-0,254)\} + (1,7998 - (1,6))}{((1,6) - (1,8))} \right) \\ = 0,282$$

b. Kala ulang 5 tahun

$$Cs = 1,6 \rightarrow kt_{5 \text{ tahun}} = 0,675$$

$$Cs = 1,8 \rightarrow kt_{5 \text{ tahun}} = 0,643$$

$$Cs = 1,7998 \rightarrow kt_{5 \text{ tahun}} = 0,675 + \left( \frac{(0,643 - 0,675) + ((1,7998) - (1,6))}{((1,6) - (1,8))} \right) \\ = 0,643$$

c. Kala ulang 10 tahun

$$Cs = 1,6 \rightarrow kt_{10 \text{ tahun}} = 1,329$$

$$Cs = 1,8 \rightarrow kt_{10 \text{ tahun}} = 1,318$$

$$Cs = 1,7998 \rightarrow kt_{10 \text{ tahun}} = 1,329 + \left( \frac{(1,318 - 1,329) + ((1,7998) - (1,6))}{((1,6) - (1,8))} \right) \\ = 1,318$$

Hasil interpolasi untuk nilai kt dengan periode ulang tertentu disajikan pada tabel 4.17.

**Tabel 4.17** Curah Hujan Rencana *Log Pearson Type III*

| Interpolasi Nilai kt |               |        |        |        |
|----------------------|---------------|--------|--------|--------|
| No.                  | Periode Ulang | Cs     |        |        |
|                      | (T)           | 1,6    | 1,8    | 1,7998 |
| 1                    | 2             | -0,254 | -0,282 | -0,282 |
| 2                    | 5             | 0,675  | 0,643  | 0,643  |
| 3                    | 10            | 1,329  | 1,318  | 1,318  |
| 4                    | 25            | 2,163  | 2,193  | 2,193  |
| 5                    | 50            | 2,780  | 2,848  | 2,848  |
| 6                    | 100           | 3,388  | 3,499  | 3,499  |
| 7                    | 200           | 3,990  | 4,147  | 4,147  |
| 8                    | 1000          | 5,390  | 5,660  | 5,660  |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Tabel 4.18 Periode Ulang Rencana

| Koefisien | Waktu Balik (Tahun) |        |        |        |         |        |         |       |       |        |       |       |       |       |       |
|-----------|---------------------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | 1,01                | 1,05   | 1,11   | 1,25   | 1,667   | 2      | 2,5     | 5     | 10    | 20     | 25    | 50    | 100   | 200   | 1000  |
| Cs        | Peluang (%)         |        |        |        |         |        |         |       |       |        |       |       |       |       |       |
|           | 99                  | 95     | 90     | 80     | 60      | 50     | 40      | 20    | 10    | 5      | 4     | 2     | 1     | 0,5   | 0,1   |
| 3,0       | -0,667              | -0,665 | -0,660 | -0,636 | -0,4760 | -0,396 | -0,1240 | 0,420 | 1,180 | 2,0950 | 2,278 | 3,152 | 4,051 | 4,970 | 7,250 |
| 2,5       | -0,799              | -0,790 | -0,771 | -0,711 | -0,4770 | -0,360 | -0,0673 | 0,518 | 1,250 | 2,0933 | 2,262 | 3,048 | 3,845 | 4,652 | 6,600 |
| 2,2       | -0,905              | -0,882 | -0,844 | -0,752 | -0,4707 | -0,330 | -0,0287 | 0,574 | 1,284 | 2,0807 | 2,240 | 2,970 | 3,705 | 4,444 | 6,200 |
| 2,0       | -0,990              | -0,949 | -0,895 | -0,777 | -0,4637 | -0,307 | -0,0017 | 0,609 | 1,302 | 2,0662 | 2,219 | 2,912 | 3,605 | 4,298 | 5,910 |
| 1,8       | -1,087              | -1,020 | -0,945 | -0,799 | -0,4543 | -0,282 | 0,0263  | 0,643 | 1,318 | 2,0472 | 2,193 | 2,848 | 3,499 | 4,147 | 5,660 |
| 1,6       | -1,197              | -1,093 | -0,994 | -0,817 | -0,4417 | -0,254 | 0,0557  | 0,675 | 1,329 | 2,0240 | 2,163 | 2,780 | 3,388 | 3,990 | 5,390 |
| 1,4       | -1,318              | -1,168 | -1,041 | -0,832 | -0,4273 | -0,225 | 0,0850  | 0,705 | 1,337 | 1,9962 | 2,128 | 2,706 | 3,271 | 3,828 | 5,110 |
| 1,2       | -1,449              | -1,243 | -1,086 | -0,844 | -0,4113 | -0,195 | 0,1140  | 0,732 | 1,340 | 1,9625 | 2,087 | 2,626 | 3,149 | 3,661 | 4,820 |
| 1,0       | -1,588              | -1,317 | -1,128 | -0,852 | -0,3933 | -0,164 | 0,1433  | 0,758 | 1,340 | 1,9258 | 2,043 | 2,542 | 3,022 | 3,489 | 4,540 |
| 0,9       | -1,660              | -1,353 | -1,147 | -0,854 | -0,3833 | -0,148 | 0,1577  | 0,769 | 1,339 | 1,9048 | 2,018 | 2,498 | 2,957 | 3,401 | 4,395 |
| 0,8       | -1,733              | -1,388 | -1,116 | -0,856 | -0,3733 | -0,132 | 0,1720  | 0,780 | 1,336 | 1,8877 | 1,998 | 2,453 | 2,891 | 3,312 | 4,250 |
| 0,7       | -1,806              | -1,423 | -1,183 | -0,857 | -0,3630 | -0,116 | 0,1860  | 0,790 | 1,333 | 1,8613 | 1,967 | 2,407 | 2,824 | 3,223 | 4,105 |
| 0,6       | -1,880              | -1,458 | -1,200 | -0,857 | -0,3517 | -0,099 | 0,2007  | 0,800 | 1,328 | 1,8372 | 1,939 | 2,359 | 2,755 | 3,132 | 3,960 |
| 0,5       | -1,955              | -1,491 | -1,216 | -0,856 | -0,3407 | -0,083 | 0,2140  | 0,808 | 1,323 | 1,8122 | 1,910 | 2,311 | 2,686 | 3,041 | 3,815 |
| 0,4       | -2,029              | -1,524 | -1,231 | -0,855 | -0,3290 | -0,066 | 0,2280  | 0,816 | 1,317 | 1,7862 | 1,880 | 2,261 | 2,615 | 2,949 | 3,670 |
| 0,3       | -2,104              | -1,555 | -1,245 | -0,853 | -0,3177 | -0,050 | 0,2413  | 0,824 | 1,309 | 1,7590 | 1,849 | 2,211 | 2,544 | 2,856 | 3,525 |
| 0,2       | -2,178              | -1,586 | -1,258 | -0,850 | -0,3053 | -0,033 | 0,2547  | 0,830 | 1,301 | 1,7318 | 1,818 | 2,159 | 2,472 | 2,763 | 3,380 |
| 0,1       | -2,252              | -1,616 | -1,270 | -0,846 | -0,2933 | -0,017 | 0,2673  | 0,836 | 1,292 | 1,7028 | 1,785 | 2,107 | 2,400 | 2,670 | 3,235 |
| 0,0       | -2,326              | -1,645 | -1,282 | -0,842 | -0,2807 | 0,000  | 0,2807  | 0,842 | 1,282 | 1,6728 | 1,751 | 2,054 | 2,326 | 2,576 | 3,090 |
| -0,1      | -2,400              | -1,673 | -1,292 | -0,836 | -0,2673 | 0,017  | 0,2900  | 0,836 | 1,270 | 1,6417 | 1,716 | 2,000 | 2,252 | 2,482 | 2,950 |
| -0,2      | -2,472              | -1,700 | -1,301 | -0,830 | -0,2547 | 0,033  | 0,3053  | 0,850 | 1,258 | 1,6097 | 1,680 | 1,945 | 2,178 | 2,388 | 2,810 |
| -0,3      | -2,544              | -1,726 | -1,309 | -0,824 | -0,2413 | 0,050  | 0,3177  | 0,853 | 1,245 | 1,5767 | 1,643 | 1,890 | 2,104 | 2,294 | 2,675 |
| -0,4      | -2,615              | -1,750 | -1,317 | -0,816 | -0,2280 | 0,066  | 0,3290  | 0,855 | 1,231 | 1,5435 | 1,606 | 1,834 | 2,029 | 2,201 | 2,540 |
| -0,5      | -2,686              | -1,774 | -1,323 | -0,808 | -0,2140 | 0,083  | 0,3407  | 0,856 | 1,216 | 1,5085 | 1,567 | 1,777 | 1,955 | 2,108 | 2,400 |
| -0,6      | -2,755              | -1,797 | -1,328 | -0,800 | -0,2007 | 0,099  | 0,3517  | 0,857 | 1,200 | 1,4733 | 1,528 | 1,720 | 1,880 | 2,016 | 2,275 |
| -0,7      | -2,824              | -1,819 | -1,333 | -0,790 | -0,1860 | 0,116  | 0,3630  | 0,857 | 1,183 | 1,4372 | 1,488 | 1,663 | 1,806 | 1,926 | 2,150 |
| -0,8      | -2,891              | -1,839 | -1,336 | -0,780 | -0,1720 | 0,132  | 0,3733  | 0,856 | 1,166 | 1,4010 | 1,448 | 1,606 | 1,733 | 1,837 | 2,035 |
| -0,9      | -2,957              | -1,858 | -1,339 | -0,769 | -0,1577 | 0,148  | 0,3833  | 0,854 | 1,147 | 1,3637 | 1,407 | 1,549 | 1,660 | 1,749 | 1,910 |
| -1,0      | -3,022              | -1,877 | -1,340 | -0,758 | -0,1433 | 0,164  | 0,3933  | 0,852 | 1,128 | 1,3263 | 1,366 | 1,492 | 1,588 | 1,664 | 1,800 |
| -1,2      | -3,149              | -1,910 | -1,340 | -0,732 | -0,1140 | 0,195  | 0,4113  | 0,844 | 1,086 | 1,2493 | 1,282 | 1,379 | 1,449 | 1,501 | 1,625 |
| -1,4      | -3,271              | -1,938 | -1,337 | -0,705 | -0,0850 | 0,225  | 0,4273  | 0,832 | 1,041 | 1,1718 | 1,198 | 1,270 | 1,318 | 1,351 | 1,465 |
| -1,6      | -3,388              | -1,962 | -1,329 | -0,675 | -0,0557 | 0,254  | 0,4417  | 0,817 | 0,994 | 1,0957 | 1,116 | 1,166 | 1,197 | 1,216 | 1,280 |
| -1,8      | -3,499              | -1,981 | -1,318 | -0,643 | -0,0263 | 0,282  | 0,4543  | 0,799 | 0,945 | 1,0200 | 1,035 | 1,069 | 1,087 | 1,097 | 1,130 |
| -2,0      | -3,605              | -1,996 | -1,302 | -0,600 | 0,0047  | 0,307  | 0,4637  | 0,777 | 0,895 | 0,9483 | 0,959 | 0,980 | 0,990 | 0,995 | 1,000 |
| -2,2      | -3,705              | -2,006 | -1,284 | -0,574 | 0,0287  | 0,330  | 0,4707  | 0,752 | 0,844 | 0,8807 | 0,888 | 0,900 | 0,905 | 0,907 | 0,910 |
| -2,5      | -3,845              | -2,012 | -1,250 | -0,518 | 0,0673  | 0,360  | 0,4770  | 0,711 | 0,771 | 0,7893 | 0,793 | 0,798 | 0,799 | 0,800 | 0,802 |

(Sumber: Hidrologi Teknik)

#### 4.2.4.7 Curah hujan rencana ( $X_t$ )

$$\begin{aligned}
 \text{Log } X_t &= \bar{X} + k * S \\
 &= 2,0072 + (-0,0282) * 0,0726 \\
 &= 1,9868 \\
 X_t &= \exp (\text{Log } X_t) \\
 &= \exp (1,9868) \\
 &= 97,0022
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.19** Curah Hujan Rencana Metode *Log Pearson Type III*

| No. | Periode Ulang | Peluang | Cs     | Kt      | Log Xt | Xt       |
|-----|---------------|---------|--------|---------|--------|----------|
|     | (T)           | (%)     |        |         |        |          |
| 1   | 2             | 50      | 1,7998 | -0,2820 | 1,9868 | 97,0022  |
| 2   | 5             | 20      | 1,7998 | 0,6430  | 2,0539 | 113,2203 |
| 3   | 10            | 10      | 1,7998 | 1,3180  | 2,1029 | 126,7415 |
| 4   | 25            | 4       | 1,7998 | 2,1930  | 2,1664 | 146,6996 |
| 5   | 50            | 2       | 1,7998 | 2,8479  | 2,2140 | 163,6705 |
| 6   | 100           | 1       | 1,7998 | 3,4989  | 2,2612 | 182,4824 |
| 7   | 200           | 0,5     | 1,7998 | 4,1468  | 2,3083 | 203,3545 |
| 8   | 1000          | 0,1     | 1,7998 | 5,6597  | 2,4181 | 261,8599 |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

**Tabel 4.20** Analisis Distribusi Metode *Log Pearson Type III*

| No.       | Tahun | Xi     | X = Log Xi | (Log Xi - $\bar{X}$ ) | (Log Xi - $\bar{X}$ ) <sup>2</sup> | (Log Xi - $\bar{X}$ ) <sup>3</sup> | (Log Xi - $\bar{X}$ ) <sup>4</sup> |
|-----------|-------|--------|------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1         | 2019  | 101,10 | 2,0048     | -0,0025               | 0,0000                             | 0,0000                             | 0,0000                             |
| 2         | 2020  | 96,49  | 1,9845     | -0,0228               | 0,0005                             | 0,0000                             | 0,0000                             |
| 3         | 2021  | 92,44  | 1,9659     | -0,0414               | 0,0017                             | -0,0001                            | 0,0000                             |
| 4         | 2022  | 135,43 | 2,1317     | 0,1245                | 0,0155                             | 0,0019                             | 0,0002                             |
| 5         | 2023  | 89,00  | 1,9494     | -0,0579               | 0,0033                             | -0,0002                            | 0,0000                             |
| Jumlah    |       | 514,47 | 10,0362    | 0,0000                | 0,0211                             | 0,0017                             | 0,0003                             |
| Rata-rata |       | 102,89 | 2,0072     | 0,0000                | 0,0042                             | 0,0003                             | 0,0001                             |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

#### 4.2.5 Kesimpulan

**Tabel 4.21** Hasil Analisis Metode Distribusi Hujan Rancangan

| No | Metode          | Variabel | Hasil | Syarat             | Keterangan     |
|----|-----------------|----------|-------|--------------------|----------------|
| 1  | Normal          | Cs       | 1,92  | $Cs \approx 0$     | Tidak Memenuhi |
|    |                 | Ck       | 9,89  | $Ck \approx 3$     |                |
| 2  | Gumbel          | Cs       | 1,92  | $Cs \approx 1,139$ | Tidak Memenuhi |
|    |                 | Ck       | 9,89  | $Ck \approx 5,402$ |                |
| 3  | Log Normal      | Cs       | 1,80  | $Cs \approx 0,109$ | Tidak Memenuhi |
|    |                 | Ck       | 9,55  | $Ck \approx 5,383$ |                |
| 4  | Log Pearson III | Cs       | 1,80  | $Cs \neq 0$        | Memenuhi       |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

**Tabel 4.22** Distribusi Hujan Rancangan ( $X_t$ )

| No | Periode Ulang<br>(T) | Distribusi Curah Hujan Rancangan ( $X_t$ ) |                |                    |                                |
|----|----------------------|--------------------------------------------|----------------|--------------------|--------------------------------|
|    |                      | <i>Gumbel</i><br>(mm)                      | Normal<br>(mm) | Log Normal<br>(mm) | <i>Log Pearson III</i><br>(mm) |
| 1  | 2                    | (-)                                        | 102,89407      | 101,6831           | 97,0022                        |
| 2  | 5                    | (-)                                        | 118,63735      | 117,0096           | 113,2203                       |
| 3  | 10                   | (-)                                        | 126,88383      | 125,9388           | 126,7415                       |
| 4  | 25                   | (-)                                        | 134,91165      | 135,2854           | 146,6996                       |
| 5  | 50                   | (-)                                        | 141,31517      | 143,2357           | 163,6705                       |
| 6  | 100                  | (-)                                        | 146,56293      | 150,0982           | 182,4824                       |
| 7  | 200                  | (-)                                        | 151,24843      | 156,5028           | 203,3545                       |
| 8  | 1000                 | (-)                                        | 160,80685      | 170,4282           | 261,8599                       |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

### 4.3 Uji Kesesuaian Distribusi

#### 4.3.1 Uji *Chi Square*

Dari hasil analisis sebelumnya didapatkan nilai sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 n &= 5 \\
 \bar{X} &= 102,89 \text{ mm} \\
 S_x &= 18,742 \\
 S \text{ Log } x &= 0,0726 \\
 \text{Log } (\bar{X}) &= 2,0072 \text{ mm} \\
 \alpha &= 5\%
 \end{aligned}$$

Untuk Uji kecocokan dengan menggunakan metode *Chi Square* terdapat 2 metode yang akan dilakukan pengujian, yaitu metode distribusi Normal dan metode distribusi *Log Pearson Type III*. Langkah-langkah pengujian kecocokan sebagai berikut:

##### 4.3.1.1 Uji Kecocokan *Chi Square* Metode Distribusi Normal

a. Analisis jumlah kelas (G)

$$\begin{aligned}
 G &= 1 + 3,33 \text{ Log } n \\
 &= 1 + 3,33 \text{ Log } (5) \\
 &= 1 + 2,33 \\
 &= 3,322 \approx 4
 \end{aligned}$$

b. Analisis derajat kebebasan (DK)

$$R = 2 \text{ (Distribusi normal dan binomial)}$$

$$DK = G - (R+1)$$

$$= 4 - (2+1)$$

$$= 4-3$$

$$= 1$$

Hasil dari analisis perhitungan didapatkan nilai derajat kebebasan (DK) = 1 untuk nilai  $\alpha = 5\%$  maka nilai  $X^2_{Cr}$  didapat dari tabel 4.23 sebesar 3,841.

**Tabel 4.23** Derajat Kepercayaan

| Dk | a derajat kepercayaan |          |          |         |              |        |        |        |
|----|-----------------------|----------|----------|---------|--------------|--------|--------|--------|
|    | 0,995                 | 0,99     | 0,975    | 0,95    | 0,05         | 0,025  | 0,01   | 0,005  |
| 1  | 0,0000393             | 0,000157 | 0,000982 | 0,00393 | <b>3,841</b> | 5.024  | 6.635  | 7.879  |
| 2  | 0,01                  | 0,0201   | 0,0506   | 0,103   | 5,991        | 7.378  | 9.210  | 10.597 |
| 3  | 0,0717                | 0,115    | 0,216    | 0,352   | 7.815        | 9.348  | 11.345 | 12.838 |
| 4  | 0,207                 | 0,297    | 0,484    | 0,711   | 9.488        | 11.143 | 13.277 | 14.860 |
| 5  | 0,412                 | 0,554    | 0,831    | 1.145   | 11.070       | 12.832 | 15.086 | 16.750 |
| 6  | 0,676                 | 0,872    | 1.237    | 1.635   | 12.592       | 14.449 | 16.812 | 18.548 |
| 7  | 0,989                 | 1.239    | 1.690    | 2.167   | 14.067       | 16.013 | 18.475 | 20.278 |
| 8  | 1.344                 | 1.646    | 2.180    | 2.733   | 15.507       | 17.535 | 20.090 | 21.955 |
| 9  | 1.735                 | 2.088    | 2.700    | 3.325   | 16.919       | 19.023 | 21.666 | 23.589 |
| 10 | 2.156                 | 2.558    | 3.247    | 3.940   | 18.307       | 20.483 | 23.209 | 25.188 |
| 11 | 2.603                 | 3.053    | 3.816    | 4.575   | 19.675       | 21.920 | 24.725 | 26.757 |
| 12 | 3.074                 | 3.571    | 4.404    | 5.226   | 21.026       | 23.337 | 26.217 | 28.300 |
| 13 | 3.565                 | 4.107    | 5.009    | 5.892   | 22.362       | 24.736 | 27.688 | 29.819 |
| 14 | 4.075                 | 4.660    | 5.629    | 6.571   | 23.685       | 26.119 | 29.141 | 31.319 |
| 15 | 4.601                 | 5.229    | 6.262    | 7.261   | 24.996       | 27.488 | 30.578 | 32.801 |
| 16 | 5.142                 | 5.812    | 6.908    | 7.962   | 26.296       | 28.845 | 32.000 | 34.267 |
| 17 | 5.697                 | 6.408    | 7.564    | 8.672   | 27.587       | 30.191 | 33.409 | 35.718 |
| 18 | 6.265                 | 7.015    | 8.231    | 9.390   | 28.869       | 31.526 | 34.805 | 37.156 |
| 19 | 6.844                 | 7.633    | 8.907    | 10.117  | 30.144       | 32.852 | 36.191 | 38.582 |
| 20 | 7.434                 | 8.260    | 9.591    | 10.851  | 31.410       | 34.170 | 37.566 | 39.997 |
| 21 | 8.034                 | 8.897    | 10.283   | 11.591  | 32.671       | 35.479 | 38.932 | 41.401 |
| 22 | 8.643                 | 9.542    | 10.982   | 12.338  | 33.924       | 36.781 | 40.289 | 42.796 |
| 23 | 9.260                 | 10.196   | 11.689   | 13.091  | 36.172       | 38.076 | 41.638 | 44.181 |

|    |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 24 | 9.886  | 10.856 | 12.401 | 13.848 | 36.415 | 39.364 | 42.980 | 45.558 |
| 25 | 10.520 | 11.524 | 13.120 | 14.611 | 37.652 | 40.646 | 44.314 | 46.928 |
|    |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 26 | 11.160 | 12.198 | 13.844 | 15.379 | 38.885 | 41.923 | 45.642 | 48.290 |
| 27 | 11.808 | 12.879 | 14.573 | 16.151 | 40.113 | 43.194 | 46.963 | 49.645 |
| 28 | 12.461 | 13.565 | 15.308 | 16.928 | 41.337 | 44.461 | 48.278 | 50.993 |
| 29 | 13.121 | 14.256 | 16.047 | 17.708 | 42.557 | 45.722 | 49.588 | 52.336 |
| 30 | 13.787 | 14.953 | 16.791 | 18.493 | 43.773 | 46.979 | 50.892 | 53.672 |

(Sumber: Bonnier, 1980)

- c. Menentukan nilai Kt, berdasarkan nilai interval kelas

$$\frac{100}{K} = \frac{100}{4} = 25$$

Interval distribusi adalah 75, 50 dan 25. Karena nilai 0,50 tidak terdapat pada tabel maka dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai Kt.

$$\text{Nilai k untuk kelas 1} = \frac{75}{100} = 0,75 \rightarrow -0,670 \text{ (Nilai Kt dari tabel 4.23)}$$

$$\text{Nilai k untuk kelas 2} = \frac{50}{100} = 0,50 \rightarrow -0,125 \text{ (Nilai Kt dari tabel 4.23)}$$

$$\text{Nilai k untuk kelas 3} = \frac{25}{100} = 0,25 \rightarrow 0,520 \text{ (Nilai Kt dari tabel 4.23)}$$

$$\begin{aligned} \text{Interpolasi untuk 0,50} &= 0,00 + \left( \frac{\{(0,00) - (-0,25)\} + (0,50 - 0,60)}{(0,40 - 0,60)} \right) \\ &= -0,125 \end{aligned}$$

**Tabel 4.24** Variabel Reduksi Gauss

| No | Tahun | Kt     | Peluang |
|----|-------|--------|---------|
| 1  | 1,001 | -3,050 | 0,999   |
| 2  | 1,005 | -2,580 | 0,995   |
| 3  | 1,010 | -2,330 | 0,990   |
| 4  | 1,050 | -1,640 | 0,950   |
| 5  | 1,110 | -1,280 | 0,900   |
| 6  | 1,250 | -0,840 | 0,800   |
| 7  | 1,330 | -0,670 | 0,750   |
| 8  | 1,430 | -0,520 | 0,700   |
| 9  | 1,670 | -0,250 | 0,600   |
| 10 | 2,000 | 0,000  | 0,400   |
| 11 | 2,500 | 0,250  | 0,300   |

|    |          |       |       |
|----|----------|-------|-------|
| 12 | 3,330    | 0,520 | 0,250 |
| 13 | 4,000    | 0,670 | 0,200 |
| 14 | 5,000    | 0,840 | 0,200 |
| 15 | 10,000   | 1,280 | 0,100 |
| 16 | 20,000   | 1,640 | 0,050 |
| 17 | 50,000   | 2,050 | 0,020 |
| 18 | 100,000  | 2,330 | 0,010 |
| 19 | 200,000  | 2,580 | 0,005 |
| 20 | 500,000  | 2,880 | 0,002 |
| 21 | 1000,000 | 3,090 | 0,001 |

(Sumber: Soewarno, 1995)

d. Menentukan batas-batas kelas dengan sebaran peluang

$$\begin{aligned}
 \text{Batas 1} &= \bar{X} + (Kt \times S) \\
 &= 102,89 \text{ mm} + (-0,670 \times 18,741) \\
 &= 90,336 \\
 \text{Batas 2} &= \bar{X} + (Kt \times S) \\
 &= 102,89 \text{ mm} + (-0,125 \times 18,741) \\
 &= 100,551 \\
 \text{Batas 3} &= \bar{X} + (Kt \times S) \\
 &= 102,89 \text{ mm} + (0,520 \times 18,741) \\
 &= 112,639
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.25** Uji *Chi Square* Metode Distribusi Normal

| No.    | Nilai Batas           | Jumlah Data |       | (OF - EF) <sup>2</sup> | Xn <sup>2</sup> atau C <sup>2</sup> |
|--------|-----------------------|-------------|-------|------------------------|-------------------------------------|
|        | Sub Kelas             | OF          | EF    |                        |                                     |
| 1      | X ≤ 90,337            | 1,000       | 1,250 | 0,063                  | 0,050                               |
| 2      | 90,337 < x ≤ 100,551  | 2,000       | 1,250 | 0,563                  | 0,450                               |
| 3      | 100,551 < x ≤ 112,640 | 1,000       | 1,250 | 0,063                  | 0,050                               |
| 4      | 112,640 < x ≤ 0,000   | 1,000       | 1,250 | 0,063                  | 0,050                               |
| Jumlah |                       | 5,000       | 5,000 | 0,750                  | 0,600                               |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

e. Kesimpulan

$$Xn^2 = 0,600$$

$$X^2Cr = 3,841$$

$$Xn^2 < X^2Cr \quad (\text{Memenuhi})$$

$$Xn^2 > X^2Cr \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

$$0,600 < 3,841 \quad (\text{Memenuhi})$$

4.3.1.2 Uji *Chi Square* Metode Distribusi *Log Pearson Type III*

a. Jumlah kelas (G)

$$G = 1 + 3,33 \log n$$

$$= 1 + 3,33 \log (5)$$

$$= 1 + 2,33$$

$$= 3,322 \approx 4$$

b. Analisis derajat kebebasan (DK)

$$R = 2 \text{ (Distribusi normal dan binomial)}$$

$$DK = G - (R+1)$$

$$= 4 - (2+1)$$

$$= 4-3$$

$$= 1$$

Hasil dari analisis didapatkan nilai derajat kebebasan (DK) = 1 untuk nilai  $\alpha = 5\%$  didapat nilai  $X^2Cr$  dari tabel 4.23 sebesar 3,841.

c. Menentukan nilai  $K_t$ , berdasarkan nilai interval kelas

$$\frac{100}{K} = \frac{100}{4} = 25\%$$

Interval distribusi adalah 75%, 50% dan 25%. Karena untuk nilai peluang 75% dan 25% tidak terdapat pada tabel 4.17 maka dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai  $K_t$ .

$$\text{Nilai k untuk kelas 1} = \frac{25}{100} = 0,25 \rightarrow 0,691 \text{ (Nilai } K_t \text{ dari hasil interpolasi)}$$

$$\text{Nilai k untuk kelas 2} = \frac{50}{100} = 0,50 \rightarrow -0,316 \text{ (Nilai } K_t \text{ dari tabel 4.17)}$$

$$\text{Nilai k untuk kelas 3} = \frac{75}{100} = 0,75 \rightarrow -0,692 \text{ (Nilai } K_t \text{ dari hasil interpolasi)}$$

**Tabel 4.26** Rekapitulasi Nilai Faktor Frekuensi

| P (%) | Cs     | K       | Log X  | X (mm)   |
|-------|--------|---------|--------|----------|
| 25    | 1,7998 | 0,7180  | 2,0594 | 114,6482 |
| 50    | 1,7998 | -0,2820 | 1,9868 | 97,0022  |
| 75    | 1,7998 | -0,7128 | 1,9555 | 90,2622  |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

- d. Menentukan batas-batas kelas dengan sebaran peluang

$$\begin{aligned}
 \text{Batas 1 (Log X)} &= \text{Log } \bar{X} + (Kt \times S_{\log X}) \\
 &= 2,0072 + (0,7180 \times 0,0726) \\
 &= 2,0594
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Batas 1 (X)} &= \exp (\text{Log X}) \\
 &= \exp (2,0594) \\
 &= 114,6482
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Batas 2 (Log X)} &= \text{Log } \bar{X} + (Kt \times S_{\log X}) \\
 &= 2,0072 + (-0,2820 \times 0,0726) \\
 &= 1,9868
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Batas 2 (X)} &= \exp (\text{Log X}) \\
 &= \exp (1,9868) \\
 &= 97,0022
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Batas 3 (Log X)} &= \text{Log } \bar{X} + (Kt \times S_{\log X}) \\
 &= 2,0072 + (-0,7128 \times 0,0726) \\
 &= 1,9555
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Batas 3 (X)} &= \exp (\text{Log X}) \\
 &= \exp (1,9555) \\
 &= 90,2622
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.27** Uji *Chi Square* Distribusi *Log pearson Type III*

| No.    | Nilai Batas |               | Jumlah Data |       | (OF - EF) <sup>2</sup> | Xn <sup>2</sup> atau C <sup>2</sup> |
|--------|-------------|---------------|-------------|-------|------------------------|-------------------------------------|
|        | Sub Kelas   |               | OF          | EF    |                        |                                     |
| 1      | X           | ≤ 90,262      | 1,000       | 1,250 | 0,063                  | 0,050                               |
| 2      | 90,262      | < x ≤ 97,002  | 2,000       | 1,250 | 0,563                  | 0,450                               |
| 3      | 97,002      | < x ≤ 114,648 | 1,000       | 1,250 | 0,063                  | 0,050                               |
| 4      | X           | > 114,648     | 1,000       | 1,250 | 0,063                  | 0,050                               |
| Jumlah |             |               | 5,000       | 5,000 | 0,750                  | 0,600                               |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

e. Kesimpulan

$$\begin{aligned} X_n^2 &= 0,600 \\ X^2_{Cr} &= 3,841 \\ X_n^2 &< X^2_{Cr} && \text{(Memenuhi)} \\ X_n^2 &> X^2_{Cr} && \text{(Tidak memenuhi)} \\ 0,600 &< 3,841 && \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

#### 4.3.2 Uji Smirnov Kolmogorov (Normalitas Sebaran Data)

Dari hasil analisis sebelumnya didapatkan data berikut ini

$$\begin{aligned} \bar{X} &= 102,89 \\ S_x &= 18,742 \\ \text{Log}X &= 2,0072 \\ S(\text{log}X) &= 0,0726 \\ N &= 5 \\ \alpha &= 5\% \end{aligned}$$

Nilai  $D_0$  ditentukan berdasarkan jumlah data yang tersedia dan tingkat derajat kepercayaan yang digunakan. Nilai ini dapat diperoleh dengan merujuk pada tabel 4.28.

**Tabel 4.28** Nilai Delta Kritis

| N      | Level of Significance (a) |             |             |             |             |
|--------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|        | 1                         | 5           | 10          | 15          | 20          |
| 1      | 0,995                     | 0,975       | 0,95        | 0,925       | 0,9         |
| 2      | 0,929                     | 0,842       | 0,776       | 0,726       | 0,684       |
| 3      | 0,829                     | 0,708       | 0,642       | 0,597       | 0,565       |
| 4      | 0,734                     | 0,624       | 0,564       | 0,525       | 0,494       |
| 5      | 0,669                     | 0,563       | 0,51        | 0,474       | 0,446       |
| 6      | 0,618                     | 0,521       | 0,47        | 0,436       | 0,41        |
| 7      | 0,577                     | 0,486       | 0,438       | 0,405       | 0,381       |
| 8      | 0,543                     | 0,4457      | 0,411       | 0,381       | 0,358       |
| 9      | 0,514                     | 0,432       | 0,388       | 0,36        | 0,339       |
| 10     | 0,486                     | 0,409       | 0,368       | 0,342       | 0,322       |
| 11     | 0,468                     | 0,391       | 0,352       | 0,326       | 0,307       |
| 12     | 0,45                      | 0,375       | 0,338       | 0,313       | 0,295       |
| 13     | 0,433                     | 0,361       | 0,325       | 0,302       | 0,284       |
| 14     | 0,418                     | 0,349       | 0,314       | 0,292       | 0,274       |
| 15     | 0,404                     | 0,338       | 0,304       | 0,283       | 0,266       |
| 16     | 0,391                     | 0,328       | 0,295       | 0,274       | 0,258       |
| 17     | 0,38                      | 0,318       | 0,286       | 0,266       | 0,25        |
| 18     | 0,37                      | 0,309       | 0,278       | 0,259       | 0,244       |
| 19     | 0,361                     | 0,301       | 0,272       | 0,252       | 0,237       |
| 20     | 0,352                     | 0,294       | 0,264       | 0,246       | 0,231       |
| N > 50 | <u>1,63</u>               | <u>1,36</u> | <u>1,22</u> | <u>1,14</u> | <u>1,07</u> |
|        | $N^{0,5}$                 | $N^{0,5}$   | $N^{0,5}$   | $N^{0,5}$   | $N^{0,5}$   |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

**Tabel 4.29** Pengurutan Curah Hujan Maksimum

| No | Tahun | Curah Hujan (X) | Log(X) | X(pengurutan) | Peringkat X | P       | T     | X(pengurutan) |
|----|-------|-----------------|--------|---------------|-------------|---------|-------|---------------|
|    |       | (mm)            | (mm)   | Max-Min       | m           | m/(n-1) | 1/P   | Min-Max       |
| 1  | 2019  | 101             | 2,005  | 135           | 1           | 0,25    | 4     | 89            |
| 2  | 2020  | 96              | 1,984  | 101           | 2           | 0,5     | 2     | 92            |
| 3  | 2021  | 92              | 1,966  | 96            | 3           | 0,75    | 1,333 | 96            |
| 4  | 2022  | 135             | 2,132  | 92            | 4           | 1       | 1     | 101           |
| 5  | 2023  | 89              | 1,949  | 89            | 5           | 1,25    | 0,8   | 135           |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

#### 4.3.2.1 Uji *Smirnov Kolmogorov* Metode Distribusi Normal

##### a. Analisis probabilitas data (P(x))

Analisis probabilitas untuk data curah hujan dengan urutan ke- 1 dengan besarnya curah hujan (R) = 135,43 mm.

$$\begin{aligned}
 m &= 1 \\
 n &= 5 \\
 P(x) &= \frac{m}{n+1} \\
 &= \frac{1}{5+1} \\
 &= 0,167 \\
 P(X<) &= 1-P(x) \\
 &= 1-0,167 \\
 &= 0,833
 \end{aligned}$$

##### b. Analisis variable reduksi (Ft)

Analisis *variable reduksi* (Ft) untuk data dengan urutan pertama dengan besar curah hujan (R) = 135,43 mm.

$$\begin{aligned}
 X &= 135,43 \text{ mm} \\
 \bar{X} &= 102,894 \\
 Sx &= 18,742 \\
 F(t) &= \frac{x-\bar{x}r}{s} \\
 F(t)1 &= \frac{135,43 - 102,894}{18,742} \\
 &= 1,736 \text{ maka nilai luas kurva normal} = 0,056
 \end{aligned}$$

c. Probabilitas peluang teoritis ( $P'(x)$ )

Analisis peluang teoritis ( $P'(x)$ ) untuk data curah hujan urutan pertama yang memiliki nilai curah hujan ( $R$ ) = 135,43 mm dan luasan area di bawah kurva normal dengan besar 0,056.

$$\begin{aligned} P'(x) &= 1 - \text{Luas kurva normal} \\ &= 1 - 0,056 \\ &= 0,944 \end{aligned}$$

d. Analisis selisih probabilitas ( $D$ )

Analisis selisih probabilitas ( $D$ ) untuk data curah hujan urutan pertama dengan nilai  $P'(x) = 0,944$  dan nilai  $P(x) = 0,167$

$$\begin{aligned} D &= P'(x) - P(x) \\ &= 0,944 - 0,167 \\ &= 0,777 \end{aligned}$$

e. Peluang Teoritis ( $D_{\max}$ )

Analisis selisil probabilitas keseluruhan data yang ada diperoleh nilai  $D$ , kemudian diperoleh nilai  $D_{\max}$  ( $D$  maksimum) sebesar 0,777.

f. Kesimpulan

$$\begin{aligned} D_{\max} &= 0,777 \\ D_o &= 0,563 \\ D_{\max} &< D_o \quad (\text{Memenuhi}) \\ D_{\max} &> D_o \quad (\text{Tidak memenuhi}) \\ 0,777 &> 0,563 \quad (\text{Tidak memenuhi}) \end{aligned}$$

**Tabel 4.30** Uji *Smirnov Kolmogorov* Metode Distribusi Normal

| No                      | Tahun | CH Max<br>(X)<br>(mm) | X(Pengurutan)<br>(mm)<br>(1) | (X- $\bar{X}$ )<br>(mm)<br>(2) | (X- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup><br>(mm)<br>(3) | m<br>(4) | P(x)<br>(5) | P(X<)<br>1-(5)<br>(6) | F(t)<br>(7) | Luas<br>Kurva<br>Normal<br>(8) | P'(X)<br>(9) | D<br>(9)-(5)<br>(10) |
|-------------------------|-------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------|----------|-------------|-----------------------|-------------|--------------------------------|--------------|----------------------|
| 1.                      | 2019  | 101,10                | 135,43                       | 32,54                          | 1058,61                                     | 1        | 0,167       | 0,833                 | 1,736       | 0,056                          | 0,944        | 0,777                |
| 2.                      | 2020  | 96,49                 | 101,10                       | -1,79                          | 3,20                                        | 2        | 0,333       | 0,667                 | -0,095      | 0,113                          | 0,887        | 0,554                |
| 3.                      | 2021  | 92,44                 | 96,49                        | -6,40                          | 40,99                                       | 3        | 0,500       | 0,500                 | -0,342      | 0,169                          | 0,831        | 0,331                |
| 4.                      | 2022  | 135,43                | 92,44                        | -10,45                         | 109,23                                      | 4        | 0,667       | 0,333                 | -0,558      | 0,225                          | 0,775        | 0,108                |
| 5.                      | 2023  | 89,00                 | 89,00                        | -13,89                         | 193,02                                      | 5        | 0,833       | 0,167                 | -0,741      | 0,282                          | 0,718        | -0,115               |
| Jumlah (S)              |       |                       | 514,47                       | 0,00                           | 1405,05                                     | 15,00    | 2,50        | 2,50                  | 0,00        | 0,85                           | 4,15         | 1,65                 |
| Rata-rata ( $\bar{X}$ ) |       |                       | 102,894                      | 0,000                          | 281,010                                     | 3,000    | 0,500       | 0,500                 | 0,000       | 0,169                          | 0,831        | 0,331                |
| Maksimum                |       |                       | 135,430                      | 32,536                         | 1058,610                                    | 5,000    | 0,833       | 0,833                 | 1,736       | 0,282                          | 0,944        | 0,777                |
| Minimum                 |       |                       | 89,001                       | -13,893                        | 3,202                                       | 1,000    | 0,167       | 0,167                 | -0,741      | 0,056                          | 0,718        | -0,115               |
| n                       |       |                       | 5,000                        | 5,000                          | 5,000                                       | 5,000    | 5,000       | 5,000                 | 5,000       | 5,000                          | 5,000        | 5,000                |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

#### 4.3.2.2 Uji *Smirnov Kolmogorov* Metode *Log Pearson Type III*

##### a. Analisis probabilitas data (P(x))

Analisis probabilitas untuk data curah hujan urutan pertama dengan curah hujan (R) = 135,430 mm.

$$m = 1$$

$$n = 5$$

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

$$= \frac{1}{5+1}$$

$$= 0,167$$

$$P(X<) = 1-P(x)$$

$$= 1-0,167$$

$$= 0,833$$

##### b. Analisis variabel reduksi (Ft)

Analisis variabel reduksi (Ft) untuk data curah hujan urutan pertama dengan curah hujan (R) = 135,430 mm.

$$\bar{X}_r = 2,007$$

$$S_x = 0,726$$

$$R = 135,430$$

$$X = \text{Log } (R)$$

$$= \text{Log } (135,430)$$

$$= 2,132$$

$$F(t) = \frac{x - \bar{x}_r}{s}$$

$$F(t)1 = \frac{2,132 - 2,007}{0,726}$$

$$= 1,714$$

##### c. Faktor reduksi (Kt)

Faktor reduksi pada metode distribusi *Log Pearson Type III* dilihat dari besarnya nilai koefisiensi *Skewness* (Cs). Untuk nilai Cs= -1,7998 sehingga nilai kt diperoleh dari tabel 4.31.

**Tabel 4.31** Perhitungan Interpolasi Nilai Kt terhadap Cs

| Interpolasi Nilai kt |               |        |        |        |
|----------------------|---------------|--------|--------|--------|
| No.                  | Periode Ulang | Cs     |        |        |
|                      | (T)           | 1,6    | 1,8    | 1,7998 |
| 1                    | 2             | -0,254 | -0,282 | -0,282 |
| 2                    | 5             | 0,675  | 0,643  | 0,643  |
| 3                    | 10            | 1,329  | 1,318  | 1,318  |
| 4                    | 25            | 2,163  | 2,193  | 2,193  |
| 5                    | 50            | 2,780  | 2,848  | 2,848  |
| 6                    | 100           | 3,388  | 3,499  | 3,499  |
| 7                    | 200           | 3,990  | 4,147  | 4,147  |
| 8                    | 1000          | 5,390  | 5,660  | 5,660  |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

d. Tahun periode ulang (T)

Dilihat dari nilai variabel reduksi  $F(t)$  dapat dicari nilai T menggunakan nilai Kt. Analisis nilai T pada data curah hujan urutan pertama memiliki nilai  $F(t)_1 = 1,714$  yang terletak diantara  $Kt = 1,302$  dan  $Kt = 2,227$ .

$$Kt = 0,675 \rightarrow T = 5 \text{ tahun}$$

$$Kt = 1,318 \rightarrow T = 10 \text{ tahun}$$

$$F(t)_1 = 1,714 \rightarrow T = 5 + \frac{(10-5) + (1,714-0,675)}{1,318-0,675}$$

$$= 13,085 \text{ tahun}$$

Berikut adalah hasil analisis tahun periode ulang (T) untuk keseluruhan data yang sudah diurutkan terdapat pada tabel 4.31.

**Tabel 4.32** Interpolasi Nilai T

| Interpolasi Nilai T (Periode Ulang Rencana) |         |       |        |      |         |         |        |
|---------------------------------------------|---------|-------|--------|------|---------|---------|--------|
| No                                          | Kt1     | T1    | Kt2    | T2   | F(t)    | T       | P'(X)  |
| 1                                           | 0,675   | 5     | 1,318  | 10   | 1,7147  | 13,0851 | 0,1309 |
| 2                                           | -0,254  | 2     | 0,643  | 5    | -0,0341 | 2,7353  | 0,0274 |
| 3                                           | -0,4417 | 1,667 | -0,282 | 2    | -0,3135 | 1,9342  | 0,0193 |
| 4                                           | -0,4417 | 1,667 | -0,282 | 2    | -0,5700 | 1,3993  | 0,0140 |
| 5                                           | -1,093  | 1,05  | -0,945 | 1,11 | -0,7970 | 1,1700  | 0,0117 |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

e. Probabilitas peluang teoritis ( $P'(x)$ )

Analisis peluang teoritis ( $P'(x)$ ) untuk data curah hujan urutan pertama dengan curah hujan ( $R$ ) = 135,430 mm nilai  $T = 13,085$  tahun.

$$P'(x) = T \cdot 100\%$$

$$\begin{aligned} P'(x)_1 &= 13,085 \cdot 100\% \\ &= 0,131 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P'(x) &= 1 - P'(x) \\ &= 1 - 0,131 \\ &= 0,869 \end{aligned}$$

f. Analisis selisih probabilitas ( $D$ )

Analisis selisih probabilitas ( $D$ ) untuk data curah hujan dengan urutan pertama dengan nilai  $P'(x) = 0,1308$  dan nilai  $P(x) = 0,1667$ .

$$\begin{aligned} D &= P'(x) - P(x) \\ D_1 &= P'(x)_1 - P(x)_1 \\ &= 0,1308 - 0,1667 \\ &= -0,036 \end{aligned}$$

g. Peluang teoritis ( $D_{max}$ )

Analisis selisil probabilitas data keseluruhan diperoleh nilai  $D$ , selanjutnya diperoleh nilai  $D_{max}$  ( $D$  maksimum) dengan nilai -0,04.

h. Kesimpulan

$$\begin{aligned} D_{max} &= -0,04 \\ D_o &= 0,563 \\ D_{Max} &< D_o \quad (\text{Memenuhi}) \\ D_{Max} &> D_o \quad (\text{Tidak memenuhi}) \\ -0,04 &< 0,563 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Hasil analisis perhitungan uji *Smirnov Kolmogorov* metode distribusi *Log Person Type III* disajikan pada tabel 4.33.

**Tabel 4.33 Uji Smirnov Kolmogorov Metode Distribusi Log Person Type III**

| No                      | Tahun | CH<br>Max (R)<br>(mm) | R<br>(Pengurutan)<br>(mm)<br>1 | X=Log R<br>2 | (X- $\bar{X}$ )<br>(mm)<br>(3) | (X- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup><br>(mm)<br>(4) | m<br>(5) | P(x)<br>(6) | P(X<)<br>1-(5)<br>(7) | F(t)<br>(8) | P'(X)<br>9 | P'(X<)<br>1-(9)<br>(10) | D<br>(9)-(5)<br>(11) |
|-------------------------|-------|-----------------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------|---------------------------------------------|----------|-------------|-----------------------|-------------|------------|-------------------------|----------------------|
| 1                       | 2019  | 101,105               | 135,430                        | 2,132        | 0,124                          | 0,015                                       | 1        | 0,167       | 0,833                 | 1,715       | 0,131      | 0,869                   | -0,036               |
| 2                       | 2020  | 96,492                | 101,105                        | 2,005        | -0,002                         | 0,000                                       | 2        | 0,333       | 0,667                 | -0,034      | 0,027      | 0,973                   | -0,306               |
| 3                       | 2021  | 92,443                | 96,492                         | 1,984        | -0,023                         | 0,001                                       | 3        | 0,500       | 0,500                 | -0,314      | 0,019      | 0,981                   | -0,481               |
| 4                       | 2022  | 135,430               | 92,443                         | 1,966        | -0,041                         | 0,002                                       | 4        | 0,667       | 0,333                 | -0,570      | 0,014      | 0,986                   | -0,653               |
| 5                       | 2023  | 89,001                | 89,001                         | 1,949        | -0,058                         | 0,003                                       | 5        | 0,833       | 0,167                 | -0,797      | 0,012      | 0,988                   | -0,822               |
| Jumlah (S)              |       |                       | 514,47                         | 10,04        | 0,00                           | 0,02                                        | 15,00    | 2,50        | 2,50                  | 0,00        | 0,20       | 4,80                    | -2,30                |
| Rata-rata ( $\bar{X}$ ) |       |                       | 102,89                         | 2,01         | 0,00                           | 0,00                                        | 3,00     | 0,50        | 0,50                  | 0,00        | 0,04       | 0,96                    | -0,46                |
| Maksimum                |       |                       | 135,43                         | 2,13         | 0,12                           | 0,02                                        | 5,00     | 0,83        | 0,83                  | 1,71        | 0,13       | 0,99                    | -0,04                |
| Minimum                 |       |                       | 89,00                          | 1,95         | -0,06                          | 0,00                                        | 1,00     | 0,17        | 0,17                  | -0,80       | 0,01       | 0,87                    | -0,82                |
| n                       |       |                       | 5,00                           | 5,00         | 5,00                           | 5,00                                        | 5,00     | 5,00        | 5,00                  | 5,00        | 5,00       | 5,00                    | 5,00                 |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

#### 4.3.3 Kesimpulan Analisis Frekuensi

Dari hasil analisis perhitungan uji kesesuaian data menggunakan metode *Chi Square* dan metode *Smirnov Kolmogorov* dapat diambil kesimpulan seperti pada tabel 4.34.

**Tabel 4.34 Kesimpulan Analisis Uji Kesesuaian Chi Square**

| Uji Kesesuaian Chi Square |                                     |          |                      |
|---------------------------|-------------------------------------|----------|----------------------|
| No                        | Variabel                            | Metode   |                      |
|                           |                                     | Normal   | Log Pearson Type III |
|                           |                                     | (mm)     | (mm)                 |
| 1                         | Jumlah Kelas (G)                    | 4        | 4                    |
| 2                         | Derajat Kesesuaian (a)              | 5%       | 5%                   |
| 3                         | Perhitungan Chi Kuadrat ( $X_n^2$ ) | 0,600    | 0,600                |
| 4                         | Chi Teotitis ( $X^2Cr$ )            | 3,841    | 3,841                |
| 5                         | Kesimpulan                          | Memenuhi | Memenuhi             |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

**Tabel 4.35 Kesimpulan Analisis Uji Kesesuaian Smirnov Kolmogorov**

| Uji Kesesuaian Smirnov Kolmogorov |                        |                |                      |
|-----------------------------------|------------------------|----------------|----------------------|
| No                                | Variabel               | Metode         |                      |
|                                   |                        | Normal         | Log Pearson Type III |
|                                   |                        | (mm)           | (mm)                 |
| 1                                 | Derajat Kesesuaian (a) | 5%             | 5%                   |
| 2                                 | Perhitungan Dmax       | 0,777          | -0,036               |
| 3                                 | D Teoritis (Do)        | 0,563          | 0,563                |
| 4                                 | Kesimpulan             | Tidak Memenuhi | Memenuhi             |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

#### 4.4 Analisis Perhitungan Hidrograf Distribusi Curah Hujan

##### 4.4.1 Perhitungan Distribusi Hujan Jam-jaman

Dalam perhitungan distribusi curah hujan jam-jaman diperlukan suatu pendekatan berdasarkan kemungkinan terjadinya hujan dalam suatu rentang waktu tertentu. Dalam rentang waktu tersebut, pendekatan dapat dilakukan dengan interval setiap 6 jam dalam satu hari.

##### 4.4.1.1 Perhitungan rata-rata hujan sampai jam ke-T

Berikut persamaan yang digunakan untuk menentukan hujan rata-rata sampai jam ke-T adalah sebagai berikut:

$$R_t = \frac{R_{24}}{T} * \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Dimana:

$R_t$  = Rata-rata hujan sampai jam ke-t

$R_{24}$  = Curah hujan harian efektif dalam 24 jam efektif (mm)

$T$  = Durasi hujan terpusat (diambil pendekatan = 6 jam)

$t$  = Durasi hujan (jam)

Berikut adalah analisis rata-rata hujan sampai jam ke-t sebagai berikut:

a. Jam ke-1

$$\begin{aligned} R_{t1jam} &= \frac{R_{24}}{T} * \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= \frac{R_{24}}{6} * \left(\frac{6}{1}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= 0,550 R_{24} \end{aligned}$$

b. Jam ke-2

$$\begin{aligned} R_{t1jam} &= \frac{R_{24}}{T} * \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= \frac{R_{24}}{6} * \left(\frac{6}{2}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= 0,347 R_{24} \end{aligned}$$

c. Jam ke-3

$$\begin{aligned} R_{t1jam} &= \frac{R_{24}}{T} * \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= \frac{R_{24}}{6} * \left(\frac{6}{3}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= 0,265 R_{24} \end{aligned}$$

d. Jam ke-4

$$\begin{aligned} R_{t1jam} &= \frac{R_{24}}{T} * \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= \frac{R_{24}}{6} * \left(\frac{6}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= 0,218 R_{24} \end{aligned}$$

e. Jam ke-5

$$\begin{aligned} R_{t1jam} &= \frac{R_{24}}{T} * \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= \frac{R_{24}}{6} * \left(\frac{6}{5}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= 0,188 R_{24} \end{aligned}$$

f. Jam ke-6

$$\begin{aligned} R_{t1jam} &= \frac{R_{24}}{T} * \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= \frac{R_{24}}{6} * \left(\frac{6}{6}\right)^{\frac{2}{3}} \\ &= 0,167 R_{24} \end{aligned}$$

#### 4.4.1.2 Perhitungan curah hujan pada jam ke-t

Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung curah hujan pada jam ke-t adalah sebagai berikut:

$$R_T = t * R_t - [(t - 1) * R_{t(t-1)}]$$

Dimana:

$R_T$  = Intensitas curah hujan pada jam ke-t

$t$  = Durasi waktu hujan (jam)

$R_t$  = Rata-rata hujan hingga jam ke-t

Analisis intensitas curah hujan pada jam ke-t dihitung sebagai berikut:

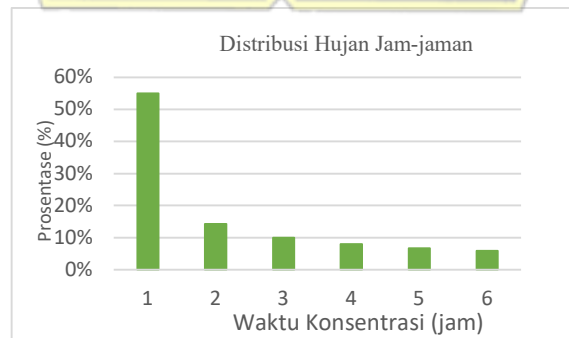
a. Jam ke-1

$$\begin{aligned}
 t_1 &= 1 \text{ jam} \\
 R_{t0\text{jam}} &= 0 R_{24} \\
 R_{t1\text{jam}} &= 0,550 R_{24} \\
 R_{T=1} &= t_1 * R_{t1} - [(t_1 - 1) * R_{t(t-1)}] \\
 &= 1 * 0,550 R_{24} - [(1 - 1) * R_{t(1-1)}] \\
 &= 1 * 0,550 R_{24} - [(0) * R_{t(0)}] \\
 &= 1 * 0,550 R_{24} - [(0) * 0 R_{24}] \\
 &= 1 * 0,550 R_{24} - [0] \\
 &= 0,550 R_{24} \\
 &= 55,03 \% R_{24}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.36** Analisis Rata-rata dan Curah Hujan Jam-jaman

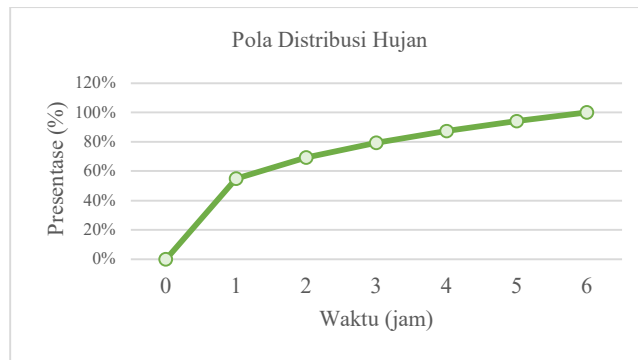
| No     | t     | R <sub>t</sub> | R <sub>T</sub> | R      | Kumulatif |
|--------|-------|----------------|----------------|--------|-----------|
|        | (jam) | (mm)           | (mm)           | %      | %         |
| 1      | 0     | 0,000          | 0,000          | 0,00   | 0,00      |
| 2      | 1     | 0,550          | 0,550          | 55,03  | 55,03     |
| 3      | 2     | 0,347          | 0,143          | 14,30  | 69,33     |
| 4      | 3     | 0,265          | 0,100          | 10,03  | 79,36     |
| 5      | 4     | 0,218          | 0,080          | 7,99   | 87,35     |
| 6      | 5     | 0,188          | 0,067          | 6,75   | 94,10     |
| 7      | 6     | 0,167          | 0,059          | 5,90   | 100,00    |
| Jumlah |       | 1,735          | 1,00           | 100,00 |           |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)



**Gambar 4.4** Distribusi Hujan Jam-jaman

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)



**Gambar 4.5** Pola Distribusi Hujan  
(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Berdasar analisis perhitungan yang diperoleh dari tabel 4.35, maka nilai hujan satuan ( $R_o$ ) sebesar 1, yang kemudian digunakan untuk menghitung debit banjir rencana dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik *Nakayasu*.

#### 4.4.1.3 Koefisien Pengaliran

Untuk menentukan nilai koefisien pengaliran rata-rata ( $C$ ) berdasarkan berbagai kondisi permukaan, nilai tersebut dapat dilakukan perhitungan menggunakan persamaan berikut:

$$C = \frac{A_1 \cdot C_1 + A_2 \cdot C_2 + A_3 \cdot C_3 + \dots + A_i \cdot C_i}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_i}$$

$$= \frac{\sum_{n=1}^i A \cdot C}{\sum A}$$

Dimana:

$A$  = Luas wilayah berdasarkan kondisi permukaan

$C$  = Koefisien pengaliran

Nilai koefisiensi pengaliran untuk setiap jenis pemanfaatan lahan diperoleh dari tabel 4.37.

**Tabel 4.37** Koefisien Pengaliran

| No | Kondisi Daerah Aliran Sungai                                                | Koefisien Pengaliran (C) |
|----|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1  | Daerah Pegunungan dengan Lereng Terjal dan Curam                            | 0,75 - 0,90              |
| 2  | Daerah perbukitan tersier                                                   | 0,70 - 0,80              |
| 3  | Daerah bergelombang dengan hutan yang dipenuhi semak-semak                  | 0,50 - 0,75              |
| 4  | Daerah daratan yang ditanami / perkebunan                                   | 0,45 - 0,60              |
| 5  | Daerah Persawahan yang dialiri / terdapat saluran irigasi                   | 0,70 - 0,80              |
| 6  | Sungai di daerah pegunungan                                                 | 0,75 - 0,85              |
| 7  | Sungai kecil di wilayah daratan                                             | 0,45 - 0,75              |
| 8  | Sungai dengan wilayah pengaliran yang lebih dari seperduanya berupa daratan | 0,50 - 0,75              |

(Sumber: Soemarto, 1999)

**Tabel 4.38** Analisis Penggunaan Lahan DAS Serang

| No.   | Kegunaan Lahan    | Prosentase | Luas     |
|-------|-------------------|------------|----------|
| 1     | Kawasan Hutan     | 6,40%      | 223,110  |
| 2     | Hutan Rakyat      | 8,00%      | 278,888  |
| 3     | Kebun Campuran    | 11,20%     | 390,443  |
| 4     | Pemukiman         | 20,40%     | 711,164  |
| 5     | Irigasi dan Sawah | 25,20%     | 878,497  |
| 6     | Tegalan           | 28,80%     | 1003,996 |
| Total |                   | 100%       | 3486,098 |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Dari tabel 4.38 diperoleh presentase luas pada tiap fungsi guna lahan di DAS Serang. Kemudian analisis untuk menentukan nilai koefisien pengaliran dari tabel 4.39.

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{A_1 \cdot C_1 + A_2 \cdot C_2 + A_3 \cdot C_3 + \dots + A_i \cdot C_i}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_i} \\
 &= \frac{\sum_{n=1}^i A \cdot C}{\sum A} \\
 &= \frac{520,87}{844} \\
 &= 0,617 \\
 &= 61,72 \%
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.39** Koefisien Pengaliran DAS Serang

| No                   | Penggunaan        | Presentase (%) | Luas (Ai) (km²) | Angka Pengaliran (Ci) | Ai*Ci    |
|----------------------|-------------------|----------------|-----------------|-----------------------|----------|
| 1                    | Kawasan Hutan     | 6,40%          | 223,110         | 0,75                  | 167,333  |
| 2                    | Hutan Rakyat      | 8,00%          | 278,888         | 0,75                  | 209,166  |
| 3                    | Kebun Campuran    | 11,20%         | 390,443         | 0,6                   | 234,266  |
| 4                    | Pemukiman         | 20,40%         | 711,164         | 0,3                   | 213,349  |
| 5                    | Irigasi dan Sawah | 25,20%         | 878,497         | 0,8                   | 702,797  |
| 6                    | Tegalan           | 28,80%         | 1003,996        | 0,6                   | 602,398  |
| Total                |                   | 100%           | 3486,098        | 3,8                   | 2129,309 |
| Koefisien Pengaliran |                   |                |                 |                       | 0,6108   |
|                      |                   |                |                 |                       | 61,08%   |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Berdasarkan hasil analisis luas pada tiap fungsi guna lahan diperoleh nilai koefisien pengaliran DAS Serang sebesar  $C = 0,61$

#### 4.4.1.4 Analisis Curah Hujan Efektif

$$R_{\text{eff}} = R_t * C$$

Dimana:

$$R_{\text{eff}} = \text{Curah hujan efektif}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran permukaan}$$

$$R_t = \text{Curah hujan rencana pada waktu } t \text{ (dari metode Log Pearson Type III)}$$

$$C = 0,61$$

$$R_{\text{eff}1} = R_{t1} * C$$

$$= 97,002 * 0,61$$

$$= 59,249$$

$$R_{\text{eff}2} = R_{t2} * C$$

$$= 113,220 * 0,61$$

$$= 69,155$$

$$R_{\text{eff}3} = R_{t3} * C$$

$$= 126,741 * 0,61$$

$$= 77,414$$

$$\begin{aligned}
 R_{\text{eff}4} &= R_{t4} * C \\
 &= 163,670 * 0,61 \\
 &= 99,970 \\
 R_{\text{eff}5} &= R_{t5} * C \\
 &= 182,482 * 0,61 \\
 &= 111,460 \\
 R_{\text{eff}6} &= R_{t6} * C \\
 &= 203,355 * 0,61 \\
 &= 124,209
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.40** Curah Hujan Efektif Metode *Log Pearson Type III*

| No. | Periode Ulang (T) | Distribusi Curah Hujan Rancangan (X) | Curah Hujan Efektif (Reff) |
|-----|-------------------|--------------------------------------|----------------------------|
|     |                   | <i>Log Pearson Type III (mm)</i>     | (mm)                       |
| 1.  | 2                 | 97,00                                | 59,25                      |
| 2.  | 5                 | 113,22                               | 69,15                      |
| 3.  | 10                | 126,74                               | 77,41                      |
| 4.  | 25                | 163,67                               | 99,97                      |
| 5.  | 50                | 182,48                               | 111,46                     |
| 6.  | 100               | 203,35                               | 124,21                     |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

**Tabel 4.41** Distribusi Hujan Tiap Jam

| Waktu<br>(jam)            | Ratio<br>(%) | Kumulatif<br>(%) | Curah Hujan Tiap Jam |        |        |        |        |        |
|---------------------------|--------------|------------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                           |              |                  | 2 th                 | 5 th   | 10 th  | 25 th  | 50 th  | 100 th |
| [1]                       | [2]          | [3]              | [4]                  | [5]    | [6]    | [8]    | [9]    | [10]   |
| 1                         | 55,03        | 55,03            | 32,61                | 38,06  | 42,60  | 55,02  | 61,34  | 68,35  |
| 2                         | 14,30        | 69,34            | 8,47                 | 9,89   | 11,07  | 14,30  | 15,94  | 17,77  |
| 3                         | 10,03        | 79,37            | 5,94                 | 6,94   | 7,77   | 10,03  | 11,18  | 12,46  |
| 4                         | 7,99         | 87,36            | 4,73                 | 5,52   | 6,18   | 7,99   | 8,90   | 9,92   |
| 5                         | 6,75         | 94,10            | 4,00                 | 4,66   | 5,22   | 6,74   | 7,52   | 8,38   |
| 6                         | 5,90         | 100,00           | 3,49                 | 4,08   | 4,56   | 5,89   | 6,57   | 7,32   |
| Probabilitas Hujan Harian |              |                  | 97,00                | 113,22 | 126,74 | 163,67 | 182,48 | 203,35 |
| Koefisien Pengaliran      |              |                  | 0,61                 | 0,61   | 0,61   | 0,61   | 0,61   | 0,61   |
| Hujan Efektif             |              |                  | 59,25                | 69,15  | 77,41  | 99,97  | 111,46 | 124,21 |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

#### 4.4.2 Analisis Perhitungan Hidrograf Distribusi Curah Hujan

##### 4.4.2.1 Hidrograf Satuan Sintentik *Nakayasu*

a. Karakteristik DAS

- 1) Luas DAS (A) = 3486 km<sup>2</sup>
- 2) Panjang Sungai (L) = 48,62 km
- 3) Koefisien Pengaliran (C) = 0,61
- 4) Hujan Satuan (Ro) = 1 mm
- 5) Koefisien Limpasan ( $\alpha$ ) = 3

b. Parameter hidrograf

1) Waktu konsentrasi (Tg)

$$\begin{aligned} T_g &= 0,4 + 0,058 * L \\ &= 0,4 + 0,058 * 48,62 \\ &= 3,22 \text{ jam} \end{aligned}$$

2) Satuan waktu dari curah hujan (Tr)

$$\begin{aligned} T_r &= 0,5 * T_g \\ &= 0,5 * 3,22 \\ &= 1,61 \text{ jam} \end{aligned}$$

3) Selang waktu (Tp)

$$\begin{aligned} T_g &= 3,22 \text{ jam} \\ T_r &= 1,61 \text{ jam} \\ T_p &= T_g + 0,8 * T_r \\ &= 3,22 + 0,8 * 1,61 \\ &= 4,51 \text{ jam} \end{aligned}$$

4) Waktu penurunan debit (T<sub>0.3</sub>)

$$\begin{aligned} (T_{0.3}) &= \alpha * T_g \\ &= 3 * 3,22 \\ &= 9,66 \end{aligned}$$

5) Debit puncak banjir (Qp)

$$\begin{aligned} \text{Hujan satuan} & \quad (Ro) = 1 \text{ mm} \\ \text{Luas DAS} & \quad (A) = 3486 \text{ Km}^2 \\ \text{Koefisien pengaliran} & \quad (C) = 0,61 \end{aligned}$$

Selang waktu (Tp) = 4,51 jam

Waktu penurunan debit (T<sub>0.3</sub>) = 9,66

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{(A \cdot R_o \cdot C)}{3,6(0,3 \cdot T_p + T_{0,3})} \\ &= \frac{(3486 \cdot 1 \cdot 0,61)}{3,6(0,3 \cdot 4,51 + 9,66)} \\ &= 53,71 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

c. Batas nilai kurva

Selang waktu (Tp) = 4,51 jam

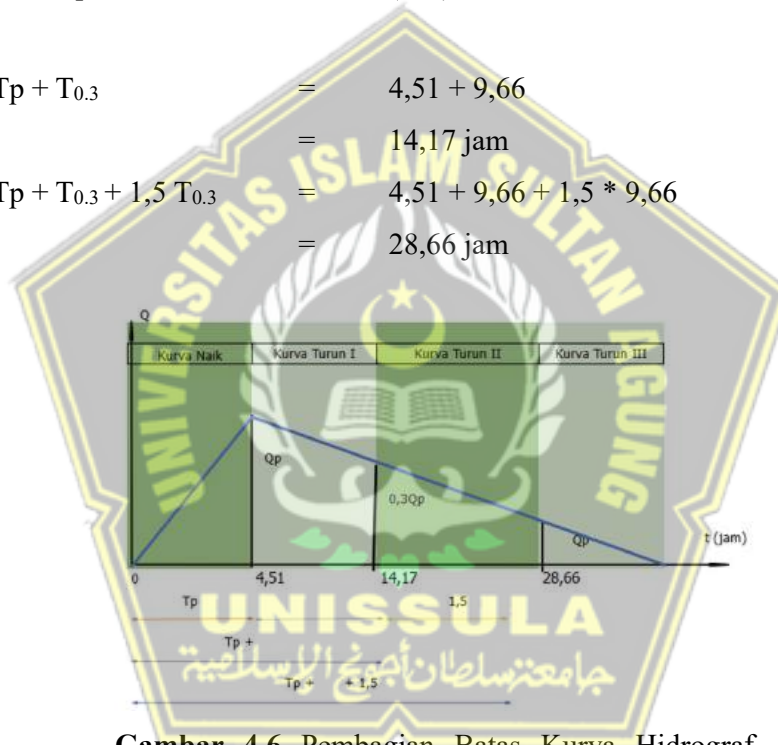
Waktu penurunan debit (T<sub>0.3</sub>) = 9,66

$$T_p + T_{0,3} = 4,51 + 9,66$$

$$= 14,17 \text{ jam}$$

$$T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = 4,51 + 9,66 + 1,5 \cdot 9,66$$

$$= 28,66 \text{ jam}$$



**Gambar 4.6** Pembagian Batas Kurva Hidrograf Satuan *Nakayasu*  
(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

d. Analisis Nilai Hidrograf Banjir

1) Kurva naik

$$T_p = 4,51$$

$$Q_p = 53,71 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Interval } t = 0 < t < T_p$$

$$= 0 < t < 4,51$$

$$A = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4}$$

$$Q_t = A * Q_p$$

Berikut merupakan analisis luasan untuk  $0 < t < 4,51$

$$t = 0 \text{ jam}$$

$$A_0 = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4}$$

$$= \left(\frac{0}{4,51}\right)^{2,4}$$

$$= 0,00$$

$$t = 1 \text{ jam}$$

$$A_1 = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4}$$

$$= \left(\frac{1}{4,51}\right)^{2,4}$$

$$= 0,027$$

$$t = 4,51 \text{ jam}$$

$$A_{4,51} = \left(\frac{t}{T_p}\right)^{2,4}$$

$$= \left(\frac{4,51}{4,51}\right)^{2,4}$$

$$= 1$$

Berikut adalah analisis perhitungan rasio debit banjir untuk  $0 < t < 4,51$

$$Q_{t0} = A_0 * Q_p$$

$$= 0,00 * 53,71$$

$$= 0,00 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{t1} = A_1 * Q_p$$

$$= 0,027 * 53,71$$

$$= 1,447 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{t4,51} = A_{4,51} * Q_p$$

$$= 1,00 * 53,71$$

$$= 53,71 \text{ m}^3/\text{dt}$$

**Tabel 4.42 Analisis Kurva Naik**

| $0 < t < T_p$  |       |                          |
|----------------|-------|--------------------------|
| $0 < t < 4,51$ |       |                          |
| t<br>(Jam)     | A     | Qt<br>m <sup>3</sup> /dt |
| 0,00           | 0,000 | 0,000                    |
| 1,00           | 0,027 | 1,447                    |
| 4,51           | 1,000 | 53,71                    |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

2) Kurva turun I

$$T_p = 4,51$$

$$Q_p = 53,71 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Interval } t = T_p < t < [T_p + T_{0.3}]$$

$$= 4,51 < t < [14,17]$$

$$A = 0,3 \frac{T_{4,51} - T_p}{T_{0.3}}$$

$$Q_t = A * Q_p$$

Berikut adalah analisis perhitungan luasan untuk  $4,51 < t < [14,17]$

$$A_{4,51} = 0,3 \frac{T_{4,51} - T}{T_{0.3}}$$

$$= 0,3 \frac{4,51 - 4,51}{9,66}$$

$$= 1,00$$

$$A_5 = 0,3 \frac{T_5 - T_p}{T_{0.3}}$$

$$= 0,3 \frac{5 - 4,51}{9,66}$$

$$= 0,94$$

$$A_{14,17} = 0,3 \frac{T_{14,17} - T}{T_{0.3}}$$

$$= 0,3 \frac{14,17 - 4,51}{9,66}$$

$$= 0,30$$

Berikut adalah analisis perhitungan rasio debit banjir untuk  $4,51 < t < [14,17]$

$$Q_{t4,51} = A_{4,51} * Q_p$$

$$= 1,00 * 53,71$$

$$\begin{aligned}
 &= 53,71 \text{ m}^3/\text{dt} \\
 Q_{t5} &= A_5 * Q_p \\
 &= 0,94 * 53,71 \\
 &= 50,52 \text{ m}^3/\text{dt} \\
 Q_{t14,17} &= A_{14,17} * Q_p \\
 &= 0,30 * 53,71 \\
 &= 16,11 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.43 Analisis Kurva Turun I**

| $T_p < t < [T_p + T_{0,3}]$ |      |                          |
|-----------------------------|------|--------------------------|
| $4,51 < t < 14,17$          |      |                          |
| t<br>(Jam)                  | A    | Qt<br>m <sup>3</sup> /dt |
| 4,51                        | 1,00 | 53,71                    |
| 5,00                        | 0,94 | 50,52                    |
| 6,00                        | 0,83 | 44,60                    |
| 7,00                        | 0,73 | 39,37                    |
| 8,00                        | 0,65 | 34,76                    |
| 9,00                        | 0,57 | 30,68                    |
| 10,00                       | 0,50 | 27,09                    |
| 11,00                       | 0,45 | 23,91                    |
| 12,00                       | 0,39 | 21,11                    |
| 13,00                       | 0,35 | 18,64                    |
| 14,00                       | 0,31 | 16,45                    |
| 14,17                       | 0,30 | 16,11                    |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

### 3) Kurva turun II

$$\begin{aligned}
 T_p &= 4,51 \\
 T_{0,3} &= 9,66 \\
 T_p + T_{0,3} &= 14,17 \\
 T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} &= 28,66 \\
 \text{Interval } t &= [T_p + T_{0,3}] < t < [T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}] \\
 &= 14,17 < t < 28,66 \\
 A &= 0,3 \frac{t - T_p + 0,5 T_{0,3}}{1,5 T_{0,3}} \\
 Q_t &= A * Q_p
 \end{aligned}$$

Berikut adalah analisis perhitungan luasan untuk  $14,17 < t < 28,66$

$$\begin{aligned}
 A_{14,17} &= 0,3 \frac{t_{14,17} - T_p + 0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}} \\
 &= 0,3 \frac{14,17 - 4,51 - 0,5 \cdot 9,66}{1,5 \cdot 9,66} \\
 &= 0,30 \\
 A_{15} &= 0,3 \frac{t_{15} - T_p + 0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}} \\
 &= 0,3 \frac{15 - 4,51 + 0,5 \cdot 9,66}{1,5 \cdot 9,66} \\
 &= 0,280 \\
 A_{28,66} &= 0,3 \frac{t_{28,66} - T_p + 0,5T_{0,3}}{1,5T_{0,3}} \\
 &= 0,3 \frac{28,66 - 4,51 + 0,5 \cdot 9,66}{1,5 \cdot 9,66} \\
 &= 0,09
 \end{aligned}$$

Berikut adalah analisis perhitungan rasio debit banjir untuk  $14,17 < t < 28,66$

$$\begin{aligned}
 Q_{t14,17} &= A_{14,17} \cdot Q_p \\
 &= 0,30 \cdot 53,71 \\
 &= 16,11 \text{ m}^3/\text{dt} \\
 Q_{t15} &= A_{15} \cdot Q_p \\
 &= 0,280 \cdot 53,71 \\
 &= 15,04 \text{ m}^3/\text{dt} \\
 Q_{t28,66} &= A_{28,66} \cdot Q_p \\
 &= 0,09 \cdot 53,71 \\
 &= 4,83 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.44** Analisis Kurva Turun II

| $t < [T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}]$ |       |                          |
|------------------------------------|-------|--------------------------|
| $14,17 < t < 28,66$                |       |                          |
| t<br>(Jam)                         | A     | Qt<br>m <sup>3</sup> /dt |
| 14,17                              | 0,30  | 16,11                    |
| 15,00                              | 0,280 | 15,04                    |
| 16,00                              | 0,26  | 13,84                    |
| 17,00                              | 0,24  | 12,73                    |
| 18,00                              | 0,22  | 11,72                    |
| 19,00                              | 0,201 | 10,78                    |
| 20,00                              | 0,18  | 9,92                     |

|       |       |      |
|-------|-------|------|
| 21,00 | 0,17  | 9,13 |
| 22,00 | 0,16  | 8,41 |
| 23,00 | 0,144 | 7,74 |
| 24,00 | 0,13  | 7,12 |
| 25,00 | 0,12  | 6,55 |
| 26,00 | 0,11  | 6,03 |
| 27,00 | 0,103 | 5,55 |
| 28,00 | 0,10  | 5,11 |
| 28,66 | 0,09  | 4,83 |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

#### 4) Kurva turun III

$$\begin{aligned}
 T_p + T_{0.3} + 1,5 T_{0.3} &= 28,66 \text{ jam} \\
 \text{Interval } t &= t > [T_p + T_{0.3} + 1,5 T_{0.3}] \\
 &= t > 28,66 \text{ jam} \\
 A &= 0,3 \frac{t - T_p + 0,5 T_{0.3}}{2 T_{0.3}} \\
 Q_t &= A * Q_p
 \end{aligned}$$

Berikut adalah analisis perhitungan luasan  $t > 28,66$  jam

$$\begin{aligned}
 A_{28,66} &= 0,3 \frac{t_{28,66} - T_p + 0,5 T_{0.3}}{2 T_{0.3}} \\
 &= 0,3 \frac{28,66 - 4,51 + 0,5 * 9,66}{2 * 9,66} \\
 &= 0,164 \\
 A_{29} &= 0,3 \frac{t_{29} - T_p + 0,5 T_{0.3}}{2 T_{0.3}} \\
 &= 0,3 \frac{29 - 4,51 + 0,5 * 9,66}{2 * 9,66} \\
 &= 0,161 \\
 A_{35} &= 0,3 \frac{t_{35} - T_p + 0,5 T_{0.3}}{2 T_{0.3}} \\
 &= 0,3 \frac{35 - 4,51 + 0,5 * 9,66}{2 * 9,66} \\
 &= 0,111
 \end{aligned}$$

Berikut adalah analisis perhitungan rasio debit banjir untuk  $t > 28,66$  jam

$$\begin{aligned}
 Q_{t28,66} &= A_{28,66} * Q_p \\
 &= 0,164 * 53,71 \\
 &= 8,82 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{t29} &= A_{29} * Q_p \\
 &= 0,161 * 53,71 \\
 &= 8,64 \text{ m}^3/\text{dt} \\
 Q_{t35} &= A_{35} * Q_p \\
 &= 0,111 * 53,71 \\
 &= 5,94 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

Hasil analisis perhitungan luasan rasio debit banjir lainnya untuk  $t > 28,66$  jam disajikan dalam tabel 4.45, sebagai berikut:

**Tabel 4.45** Analisis Kurva Turun III

| $t < [T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}]$ |       |                          |
|------------------------------------|-------|--------------------------|
| $t > 28,66$                        |       |                          |
| t<br>(Jam)                         | A     | Qt<br>m <sup>3</sup> /dt |
| 28,66                              | 0,164 | 8,82                     |
| 29,00                              | 0,161 | 8,64                     |
| 30,00                              | 0,151 | 8,12                     |
| 31,00                              | 0,142 | 7,63                     |
| 32,00                              | 0,133 | 7,17                     |
| 33,00                              | 0,125 | 6,73                     |
| 34,00                              | 0,118 | 6,33                     |
| 35,00                              | 0,111 | 5,94                     |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Berdasarkan analisis keseluruhan terhadap kurva kenaikan dan penurunan hidrograf di atas, maka kurva tersebut dapat direpresentasikan berupa titik koordinat seperti berikut:

**Tabel 4.46** Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

| Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu |                          |
|------------------------------------|--------------------------|
| t<br>(jam)                         | Qt<br>m <sup>3</sup> /dt |
| 0,00                               | 0,00                     |
| 1,00                               | 0,02                     |
| 4,51                               | 53,71                    |
| 5,00                               | 50,52                    |
| 6,00                               | 44,60                    |
| 7,00                               | 39,37                    |
| 8,00                               | 34,76                    |

|       |       |
|-------|-------|
| 9,00  | 30,68 |
| 10,00 | 27,09 |
| 11,00 | 23,91 |
| 12,00 | 21,11 |
| 13,00 | 18,64 |
| 14,00 | 16,45 |
| 14,17 | 16,11 |
| 15,00 | 15,04 |
| 16,00 | 13,84 |
| 17,00 | 12,73 |
| 18,00 | 11,72 |
| 19,00 | 10,78 |
| 20,00 | 9,92  |
| 21,00 | 9,13  |
| 22,00 | 8,41  |
| 23,00 | 7,74  |
| 24,00 | 7,12  |
| 25,00 | 6,55  |
| 26,00 | 6,03  |
| 27,00 | 5,55  |
| 28,00 | 5,11  |
| 28,66 | 4,83  |
| 28,66 | 8,82  |
| 29,00 | 8,64  |
| 30,00 | 8,12  |
| 31,00 | 7,63  |
| 32,00 | 7,17  |
| 33,00 | 6,73  |
| 34,00 | 6,33  |
| 35,00 | 5,94  |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)



**Gambar 4.7** Unit Hidrograf Satuan Sintetis *Nakayasu*

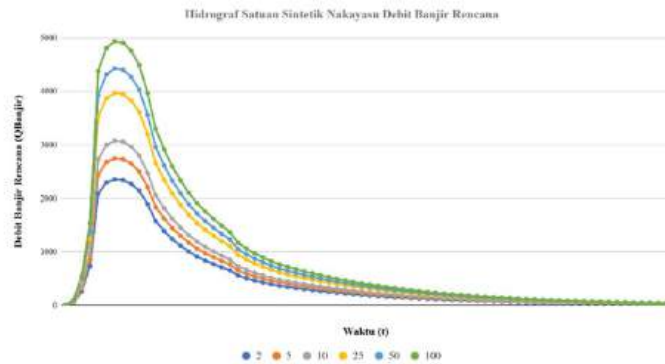
(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Dari hasil perhitungan pada tabel 4.46 dan gambar grafik pada 4.7 maka diperoleh grafik Hidrograf Satuan *Nakayasu* pada Sungai Wulan-Lusi dengan titik puncak terjadi pada waktu (t) 4,51 jam dengan nilai  $Q = 53,71 \text{ m}^3/\text{dt}$ , intensitas curah hujan sebesar 55,03 % atau 0,550 mm.

**Tabel 4.47** Rekapitulasi Debit (Q) Periode Ulang 2,5,25,50 dan 100 Tahun

| No | Periode   | Debit Banjir Rencana (Qbanjir) |          |          |          |          |          |
|----|-----------|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|    | Ulang (T) |                                |          |          |          |          |          |
|    | (Tahun)   | 2                              | 5        | 10       | 25       | 50       | 100      |
|    | Waktu (t) | (m3/det)                       | (m3/det) | (m3/det) | (m3/det) | (m3/det) | (m3/det) |
| 1  | 0,00      | -                              | -        | -        | -        | -        | -        |
| 2  | 1,00      | 47,185                         | 55,075   | 61,652   | 79,615   | 88,766   | 98,919   |
| 3  | 4,51      | 261,311                        | 305,000  | 341,424  | 440,906  | 491,583  | 547,809  |
| 4  | 5,00      | 732,356                        | 854,801  | 956,885  | 1235,695 | 1377,723 | 1535,305 |
| 5  | 6,00      | 2089,289                       | 2438,605 | 2729,831 | 3525,230 | 3930,413 | 4379,967 |
| 6  | 7,00      | 2294,144                       | 2677,710 | 2997,491 | 3870,878 | 4315,789 | 4809,422 |
| 7  | 8,00      | 2353,631                       | 2747,143 | 3075,216 | 3971,251 | 4427,698 | 4934,132 |
| 8  | 9,00      | 2340,245                       | 2731,518 | 3057,725 | 3948,663 | 4402,515 | 4906,068 |
| 9  | 10,00     | 2270,442                       | 2650,045 | 2966,523 | 3830,887 | 4271,201 | 4759,735 |
| 10 | 11,00     | 2141,955                       | 2500,076 | 2798,643 | 3614,091 | 4029,488 | 4490,374 |
| 11 | 12,00     | 1890,956                       | 2207,111 | 2470,692 | 3190,584 | 3557,304 | 3964,183 |
| 12 | 13,00     | 1573,215                       | 1836,247 | 2055,537 | 2654,465 | 2959,564 | 3298,074 |
| 13 | 14,00     | 1389,470                       | 1621,780 | 1815,459 | 2344,434 | 2613,898 | 2912,872 |
| 14 | 14,17     | 1239,330                       | 1446,538 | 1619,288 | 2091,105 | 2331,452 | 2598,120 |
| 15 | 15,00     | 1112,617                       | 1298,639 | 1453,727 | 1877,304 | 2093,077 | 2332,480 |
| 16 | 16,00     | 1004,050                       | 1171,921 | 1311,876 | 1694,121 | 1888,839 | 2104,882 |
| 17 | 17,00     | 910,148                        | 1062,319 | 1189,185 | 1535,681 | 1712,189 | 1908,027 |
| 18 | 18,00     | 837,580                        | 977,618  | 1094,368 | 1413,238 | 1575,672 | 1755,895 |
| 19 | 19,00     | 770,798                        | 899,670  | 1007,112 | 1300,556 | 1450,040 | 1615,893 |
| 20 | 20,00     | 709,340                        | 827,937  | 926,812  | 1196,860 | 1334,424 | 1487,054 |
| 21 | 21,00     | 652,782                        | 761,923  | 852,915  | 1101,431 | 1228,027 | 1368,487 |
| 22 | 22,00     | 556,938                        | 650,055  | 727,686  | 939,714  | 1047,723 | 1167,560 |
| 23 | 23,00     | 506,055                        | 590,664  | 661,203  | 853,860  | 952,001  | 1060,889 |
| 24 | 24,00     | 463,606                        | 541,118  | 605,740  | 782,236  | 872,145  | 971,900  |
| 25 | 25,00     | 426,709                        | 498,052  | 557,531  | 719,980  | 802,733  | 894,549  |
| 26 | 26,00     | 394,067                        | 459,952  | 514,881  | 664,903  | 741,326  | 826,117  |
| 27 | 27,00     | 364,896                        | 425,905  | 476,767  | 615,685  | 686,450  | 764,965  |
| 28 | 28,00     | 342,851                        | 400,173  | 447,963  | 578,487  | 644,977  | 718,749  |
| 29 | 28,66     | 322,137                        | 375,996  | 420,899  | 543,537  | 606,010  | 675,325  |
| 30 | 28,66     | 302,675                        | 353,280  | 395,470  | 510,699  | 569,398  | 634,524  |
| 31 | 29,00     | 284,388                        | 331,936  | 371,577  | 479,844  | 534,997  | 596,189  |
| 32 | 30,00     | 267,207                        | 311,882  | 349,128  | 450,854  | 502,674  | 560,169  |
| 33 | 31,00     | 251,063                        | 293,039  | 328,035  | 423,615  | 472,305  | 526,326  |
| 34 | 32,00     | 235,895                        | 275,335  | 308,216  | 398,022  | 443,770  | 494,528  |
| 35 | 33,00     | 221,643                        | 258,700  | 289,595  | 373,975  | 416,959  | 464,650  |
| 36 | 34,00     | 208,252                        | 243,070  | 272,099  | 351,381  | 391,768  | 436,578  |
| 37 | 35,00     | 195,670                        | 228,385  | 255,660  | 330,152  | 368,099  | 410,201  |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)



**Gambar 4.8** Hidrograf Satuan Sintetik *Nakayasu* Debit Banjir Rencana  
(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.46 dan grafik pada gambar 4.7 maka diperoleh nilai titik puncak yang terjadi pada saat 4,51 jam dengan periode ulang 2 tahun nilai  $Q = 2353,63 \text{ m}^3/\text{dt}$ , periode ulang 5 tahun nilai  $Q = 2747,14 \text{ m}^3/\text{dt}$ , periode ulang 10 tahun nilai  $Q = 3075,22 \text{ m}^3/\text{dt}$ , periode ulang 25 tahun nilai  $Q = 3971,25 \text{ m}^3/\text{dt}$ , periode ulang 50 tahun nilai  $Q = 4427,70 \text{ m}^3/\text{dt}$ , periode ulang 100 tahun nilai  $Q = 4934,13 \text{ m}^3/\text{dt}$ .

Adapun untuk hasil rekapitulasi untuk masing-masing periode ulang yang digunakan terdapat pada tabel berikut ini.

**Tabel 4.48** Hasil Rekapitulasi Debit Banjir Rencana

| No. | Kala Ulang (Tahun) | Hujan Rencana (mm) | Debit Rencana ( $\text{m}^3/\text{dt}$ ) |
|-----|--------------------|--------------------|------------------------------------------|
| 1   | 2                  | 102,894            | 2353,63                                  |
| 2   | 5                  | 118,637            | 2747,14                                  |
| 3   | 10                 | 126,884            | 3075,22                                  |
| 4   | 25                 | 141,315            | 3971,25                                  |
| 5   | 50                 | 146,563            | 4427,70                                  |
| 6   | 100                | 151,248            | 4934,13                                  |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

#### 4.5 Kapasitas Penampang Sungai

**Tabel 4.49** Data Eksisting Sungai Wulan-Lusi

| No | h<br>(m) | B<br>(m) |
|----|----------|----------|
| 1  | 4,28     | 10,05    |
| 2  | 4,02     | 8,37     |
| 3  | 3,86     | 7,33     |
| 4  | 3,87     | 7,33     |
| 5  | 4,03     | 9,23     |
| 6  | 4,03     | 8,98     |

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2024)

- a. Menentukan Luas Penampang ( $A'$ )

$$\begin{aligned} A' &= B \times h \\ &= 10,05 \times 4,28 \\ &= 43,02 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- b. Menentukan Keliling Basah Penampang ( $P$ )

$$\begin{aligned} P &= B + (2 \times h) \\ &= 10,05 + (2 \times 4,28) \\ &= 18,61 \text{ m} \end{aligned}$$

- c. Menentukan Jari-Jari Hidrolis ( $R$ )

$$\begin{aligned} R &= \frac{A'}{P} \\ &= \frac{43,02}{18,61} \\ &= 2,31 \text{ m} \end{aligned}$$

- d. Menentukan Kemiringan Penampang ( $S$ )

$$\begin{aligned} S &= \frac{\text{Tinggi Saluran Hulu} - \text{Tinggi Saluran Hilir}}{\text{Panjang Penampang}} \\ &= \frac{19,2 - 10,2}{250} \\ &= 0,03588 \end{aligned}$$

- e. Menentukan Koefisien Manning ( $n$ )

$$n = 0,023 \text{ berdasarkan tabel 4.49}$$

**Tabel 4.50** Nilai Koefisien Manning (n)

| Saluran  | Tipe Dasar                              | Koefisien 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     |

f. Menentukan Kecepatan Aliran (v)

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \\
 &= \frac{1}{0,023} \times 2,31^{\frac{2}{3}} \times 0,03588^{\frac{1}{2}} \\
 &= 14,398 \text{ m/dt}
 \end{aligned}$$

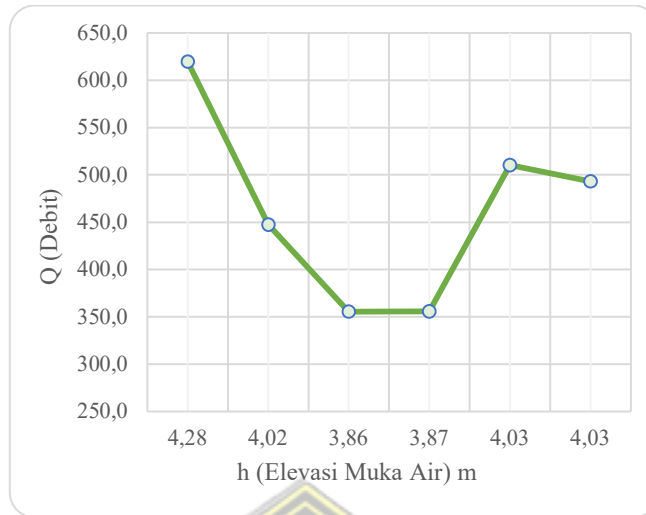
g. Menentukan Lengung Debit (Q)

$$\begin{aligned}
 Q &= A' \times V \\
 &= 43,02 \times 14,398 \\
 &= 619,472 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.51** Debit Kapasitas Penampang Sungai

| No        | h    | B     | A              | P     | R    | S       | v      | Q                  |
|-----------|------|-------|----------------|-------|------|---------|--------|--------------------|
|           | m    | m     | m <sup>2</sup> | m     |      |         | m/dt   | m <sup>3</sup> /dt |
| 1         | 4,28 | 10,05 | 43,02          | 18,61 | 2,31 | 0,03588 | 14,398 | 619,472            |
| 2         | 4,02 | 8,37  | 33,65          | 16,41 | 2,05 | 0,03588 | 13,292 | 447,245            |
| 3         | 3,86 | 7,33  | 28,32          | 15,06 | 1,88 | 0,03588 | 12,548 | 355,309            |
| 4         | 3,87 | 7,33  | 28,35          | 15,06 | 1,88 | 0,03588 | 12,552 | 355,797            |
| 5         | 4,03 | 9,23  | 37,19          | 17,29 | 2,15 | 0,03588 | 13,724 | 510,348            |
| 6         | 4,03 | 8,98  | 36,22          | 17,05 | 2,12 | 0,03588 | 13,611 | 492,937            |
| Jumlah    |      |       |                |       |      |         | 80,125 | 2781,108           |
| Rata-rata |      |       |                |       |      |         | 22,893 | 463,518            |

(Sumber: Hasil Analisis, 2024)



**Gambar 4.9** Kapasitas Penampang Sungai  
(Sumber: Hasil Analisis, 2024)

#### 4.6 Volume Kolam Retensi

Untuk mengatasi debit luapan sungai yang terjadi akibat keterbatasan daya tampung Sungai Wulan-Lusi, direncanakan pembangunan kolam retensi sebagai upaya pengendalian banjir sementara. Perhitungan volume kolam retensi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_{100} &= 4934,13 \text{ m}^3/\text{dt} \\
 \text{Daya tampung sungai} &= 463,518 \text{ m}^3/\text{dt} \\
 \text{Q luapan sungai yang terjadi} &= 4934,13 - 463,518 = 4470,614 \text{ m}^3/\text{dt} \\
 \text{Q kolam retensi} &= \text{Q genangan} = 4470,614 \text{ m}^3/\text{dt} \\
 T_p &= 4,51 \text{ jam} \\
 T_r &= 1,61 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V \text{ kolam retensi} &= Q \text{ kolam retensi} \times (T_p - T_r) \\
 V \text{ kolam retensi} &= 4470,614 \text{ m}^3/\text{dt} \times (4,51 \text{ jam} - 1,61 \text{ jam}) \\
 &= 4470,614 \text{ m}^3/\text{dt} \times 2,90 \text{ jam} \\
 &= 4470,614 \text{ m}^3/\text{dt} \times 10440 \text{ dt} \\
 &= 46.673.206,6 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan volume kolam retensi, dapat dilakukan perhitungan luas kolam retensi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V &= 46.673.206,6 \text{ m}^3 \\ h &= 5 \text{ m (diambil pendekatan)} \\ A &= \frac{46.673.206,6 \text{ m}^3}{5 \text{ m}} \\ &= 9334641,32 \text{ m}^2 \\ &= 933,46 \text{ Ha} \end{aligned}$$

#### 4.7 Pembahasan

Setiap penampang sungai memiliki kapasitas tertentu dalam mengalirkan air, yang dikenal sebagai debit aliran. Debit aliran ini mencerminkan kemampuan maksimum sungai untuk mengalirkan air dalam kondisi normal maupun saat banjir. Berdasarkan hasil analisis hidrologi menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) *Nakayasu*, debit puncak banjir yang terjadi pada DAS Serang tercatat sebesar 4934,13 m<sup>3</sup>/detik pada jam ke-4,51. Namun, daya tampung maksimum sungai hanya 463,518 m<sup>3</sup>/detik, sehingga terjadi debit luapan sebesar 4470,614 m<sup>3</sup>/detik, yang tidak dapat ditampung oleh sungai. Debit banjir ini mencapai puncaknya pada jam ke-4,51 dan mulai menurun seiring berjalannya waktu, sebagaimana ditunjukkan dalam analisis hidrograf.

Salah satu bentuk pengendalian yang dipilih untuk mengatasi debit banjir yang besar adalah pembangunan kolam retensi. Kolam retensi ini dirancang untuk menampung volume air dalam jumlah besar, dengan kebutuhan volume mencapai 46.673.206,6 m<sup>3</sup>. Dengan kapasitas yang lebih besar dibandingkan debit banjir yang terjadi, kolam retensi mampu mengurangi risiko banjir secara signifikan dan menjaga kestabilan aliran air di kawasan tersebut. Lokasi kolam retensi yang direncanakan berada di Kecamatan Jati, Kabupaten Kudus, menjadi bagian dari solusi pengendalian banjir untuk mengurangi risiko genangan yang diakibatkan oleh keterbatasan daya tampung Sungai Wulan-Lusi. Strategi ini memastikan air luapan dapat dikelola dengan optimal sehingga potensi dampak banjir dapat diminimalkan.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

- a. Analisis hidrologi dilakukan menggunakan data curah hujan harian maksimum dari tiga stasiun (Wilalung, Wonosegoro, dan Kunthi) di DAS Serang. Penentuan curah hujan rencana menggunakan metode *Log Pearson Type III*, sedangkan debit banjir rencana dihitung dengan Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) *Nakayasu* untuk periode ulang hingga 100 tahun. Berdasarkan perhitungan HSS *Nakayasu* didapatkan nilai debit banjir rencana sebesar  $Q_2 = 2353,63 \text{ m}^3/\text{dt}$ ,  $Q_5 = 2747,14 \text{ m}^3/\text{dt}$ ,  $Q_{10} = 3075,22 \text{ m}^3/\text{dt}$ ,  $Q_{25} = 3971,25 \text{ m}^3/\text{dt}$ ,  $Q_{50} = 4427,70 \text{ m}^3/\text{dt}$ ,  $Q_{100} = 4934,13 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Sementara kapasitas debit rata-rata sungai hanya  $463,518 \text{ m}^3/\text{detik}$ , hal tersebut menunjukkan ketidakmampuan sungai menampung debit air dengan selisih  $4470,614 \text{ m}^3/\text{detik}$ .
- b. Berdasarkan analisis hidrologi, debit banjir meningkat dari jam pertama hingga jam ke-4,51, kemudian menurun signifikan dari jam ke-5 hingga jam ke-35. Untuk mengatasi masalah ini, solusi yang dipilih adalah pembangunan kolam retensi dengan kapasitas  $46.673.206,6 \text{ m}^3$ , melebihi debit banjir yang terjadi, sehingga banjir dapat teratasi.

#### 5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang dapat digunakan sebagai acuan yang membangun pada penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji alternatif lain dalam upaya penanggulangan banjir dan memperluas cakupan lokasi studi guna memperoleh data yang lebih komprehensif dan akurat.
- b. Disarankan untuk memperluas area studi guna memperoleh data yang lebih tepat dan mencakup berbagai kondisi yang ada di DAS tersebut.
- c. Pelaksanaan perawatan saluran secara berkala, termasuk pengerukan sedimentasi dan pembersihan saluran drainase, penting untuk memastikan kapasitas optimal saluran air.

## DAFTAR PUSAKA

- APA ITU DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) | Dinas Lingkungan Hidup. (n.d.).  
<https://dlh.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/apa-itu-daerah-aliran-sungai-das-28>
- Arif, M. A. W., Rahmawati, R., & Didi, A. B. (2024). Analisis Pengendalian Banjir Kota Turikale Kabupaten Maros Dengan Metode Hidrograf Satuan Sintesis *Nakayasu*. AURELIA: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Indonesia, 3(2), 1845-1853.
- Arsyad, Sitanala. (1989). Konservasi Tanah dan Air. Bogor: Penerbit IPB Press.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill.
- Christian, Mundra, I. W., & Yulianti, E. (2022). PERENCANAAN KOLAM RETENSI DALAM PENANGANAN BANJIR DI KABUPATEN PASURUAN JAWA TIMUR: PLANNING OF RETENTION POOLS IN FLOOD HANDLING IN PASURUAN DISTRICT, EAST JAVA. STUDENT JOURNAL GELAGAR, 4(2), 4-10.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2014). Pengelolaan Air Hujan pada Bangunan Gedung dan Persilnya, No. 11/PRT/M/2014. Direktorat Jenderal Cipta Karya. Jakarta.
- Kamiana, I. M. (2011). Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air (Edisi pertama, Cetakan pertama). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2020). Pengalihan Alur Sungai, No. 21/2020. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2022. Lampiran II: Petunjuk Operasional Pengelolaan Dana Alokasi Khusus Infrastruktur Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tahun Anggaran 2022, No.

- 5/2022, hal. 8. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Kunaifi, A. A. (2015). Kolam retensi (retarding basin) sebagai alternatif pengendali banjir dan rob. Semarang: Pusdataru Jawa Tengah.
- Loebis, J. (1987). Banjir rencana untuk bangunan air. Bandung: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Mulyono, D. (2014). Analisis karakteristik curah hujan di wilayah Kabupaten Garut Selatan. *Jurnal Konstruksi*, 12(1).
- Negoro, A. N., & Pramawan, H. (2008). Perencanaan Teknis Embung Silandak Sebagai Pengendali Banjir Kali Silandak Semarang (Engineering Design Of Silandak Small Dam As A Flood Control Of Semarang Silandak River) (Doctoral Dissertation, F. Teknik Undip).
- Pemerintah Republik Indonesia. 2012. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Kantor Kepresidenan. Jakarta.
- Purwitasari, D., & Pawang S, D. A. (2006). Perencanaan Embung Wisnu Kec. Karanganyar Kab. Pekalongan (Doctoral Dissertation, F. Teknik Undip).
- Ramadhan, F., Amelia, Y., Herdianto, R., Syofyan, E. R. 2020, Analisis Pengendalian Puncak Banjir Menggunakan Kolam Retensi di DAS Batang Air Dingin Kota Padang, *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*, 16(1), 1-10.
- Seyhan, E. (1990). Dasar-Dasar Hidrologi. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Soemarto, C.D. 1999. *Hidrologi Teknik*, Edisi II. Jakarta: Erlangga.
- Soewarno. (1995). Hidrologi: Aplikasi metode statistik untuk analisa data. Bandung: Penerbit Nova.
- Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kensaku. 1977. *Bendungan Type Urugan*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Suripin, 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.

Syarifuddin, et al. (2000). *Sains Geografi*. Jakarta: Bumi Aksara.

Tallar, R. Y. (2023). *Dasar-dasar hidrologi terapan*. Gorontalo: Ideas Publishing.

Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.

Triatmodjo, B. (2013). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.

Zevri, A. (2017). Analisis volume tampungan kolam retensi DAS Deli sebagai salah satu upaya pengendalian banjir Kota Medan. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 13(2), 113-122.

