

**PREDIKSI DEBIT PUNCAK MAKSIMUM PADA DAS MAROS  
MENGUNAKAN MODEL HEC-HMS**

**MUHAMMAD TALIB**

**G041181320**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2023**

**PREDIKSI DEBIT PUNCAK MAKSIMUM PADA DAS MAROS  
MENGUNAKAN MODEL HEC-HMS**

**MUHAMMAD TALIB  
G041181320**



Skripsi  
Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknologi Pertanian  
Pada  
Departemen Teknologi Pertanian  
Fakultas Pertanian  
Universitas Hasanuddin  
Makassar

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PREDIKSI DEBIT PUNCAK MAKSIMUM PADA DAS MAROS MENGUNAKAN MODEL HEC-HMS

Disusun dan diajukan oleh

**MUHAMMAD TALIB**  
**G041181320**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 29 Agustus 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

**Pembimbing Utama**

**Pembimbing Pendamping**

  
**Dr. Ir. Mahmud Achmad, MP.**  
**NIP. 19700603 199403 1 003**

  
**Dr. Ir. Abdul Waris, MT.**  
**NIP. 19601101 198903 1 002**

**Ketua Program Studi**  
**Teknik Pertanian**

  
**Diyah Yumeina, S.TP., M.Agr., Ph.D.**  
**NIP. 19810129 200912 2 003**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Talib  
NIM : G041181320  
Program Studi : Teknik Pertanian  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul Prediksi Debit Puncak Maksimum pada DAS Maros Menggunakan Model HEC-HMS adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari skripsi karya saya ini membuktikan bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 27 Agustus 2023

Yang Menyatakan



Muhammad Talib

## ABSTRAK

MUHAMMAD TALIB (G04118320). Prediksi Debit Puncak Maksimum pada DAS Maros Menggunakan Model HEC-HMS. Pembimbing: MAHMUD ACHMAD dan ABDUL WARIS.

DAS Maros mengalami banyak perubahan tutupan lahan yang akibat dari bertambahnya jumlah penduduk, serta perubahan penggunaan tata letak lahan seperti perkebunan, pemukiman dan sawah, yang berpotensi mengakibatkan banjir. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung besarnya debit puncak maksimum DAS Maros dan mengetahui debit banjir rencana yang akan terjadi pada waktu 2, 5, 10 dan 20 tahun di DAS Maros. Salah satu aplikasi model hidrologi yang digunakan untuk simulasi dan prediksi banjir adalah HEC-HMS. HEC-HMS merupakan salah satu model hidrologi yang dimanfaatkan untuk analisis debit puncak atau debit banjir. Metode penelitian ini dilakukan dengan prosedur berikut: pengumpulan data, penentuan nilai karakteristik DAS, pemisahan aliran dasar, simulasi HEC-HMS, curah hujan rencana dan resimulasi HEC-HMS. Hasil yang diperoleh berupa verifikasi, validasi dan simulasi. Tahap verifikasi menggunakan HEC-HMS dengan parameter *loss method*, *transform* dan *base flow* menghasilkan perbedaan debit simulasi dan observasi yang tidak berbeda jauh. Pada tahap validasi menggunakan metode *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) mendapatkan nilai 0,546 yang termasuk kategori memenuhi untuk dipakai memprediksi debit aliran DAS Maros. Pada tahap simulasi debit aliran menggunakan aplikasi HEC-HMS dengan kala ulang 2, 5, 10 dan 20 tahun, mendapatkan nilai debit puncak masing-masing sebesar 373,40 m<sup>3</sup>/s, 651,80 m<sup>3</sup>/s, 891,40 m<sup>3</sup>/s dan 1.117,30 m<sup>3</sup>/s.

**Kata Kunci:** Banjir, HEC-HMS, NSE.

## **ABSTRACT**

MUHAMMAD TALIB (G041181320). *Predicting The Maximum Peak Flow on Maros Catchment Area Using the HEC-HMS Model. Supervisors: MAHMUD ACHMAD and ABDUL WARIS.*

*The Maros watershed has experienced many land cover changes as a result of the increasing population, as well as changes in the use of land layout such as plantations, settlements, and rice fields, which have the potential to cause flooding. This study aims to calculate the magnitude of the maximum peak discharge of the Maros watershed and determine the planned flood discharge that will occur at 2, 5, 10 and 20 years in the Maros watershed. One of the hydrological model applications used for flood simulation and prediction is HEC-HMS. HEC-HMS is one of the hydrological models utilized for peak discharge or flood discharge analysis. This research method is carried out with the following procedures: data collection, determination of watershed characteristic values, base flow separation, HEC-HMS simulation, planned rainfall, and HEC-HMS resimulation. The results obtained are verification, validation, and simulation. The verification stage using HEC-HMS with loss method, transform, and base flow parameters resulted in differences in simulated and observed discharge that did not differ much. At the validation stage, using the Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) method, a value of 0.546 was obtained, which is included in the fulfillment category to be used to predict the flow discharge of the Maros watershed. In the flow discharge simulation stage using the HEC-HMS application with a return period of 2, 5, 10 and 20 years, we got peak discharge values of 373.40 m<sup>3</sup>/s, 651.80 m<sup>3</sup>/s, 891.40 m<sup>3</sup>/s and 1.117.30 m<sup>3</sup>/s, respectively.*

**Keywords:** *Flood, HEC-HMS, NSE.*

## PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan nikmat-Nya saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa dengan selesainya penulisan skripsi ini tidak lepas dari doa dan dukungan serta semangat oleh berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ayahanda **Talib** dan Ibunda **Sitti Aminah**, selaku orang tua atas setiap doa yang senantiasa dipanjatkan, nasehat, motivasi serta dukungan berupa materi dari awal perkuliahan sampai akhir ini dan pengorbanan keringat yang diberikan kepada penulis mulai dari kecil hingga penulis sampai ketahap ini.
2. **Dr. Ir. Mahmud Achmad, MP.** dan **Dr. Ir. Abdul Waris, MT.** selaku dosen pembimbing yang meluangkan waktu memberikan bimbingan, saran, kritikan, petunjuk, dan segala arahan yang telah diberikan dari tahap penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi selesai.
3. Bapak **Dr. Ir. Mahmud Achmad, MP.** selaku dosen pembimbing akademik, serta seluruh **Dosen dan Staf Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian** yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan serta pengalaman selama proses perkuliahan.
4. Kepada teman-teman terdekat penulis **Anna, Reni, Sahrul, Eva, Asreni, Nurhamsia, Ugi, Desi, Dian, Nidar, Ikhsan, Risywar, Bahrum, Arif dan kerabat SPEKTRUM 18** yang telah banyak membantu selama penelitian ini berlangsung dan selalu kebersamai dari awal perkuliahan sampai akhir.

Makassar, 27 Agustus 2023

Muhammad Talib

## RIWAYAT HIDUP



**Muhammad Talib** lahir di Cendana Hitam, 15 April 2001, anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan bapak Talib dan Ibu Sitti Aminah. Jenjang pendidikan formal yang pernah dilalui adalah:

1. Memulai pendidikan di SD Inpres Mulia pada tahun 2006 sampai tahun 2012.
2. Melanjutkan pendidikan di jenjang menengah pertama di SMP Negeri 1 Mangkutana pada tahun 2012 sampai tahun 2015.
3. Melanjutkan pendidikan di jenjang menengah atas di SMA Negeri 4 Luwu Timur, pada tahun 2015 sampai tahun 2018.
4. Melanjutkan pendidikan di Universitas Hasanuddin Makassar, Fakultas Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Keteknikan Pertanian pada tahun 2018 sampai tahun 2023.

Selama menempuh pendidikan di dunia perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi kampus yaitu sebagai pengurus di Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin (HIMATEPA UH) periode 2020/2021. Selain itu, aktif dalam kegiatan Laboratorium yang terhimpun dalam *Agriculture Study Club* (ASC). Penulis juga pernah mengikuti Program Kreativitas Mahasiswa (PKM), Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) dan Program Pengabdian Kepada Masyarakat Unhas-Program Kemitraan Masyarakat (PPMU-PK-M) di kota Makassar yang diselenggarakan oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Hasanuddin yang bekerja sama dengan Kelompok Tani Ma'minasae.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
PERSANTUNAN.....	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Kegunaan.....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Kondisi Umum Daerah Studi.....	3
2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS).....	4
2.2.1 Bentuk DAS.....	4
2.2.2 Luas DAS.....	4
2.2.3 Intensitas Curah Hujan.....	5
2.2.4 Topografi.....	5
2.2.5 Jenis Tanah.....	5
2.2.6 Penggunaan Lahan.....	5
2.3 Penentuan Batas DAS.....	6
2.3.1 Secara Manual Menggunakan Peta RBI.....	6
2.3.2 Digitalisasi dari Peta RBI.....	6
2.3.3 Digitasi dari <i>Google Earth/Google Map</i> .....	6
2.3.4 DEM dan <i>software GIS</i> .....	7

2. 4	Siklus Hidrologi .....	7
2.4.1	Evaporasi .....	7
2.4.2	Transpirasi .....	8
2.4.3	Evapotranspirasi.....	8
2.4.4	Kondensasi .....	9
2.4.5	Presipitasi.....	9
2.4.6	<i>Runoff</i> .....	9
2. 5	Curah Hujan .....	10
2.5.1	Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata.....	10
2.5.2	Intensitas Curah Hujan .....	12
2.5.3	Analisis Frekuensi Curah Hujan.....	14
2. 6	Hidrograf.....	16
2.6.1	Jenis Hidrograf.....	16
2.6.2	Metode Analisis Hidrograf .....	17
2. 7	Metode SCS-CN .....	20
2. 8	Model Hidrologi.....	22
2.8.1	Model ANSWERS.....	22
2.8.2	Model AGNPS .....	22
2.8.3	Model HEC-RAS .....	22
2.8.4	Model HEC-HMS .....	23
2. 9	Pemisahan Aliran Dasar .....	25
2.8.5	Metode Minimum Lokal.....	26
2.8.6	Metode Interval Tetap.....	27
2.8.7	Metode Interval Bergerak .....	27
2. 10	Metode Validasi <i>Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)</i> .....	27
2. 11	Penelitian Terkait.....	28
3.	METODE PENELITIAN.....	29
3.1	Waktu dan Tempat.....	30
3.2	Alat dan Bahan .....	30
3.3	Prosedur Penelitian .....	30
3.3.1	Pengumpulan Data .....	30

3.3.2	Penentuan Nilai Karakteristik DAS .....	30
3.3.3	Pemisahan Aliran Dasar .....	31
3.3.4	Simulasi HEC-HMS.....	31
3.3.5	Curah Hujan Rencana.....	31
3.3.6	Resimulasi HEC-HMS .....	32
3.4	Diagram Alir Penelitian .....	32
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1	Deskripsi Wilayah Hulu DAS Maros .....	33
4.2	Jenis Tanah DAS Maros.....	34
4.3	Tutupan Lahan DAS Maros .....	35
4.4	Curah Hujan .....	36
4.5	Simulasi HEC-HMS.....	38
4.5.1	<i>Loss Method</i> (Proses Kehilangan Air) .....	39
4.5.2	<i>Transform</i> .....	40
4.6	Aliran Dasar ( <i>Base Flow</i> ) .....	41
4.7	Debit Puncak.....	43
4.8	Verifikasi .....	44
4.9	Validasi.....	45
4.10	Resimulasi HEC-HMS.....	47
5.	PENUTUP.....	49
Kesimpulan	.....	56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Laju Infiltrasi Tanah Berdasarkan Kelompok Hidrologi Tanah .....	5
Tabel 2. Nilai Parameter untuk Kalibrasi HEC-HMS .....	28
Tabel 3. Penelitian Terkait Model Hidrologi pada DAS Maros.....	28
Tabel 4. Data Jenis Tanah DAS Maros .....	34
Tabel 5. Data Tutupan Lahan DAS Maros .....	35
Tabel 6. Luas Pengaruh Stasiun DAS Maros .....	37
Tabel 7. Curah Hujan Maksimum Rata-Rata DAS Maros .....	37
Tabel 8. Prediksi Curah Hujan Rata-Rata DAS Maros.....	38
Tabel 9. Nilai CN, <i>Initial Abstraction</i> dan Nilai <i>Impervious</i> .....	40
Tabel 10. Nilai <i>Lag Time</i> DAS Maros .....	41
Tabel 11. Debit Terukur DAS Maros.....	48

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bentuk DAS.....	4
Gambar 2. Komponen Hidrograf.....	16
Gambar 3. Metode Minimum Lokal .....	26
Gambar 4. Metode Interval Tetap.....	27
Gambar 5. Metode Interval Bergerak.....	27
Gambar 6. Diagram Alir Penelitian .....	32
Gambar 7. Peta DAS Maros.....	33
Gambar 8. Peta Jenis Tanah DAS Maros.....	34
Gambar 9. Peta Tutupan Lahan DAS Maros .....	35
Gambar 10. Peta Curah Hujan DAS Maros .....	37
Gambar 11. <i>Basin Model</i> pada HEC-HMS 4.10 DAS Maros.....	43
Gambar 12. Debit Aliran Terukur 2021.....	42
Gambar 13. Pemisahan Aliran Dasar Debit Terukur 2021 .....	42
Gambar 14. Debit Aliran Terukur 2022.....	42
Gambar 15. Pemisahan Aliran Dasar Debit Terukur 2022 .....	43
Gambar 16. Debit Aliran Sungai 2021 .....	44
Gambar 17. Debit Aliran Sungai 2022.....	44
Gambar 18. Grafik Verifikasi Debit Terukur dengan Debit Simulasi 2021.....	45
Gambar 19. Grafik Verifikasi Debit Terukur dengan Debit Simulasi 2022.....	45
Gambar 20. Grafik Validasi Debit Terukur dengan Debit Simulasi 2021 .....	46
Gambar 21. Grafik Validasi Debit Terukur dengan Debit Simulasi 2022 .....	46
Gambar 22. Hidrograf Kala Ulang 2, 5, 10 dan 20 Tahun .....	47
Gambar 23. Perbandingan Debit Puncak Kala Ulang dengan Debit Puncak Terukur .....	48

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Nilai <i>Curve Number</i> Komposit DAS Maros .....	54
Lampiran 2. Tabel Klasifikasi Tanah .....	57
Lampiran 3. Tabel Nilai <i>Curve Number</i> .....	58
Lampiran 4. Curah Hujan Maksimum Rata-Rata DAS Maros.....	58
Lampiran 5. Perhitungan Curah Hujan Distribusi Normal.....	60
Lampiran 6. Perhitungan Curah Hujan Distribusi Log Normal .....	60
Lampiran 7. Perhitungan Curah Hujan Distribusi Gumbel.....	61
Lampiran 8. Perhitungan Curah Hujan Distribusi Log Pearson III.....	61
Lampiran 9. Pengujian Smirnov Kolmogorof.....	62
Lampiran 10. Intensitas Hujan .....	62
Lampiran 11. Prediksi Curah Hujan .....	63
Lampiran 12. Parameter Verifikasi .....	63
Lampiran 13. Verifikasi Debit Simulasi dan Debit Observasi 2021.....	64
Lampiran 14. Validasi Debit Simulasi dan Debit Observasi 2022 .....	67
Lampiran 15. Perbandingan Hasil Debit Observasi dan Debit Simulasi.....	70
Lampiran 16. Prediksi Debit Puncak Maksimum.....	71

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Banjir merupakan bencana alam yang sering terjadi pada daerah padat penduduk dan merupakan persoalan utama bagi masyarakat yang tinggal di daerah perkotaan dan sekitar sungai. Penyebab utama terjadinya banjir yaitu curah hujan tinggi, kepadatan penduduk, pengelolaan sistem irigasi dan drainase yang kurang baik serta kurangnya kesadaran masyarakat dalam mengelola sumber daya air tersebut. Potensi banjir ditandai dengan debir air larian, makin besar debit air maka makin besar potensi banjir yang terjadi. Faktor utama yang mempengaruhi besarnya pelepasan air di DAS antara lain curah hujan, tutupan lahan, kemiringan, keadaan kawasan DAS dan tebal aliran di kawasan DAS.

DAS Maros mengalami banyak perubahan tutupan lahan yang akibat dari bertambahnya jumlah penduduk, curah hujan yang semakin meningkat setiap tahunnya, serta penggunaan tata letak lahan seperti perkebunan, pemukiman, hutan, sawah, yang berpotensi mengakibatkan banjir. Banjir yang terjadi pada Januari 2019 merupakan banjir terparah selama satu abad terakhir yang menyebabkan 12 dari 14 kecamatan di Kabupaten Maros terdampak banjir. Sejumlah saluran irigasi dan lahan persawahan juga mengalami kerusakan akibat banyaknya material sungai yang terbawa oleh banjir (Latief, 2021).

Hujan deras yang terjadi pada 21 sampai 22 Januari 2019 di Maros semengakibatkan 12 kecamatan terdampak banjir, ribuan warga mengungsi, dan ribuan rumah rusak akibat banjir. Sawah dan kebun seluas 1.525 ha di Kecamatan Mandai, 675 ha Kecamatan Maros, 2.182 ha di Kecamatan Tanralili, dan 3.964 ha di Kecamatan Bantimurung terdampak banjir. BPBD Sulawesi Selatan mengatakan bahwa hingga 30 Januari 2019, banjir diperkirakan menelan korban jiwa hingga 78 orang, masih ada 3 orang yang dinyatakan hilang, dan 9.429 orang harus direlokasi, yang juga menyebabkan ribuan rumah terendam air, puluhan rumah hanyut dan tertimbun tanah longsor (Liputan 6, 2019).

Salah satu aplikasi yang digunakan untuk simulasi dan prediksi banjir adalah HEC-HMS. Model HEC-HMS adalah pemodelan banjir yang dikemas dalam bentuk perangkat lunak komputer yang dapat mensimulasi hidrologi aliran harian

terbesar untuk menentukan berapa banyak air atau debit banjir rencana di daerah tangkapan air selama banjir. Model ini dapat digunakan untuk menghitung limpasan, aliran dasar dan aliran yang berkelanjutan. Perhitungan dan pemodelan aliran harus dilakukan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana yang akan terjadi selama periode waktu tertentu di suatu DAS (Pariartha dkk., 2021).

Berdasarkan uraian dari paragraf diatas, maka perlu dilakukan prediksi debit puncak maksimum pada DAS Maros menggunakan model HEC-HMS untuk menentukan debit puncak maksimum yang akan terjadi pada daerah aliran sungai tersebut.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa besar nilai debit puncak maksimum pada DAS ?
2. Bagaimana mengetahui debit puncak maksimum dengan menggunakan model HEC-HMS ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Penelitian ini memiliki cakupan ruang lingkup permasalahan yang luas, oleh karena itu dibuat batasan-batasan permasalahan sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di DAS Maros, Kabupaten Maros.
2. Penelitian ini menggunakan data curah hujan 2013-2022.
3. Penelitian ini menggunakan model HEC-HMS.

## **1.4 Tujuan dan Kegunaan**

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung besarnya debit puncak maksimum pada DAS Maros dan mengetahui debit banjir rencana yang akan terjadi pada waktu tahun 2, 5, 10 dan 20 tahun di DAS Maros.

Adapun kegunaan penelitian ini adalah untuk memberikan informasi dan acuan kepada pihak terkait dalam menangani pengembangan dan pengelolaan sumber daya air pada Daerah Aliran Sungai Maros.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kondisi Umum Daerah Studi

Luas wilayah Kabupaten Maros adalah 1.619,11 Km<sup>2</sup> dan terbagi dalam 14 kecamatan yang membawahi 103 desa. Kabupaten Maros berbatasan langsung dengan ibu kota Provinsi Sulawesi Selatan, dalam hal ini Kota Makassar, dengan jarak antara kedua kota tersebut sekitar 30 km, dan juga terintegrasi dalam pengembangan kawasan metropolitan Mamminasata. Karena lokasinya tersebut, Kabupaten Maros memegang peranan penting dalam pengembangan Kota Makassar karena merupakan daerah perlintasan sekaligus pintu gerbang menuju Kawasan Mamminasata bagian utara yang memiliki potensi pengembangan yang sangat besar terhadap pembangunan (Latief, 2021).

Daerah Aliran Sungai (DAS) Maros merupakan daerah aliran sungai penting yang melintasi kota utama Kabupaten Maros dan jalur lintas provinsi Sulawesi Selatan. DAS Maros telah mengembangkan bagian dataran rendah di pantai barat Sulawesi Selatan, yang sebagian besar berupa rawa dan daerah pasang surut, yang telah menjadi dataran banjir. Sungai Maros memiliki histori banjir dalam beberapa tahun terakhir, Banjir terparah dalam satu abad terakhir terjadi pada bulan Januari 2019, hujan deras yang terjadi pada 21 sampai 22 Januari 2019 di beberapa kabupaten dan kota di Provinsi Sulawesi Selatan semengakibatkan 12 kecamatan di Kabupaten Maros terdampak banjir, ribuan warga mengungsi, dan ribuan rumah rusak akibat banjir. Sawah dan kebun seluas 1.525 ha di Kecamatan Mandai, 675 ha Kecamatan Maros, 2.182 ha di Kecamatan Tanralili, dan 3.964 ha di Kecamatan Bantimurung terdampak banjir (Latief, 2021).

BPBD Sulawesi Selatan (2019), mengatakan bahwa hujan deras yang terjadi 2 hari sejak tanggal 9 Maret 2021 menyebabkan 6 kecamatan terendam banjir dan menyebabkan pemukiman serta lahan pertanian terendam banjir. Pada tanggal 22 Februari 2022 juga terjadi hujan deras selama dua hari yang menyebabkan meluapnya sungai Maros sehingga terjadi banjir di 8 kecamatan di Kabupaten Maros, banjir dengan ketinggian 60 sampai 150 cm menyebabkan terendahnya jalan poros dan juga ratusan hektar area persawahan warga dana membuat beberapa warga terpaksa menggunakan perahu tradisional untuk beraktifitas.

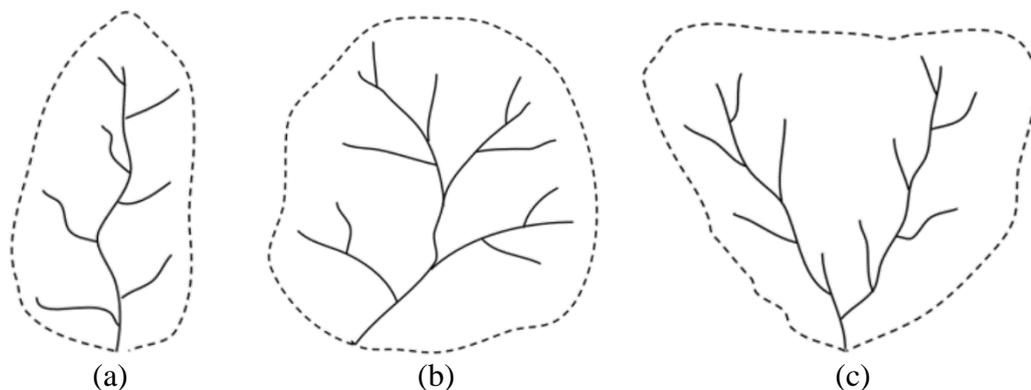
## 2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Pada umumnya, DAS ialah sebuah area daratan yang berfungsi sebagai tempat penerimaan, penyimpanan, dan pengaliran air hujan menuju laut atau danau melalui sungai utama yang ada. DAS meliputi sungai utama dan cabang-cabang sungai lain yang terbentuk ketika hujan turun. Secara sederhana, DAS dapat dijelaskan sebagai wilayah yang menampung air yang mengalir ke dalam sistem sungai yang memiliki dimensi yang lebih besar dan bermuara di estuari atau muara sungai (Sambas 2017).

Menurut Staddal (2016), adapun karakteristik DAS yang memiliki pengaruh besar terhadap debit aliran permukaan yaitu:

### 2.2.1 Bentuk DAS

Struktur DAS mempengaruhi pola aliran sungai serta periode air hujan yang menuju ke hulu. Bentuk DAS diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu DAS memanjang (bulu burung), melebar (radial) dan Paralel. Waktu dan pola aliran menuju *outlet* lama dan titik hidrograf rendah apabila dengan bentuk DAS yang memanjang. Sedangkan waktu dan pola aliran menuju *outlet* pendek dan titik hidrograf tinggi apabila memiliki DAS yang lebih melebar atau paralel.



Gambar 1. Bentuk DAS: (a) DAS Memanjang, (b) DAS Melebar dan (c) DAS Paralel.

(Sumber: Muttaqin dkk., 2022)

### 2.2.2 Luas DAS

Debit aliran sangat dipengaruhi oleh luas DAS. Debit aliran sungai akan semakin besar apabila DAS tersebut juga luas. Begitu pula dengan laju aliran permukaan. Laju aliran permukaan memiliki pengaruh signifikan terhadap luas DAS. Semakin luas suatu DAS, maka semakin besar laju aliran permukaannya.

### 2.2.3 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan akan mempengaruhi kecepatan infiltrasi dan debit. Jika kapasitas infiltrasi lebih kecil dari intensitas curah hujan maka jumlah limpasan dan debit air sungai akan meningkat cepat sebanding dengan peningkatan intensitas curah hujan di daerah tersebut.

### 2.2.4 Topografi

Kemiringan lereng, kerapatan parit, dan bentuk-bentuk cekungan termasuk topografi dalam DAS yang memiliki pengaruh terhadap debit aliran. Debit aliran yang dihasilkan akan tinggi apabila memiliki DAS dengan kontur yang rapat dan kemiringan lereng yang terjal. Sebaliknya debit aliran yang dihasilkan akan rendah apabila DAS tersebut memiliki kontur yang tidak terlalu rapat dan kemiringan lereng yang landai.

### 2.2.5 Jenis Tanah

Jenis tanah di seluruh DAS memiliki jumlah kemampuan infiltrasi yang bervariasi, maka jenis tanah merupakan salah satu unsur yang menentukan limpasan. Semakin tinggi laju infiltrasi maka tekstur tanah semakin kasar, begitu pula sebaliknya semakin rendah laju infiltrasi maka semakin halus tekstur tanah. Sehingga mengakibatkan terjadinya limpasan permukaan dan genangan air.

Tabel 1. Laju Infiltrasi Tanah Berdasarkan Kelompok Hidrologi Tanah.

<b>Klasifikasi Tanah</b>	<b>Kecepatan Infiltrasi (mm/jam)</b>	<b>Tekstur Tanah</b>
A	8 sampai 12	Lempung berpasir, pasir berlempung dan pasir
B	4 sampai 8	Lempung berdebu, lempung
C	1 sampai 4	Lempung pasir berliat
D	0 sampai 1	Lempung debu berliat, lempung berliat, liat berpasir, liat, liat berdebu

Sumber: Nasjono (2018).

## 2.2.6 Penggunaan Lahan

Dampak penggunaan lahan terhadap limpasan permukaan umumnya dinyatakan dalam koefisien limpasan (C), yang merupakan nilai koefisien yang menunjukkan rasio limpasan terhadap curah hujan. Nilai koefisien (C) bervariasi dari 0 sampai 1, dengan semakin rendah nilai koefisien menunjukkan DAS yang lebih baik dan semakin tinggi nilai koefisien menunjukkan DAS yang lebih rusak. Nilai koefisien (C) ini menunjukkan baik tidaknya suatu DAS.

## 2.3 Penentuan Batas DAS

Delineasi batas DAS adalah proses penentuan wilayah atau kawasan yang berkontribusi mengalirkan hujan menjadi aliran permukaan pada satu titik luaran dan memetakan bagaimana aliran air tanah terpisah dalam suatu wilayah, yang sering melibatkan penentuan batas aliran dasar atau bagian dari DAS yang menyumbang air ke dalam sistem air tanah. Delineasi dilakukan untuk identifikasi dan pemetaan daerah aliran sungai serta merencanakan langkah yang sesuai untuk mengelola sumber daya air dan ekosistem sungai (Amiruddin et al., 2021).

Adapun metode yang dapat digunakan dalam menentukan batas DAS yaitu:

### 2.3.1 Secara Manual Menggunakan Peta RBI

Peta RBI diletakkan dibawah kertas kalkir atau kertas transparan dan dijadikan sebagai acuan untuk menentukan batas DAS. Selanjutnya digunakan *planimeter* untuk mencari luas DAS atau menggunakan cara lain (Indarto, 2017).

### 2.3.2 Digitalisasi dari Peta RBI

Batas DAS juga dapat ditentukan melalui digitasi peta RBI menggunakan *software GIS*. Hampir semua *software GIS* dapat digunakan untuk melakukan proses digitalisasi, misalnya: Quantum GIS, Arc GIS dan lainnya (Indarto, 2017).

### 2.3.3 Digitasi dari *Google Earth/Google Map*

Batas-batas DAS juga dapat dihitung dengan menggunakan peta "*Google Earth*" yang telah didigitasi. Dalam situasi ini, peta *Google Earth* dapat di *impor* ke perangkat lunak SIG terlebih dahulu. Peta tersebut kemudian digunakan sebagai file peta latar belakang selama proses digitasi (Indarto, 2017).

#### 2.3.4 DEM dan *software* GIS

*Digital Elevation Model* (DEM) adalah model digital yang digunakan untuk menggambarkan representasi visual atau model fisik yang berupa kontur dan relief permukaan bumi dengan tinggi, lebar, dan kedalaman. Penerapan dan penggunaan *Digital Elevation Model* telah dilakukan secara luas di berbagai bidang, seperti penelitian, pendidikan dan komersial (Indarto, 2017).

### **2.4 Siklus Hidrologi**

Tersedianya air di permukaan bumi dapat dipertahankan melalui hujan, yang merupakan hasil dari mekanisme alam yang terjadi secara alami, berkelanjutan dan berulang. Dalam konteks pengaturan distribusi air pada daratan, proses alam ini disebut sebagai siklus hidrologi. Secara dasarnya, sejumlah air di muka bumi ini jumlahnya tidak berubah dan mengalir menelusuri suatu lintasan yang disebut sebagai siklus hidrologi. Siklus hidrologi ialah serangkaian sistem terkait yang melibatkan perpindahan air yang berasal dari laut naik ke atmosfer (udara), kemudian mengalir ke wilayah daratan dan berakhir di lautan (Mopangga, 2020).

Hujan yang terjadi dapat menjaga ketersediaan air di permukaan bumi. Suatu proses alam yang terjadi siklus demi siklus dan terus menerus dapat menghasilkan hujan. Siklus hidrologi dikenal sebagai siklus air, adalah proses alami yang mengontrol berapa banyak air yang didistribusikan ke seluruh daratan di Bumi. Secara teori, kandungan air dalam hal ini adalah konstan dan bergerak menurut pola siklus hidrologi. Proses terkait adalah siklus hidrologi, di mana air dipindahkan dari laut ke udara, ke darat, dan kemudian kembali ke laut (Sudirman, 2019).

Hujan yang jatuh ke bumi, baik secara langsung ke sungai atau secara tidak langsung melalui tanaman atau media lainnya, menciptakan siklus aliran air yang bergerak dari lokasi pegunungan yang tinggi ke lokasi yang rendah di permukaan tanah dan di dalam tanah, yang pada akhirnya berakhir di laut (Sudirman, 2019).

Menurut Sudirman (2019), siklus hidrologi terdiri dari beberapa proses yaitu :

#### 2.4.1 Evaporasi

Siklus hidrologi dimulai dengan penguapan air di permukaan bumi. Uap air terbentuk ketika air yang terkumpul di badan air seperti danau, sungai, laut, sawah, bendungan, atau waduk dipanaskan oleh matahari. Air di tanah juga mengalami

penguapan yang serupa. Jenis penguapan ini dikenal sebagai evaporasi. Hukum Dalton, yang diusulkan oleh John Dalton, adalah persamaan difusi untuk penguapan yang dihasilkan dengan memasukkan nilai koefisien dan fungsi kecepatan angin, dengan memasukkan nilai koefisien dan fungsi kecepatan angin didapatkan persamaan berikut:

$$E = 0,35 (0,5 + 0,54 u) (e_s - e_d) \quad (1)$$

Dimana:

E = Evaporasi (mm/hari)

u = Kecepatan angin (m/s)

e<sub>d</sub> = Tekanan uap air diatas permukaan (mmHg)

e<sub>s</sub> = Tekanan uap air jenuh (mmHg)

#### 2.4.2 Transpirasi

Proses penguapan air di muka bumi tidak terbatas pada air di tubuh air dan tanah saja, tetapi berlaku juga bagi benda hidup seperti hewan dan tanaman. Penguapan air yang berlangsung dalam tubuh makhluk hidup ini dikenal sebagai transpirasi. Seperti halnya evaporasi, transpirasi mengubah air dalam bentuk cair di dalam organisme hidup menjadi uap air dan mengangkatnya ke atmosfer. Meskipun demikian, jumlah penguapan air melalui proses transpirasi jauh lebih rendah dibandingkan dengan jumlah air yang menguap melalui evaporasi. Pengukuran laju transpirasi dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{trans} = \frac{X}{t \times A} \quad (2)$$

Dimana:

V<sub>trans</sub> = Laju transpirasi (g/m<sup>2</sup>/s)

X = Total air yang hilang (g)

A = Luas daun (cm<sup>2</sup>)

t = Waktu (s)

#### 2.4.3 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah seluruh penguapan air yang terjadi di permukaan bumi, termasuk badan air, tanah, dan jaringan hidup. Evapotranspirasi merupakan keseluruhan proses penguapan air yang berlangsung di muka bumi, termasuk di badan air, tanah dan dalam makhluk hidup. Evapotranspirasi merupakan hasil perpaduan antara evaporasi dan proses transpirasi. Laju evapotranspirasi dapat dihitung menggunakan beberapa metode yaitu metode Penman-Monteith FAO,

metode Blaney-Criddle, metode Panci Penguapan, dan Thornthwaite. Perhitungan evapotranspirasi dengan metode Thornthwaite cukup sederhana karena hanya menggunakan data suhu rata-rata bulanan, Adapun rumus yang digunakan yaitu:

$$e = 1,6 \left( \frac{10t}{l} \right) \alpha \quad (3)$$

Dimana:

- e = Evapotranspirasi acuan (ET<sub>o</sub>)
- t = Temperatur udara rata-rata bulan (°F)
- l = *Heat index* tahunan atau musiman (°F)
- α = Koefisien tempat

#### 2.4.4 Kondensasi

Setelah terbentuk melalui proses evaporasi, transpirasi, dan evapotranspirasi, uap air akan naik ke atmosfer. Pada ketinggian tersebut, uap air mengalami kondensasi dan berubah menjadi partikel-partikel air yang kecil. Partikel air ini kemudian saling bergabung dan mendekat hingga membentuk awan. Dengan bertambahnya jumlah partikel air yang terbentuk, awan tersebut bertambah tebal dan memiliki warna yang gelap.

#### 2.4.5 Presipitasi

Awan yang melakukan perpindahan melalui adveksi akan menghasilkan presipitasi selanjutnya. Presipitasi ialah fenomena di mana awan mengeluarkan air dalam bentuk cairan karena suhu udara tinggi. Dalam hal ini, hujan terbentuk saat tetesan air turun dan mencapai permukaan tanah. Namun, jika suhu udara di sekitar awan berada pada tingkat yang sangat rendah, di bawah 0 °C, presipitasi dapat berupa hujan es. Awan yang mengandung jumlah air yang signifikan akan cenderung mengendap ke permukaan bumi berbentuk kristal es yang halus.

#### 2.4.6 *Runoff*

Setelah terjadi presipitasi dan air hujan yang turun ke bumi, terjadi juga *runoff*. *Runoff* atau yang juga dikenal sebagai limpasan, adalah pergerakan air dari ketinggian ke rendah di permukaan bumi suatu proses alami yang terjadi melalui berbagai saluran yang akhirnya mencapai lautan. limpasan permukaan berkaitan dengan faktor cuaca dan sifat-sifat khusus dari suatu DAS, yang meliputi intensitas

hujan, lamanya hujan, dan pola penyebaran hujan. Dalam tahap ini, air yang sudah mengalami siklus hidrologi akan kembali ke bagian hidrosfer, mengikuti aliran gravitasi dan berpindah dari lokasi tertinggi ke lokasi terendah. Debit adalah istilah lain untuk laju aliran permukaan, yang dapat direpresentasikan sebagai berikut:

$$Q = A \times v \quad (4)$$

Dimana:

Q = Debit air (m<sup>3</sup>/s)

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

v = Kecepatan air melalui penampang tersebut (m/s)

## 2.5 Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah air hujan yang jatuh pada permukaan datar dan tidak menguap, meresap, atau mengalir. Satuan curah hujan selalu dinyatakan dalam milimeter atau inch, meskipun di Indonesia, ukuran alamiah yang digunakan adalah milimeter (mm). Curah hujan dalam 1 (satu) milimeter menunjukkan bahwa satu milimeter air atau satu liter air terkumpul di area seluas satu meter persegi pada permukaan datar (Ajr dan Dwirani, 2019).

### 2.5.1 Curah Hujan Maksimum Harian Rata-rata

Curah hujan adalah jumlah air hujan yang terakumulasi pada permukaan datar yang tidak menguap, meresap atau mengalir. Satuan yang umum digunakan untuk mengukur curah hujan adalah milimeter (mm). Intensitas hujan merujuk pada kuantitas curah hujan yang terjadi di suatu wilayah pada suatu periode waktu tertentu, yang umumnya diukur dan dikategorikan sebagai curah hujan per jam, per hari, per tahun dan sebagainya (Ajr dan Dwirani 2019).

Menurut Ajr dan Dwirani (2019), Berikut ini adalah metode untuk menentukan curah hujan regional dari pembacaan curah hujan di berbagai pos stasiun hujan:

#### 2.5.1.1 Metode Aritmetika

Metode pengukuran secara aritmetika yaitu rata-rata dari penjumlahan pengukuran curah hujan yang dilakukan oleh beberapa stasiun di wilayah dan waktu secara bersamaan, metode ini yang paling sederhana dan mudah dibandingkan dengan metode yang lainnya, namun memiliki beberapa kelemahan yaitu stasiun

alat pengukur curah hujan harus tersebar dengan rata dan memiliki tinggi yang sama. Adapun bentuk persamaan metode aritmetika yaitu:

$$P = \frac{p_1+p_2+p_3+\dots+p_n}{n} \quad (5)$$

Dimana:

P = Hujan rata-rata kawasan (mm/tahun)  
 p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>, p<sub>3</sub>,...,p<sub>n</sub> = Hujan di stasiun 1, 2, 3,...,n (mm)  
 n = Jumlah Stasiun

### 2.5.1.2 Metode Isohyet

Metode Isohyet berfungsi menentukan kedalaman curah hujan yang sama di suatu daerah dengan menyatukan titik-titik yang memiliki kedalaman hujan yang sama dengan garis Isohyet. Dalam metode ini, diasumsikan bahwa curah hujan di antara dua garis Isohyet tersebut sama rata dan memiliki nilai rata-rata dari kedalaman hujan pada kedua garis Isohyet tersebut. Metode ini sangat cocok dipergunakan di daerah yang bergunung dan berbukit curam, dan pada peta topografi, garis Isohyet direpresentasikan dengan menggunakan titik-titik pengamatan yang telah diukur. Metode ini adalah pendekatan yang rasional dan dapat memberikan hasil yang akurat jika garis Isohyet dapat dibuat dengan akurasi yang lebih tinggi. Persamaan yang digunakan yaitu:

$$P = \frac{A_1 \frac{I_1+I_2}{2} + A_2 \frac{I_2+I_3}{2} \dots + A_n \frac{I_n+I_{n+1}}{2}}{A_1+A_2+\dots+A_n} \quad (6)$$

Dimana:

P = Hujan rata-rata kawasan (mm/tahun)  
 I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>,...,I<sub>n</sub> = Garis isohyet 1, 2,...,n  
 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>,...,A<sub>n</sub> = Luas daerah yang dibatasi oleh garis isohyet ke 1, 2 dan 3,..., n dan n+1 (km<sup>2</sup>)

### 2.5.1.3 Metode *Polygon Thiessen*

Metode ini mempertimbangkan nilai penting pada setiap titik pengukuran yang merepresentasikan luas wilayah di sekelilingnya. Ketika mengamati suatu area DAS, diasumsikan bahwa curah hujan di area tersebut sama dengan curah hujan yang terjadi di stasiun pengukuran terdekat. Dengan demikian, curah hujan yang tercatat di stasiun tersebut dianggap mewakili seluruh luas area tersebut. Metode ini dipergunakan ketika penyebaran stasiun pengukuran hujan di daerah yang sedang ditinjau tidak merata. Untuk menghitung rata-rata curah hujan, perlu

mempertimbangkan area yang terpengaruh oleh setiap stasiun pengamatan. Metode ini hasilnya lebih akurat dibanding metode aritmatika, tetapi penentuan titik-titik pengamatan akan mempengaruhi tingkat ketelitian yang diperoleh. Adapun persamaan yang digunakan yaitu:

$$P = \frac{A_1p_1 + A_2p_2 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (7)$$

Dimana:

P = Hujan rata-rata kawasan (mm/tahun)

p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>, ..., p<sub>n</sub> = Hujan pada stasiun 1, 2, ..., n (mm)

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, ..., A<sub>n</sub> = Luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, ..., n (km<sup>2</sup>)

### 2.5.2 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan mengacu pada besarnya curah hujan yang terbentuk dalam periode waktu tertentu ketika air hujan berkonsentrasi. Untuk menentukan intensitas curah hujan, dapat digunakan data curah hujan dari tahun sebelumnya. Setelah pemilihan distribusi sebaran hujan rencana, maka dilakukan pengujian kecocokan metode menggunakan metode chi kuadrat. Biasanya digunakan data curah hujan dalam bentuk hujan harian, perjam, bulanan dan tahunan. Interval waktu pendataan yang digunakan dalam waktu yang singkat agar distribusi hujan yang terjadi dapat diketahui dan juga dapat saluran dalam bentuk hidrograf aliran (Fajriyah dan Wardhani, 2020).

Secara umum, adapun persamaan yang digunakan untuk intensitas curah hujan yaitu:

$$I = \frac{R}{t} \quad (8)$$

Dimana:

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

R = Curah hujan (mm)

t = Lamanya Hujan (jam)

Menurut Fajriyah dan Wardhani (2020), metode Dr. Mononobe, metode Talbot dan metode Tadashi Tanimoto dapat digunakan untuk menentukan intensitas curah hujan di setiap wilayah.

#### 2.5.2.1 Metode Dr. Mononobe.

Ketika data curah hujan harian saja yang tersedia, rumus ini digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan. Ketika data curah hujan jangka pendek tidak

tersedia dan hanya data curah hujan harian yang tersedia, maka pendekatan Mononobe yang tepat digunakan. Adapun bentuk persamaannya yaitu:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[ \frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (9)$$

Dimana:

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan (jam)

R<sub>24</sub> = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

### 2.5.2.2 Metode Talbot

Metode Talbot disampaikan pertama kali oleh Profesor Talbot pada tahun 1881. Metode ini sering diterapkan di Jepang karena mudah dipakai. Adapun persamaan yang digunakan yaitu:

$$I = \frac{a}{t+b} \quad (10)$$

$$a = \frac{\sum I t \sum I^2 - \sum I^2 t \sum I}{N \sum I^2 - (\sum I)^2} \quad (11)$$

$$b = \frac{\sum I t \sum I - N \sum I^2 t}{N \sum I^2 - (\sum I)^2} \quad (12)$$

Dimana:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Durasi hujan (jam)

a dan b = Konstanta

### 2.5.2.3 Metode Tadashi Tanimoto.

Data yang digunakan berdasarkan data curah hujan selama 60 menit dengan kala ulang 10 tahun, sehingga metode Bell Tanimoto dapat digunakan untuk memprediksi curah hujan dengan durasi hujan 5-20 menit dan kala ulang 2-100 tahun. Persamaan tersebut menyatakan hubungan ini:

$$R_T^t = (0,2 \ln T + 0,52) (0,54 t^{0,25} - 0,50) R_T^t \quad (13)$$

$$I_T^t = \frac{60}{t} R_T^t \quad (14)$$

Dimana:

R<sub>t</sub> = Curah hujan harian maksimum pada T (mm)

T = Periode ulang hujan (tahun)

t = Durasi hujan (menit)

I<sub>T</sub> = Intensitas hujan pada T (mm/jam)

### 2.5.2.4 Metode Sherman

Profesor Sherman mengusulkan rumus Sherman pada tahun 1905. Rumus ini sesuai untuk interval curah hujan yang berlangsung lebih dari 2 jam. Adapun persamaan yang digunakan yaitu:

$$I = \frac{a}{t^n} \quad (15)$$

$$a = \left[ \frac{\sum(\log I) \cdot \sum(\log t)^2 - \sum(\log t \cdot \log I) \cdot \sum(\log t)}{N \sum(\log t)^2 - \sum(\log t) \cdot \sum(\log t)} \right]^{10} \quad (16)$$

$$n = \frac{\sum(\log I) \cdot \sum(\log t) - N \sum(\log t \cdot \log I)}{N \sum(\log t)^2 - \sum(\log t) \cdot \sum(\log t)} \quad (17)$$

Dimana:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Lamanya Hujan (jam)

n = Banyaknya data

### 2.5.3 Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi ialah *output* dari serangkaian analisa hidrologi yang mempertimbangkan jumlah hujan yang terbentuk dalam suatu waktu yang telah ditetapkan sebelumnya. Tahapan dalam analisis distribusi frekuensi, beberapa metode distribusi yang sering dipakai, seperti metode distribusi Gumbel, Log Normal, Log Pearson III dan metode distribusi Normal (Umrah, 2021).

#### 1. Distribusi Gumbel

Persamaan yang digunakan yaitu:

$$X_{Tr} = X + K \times S_x \quad (18)$$

$$X = \frac{\sum_1^n X_i}{n} \quad (19)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{n-1}} \quad (20)$$

Dimana:

$X_{Tr}$  = Curah hujan rencana untuk kala ulang

X = Rata-rata curah hujan

$S_x$  = Standar deviasi

K = Faktor frekuensi

Sedangkan persamaan untuk menghitung faktor frekuensi Gumbel yaitu:

$$K = \frac{y_t - y_n}{S_n} \quad (21)$$

Dimana:

$y_t$  = Reduksi sebagai fungsi dari probabilitas

$S_n$  = Besaran yang merupakan fungsi dari jumlah pengamatan

## 2. Distribusi Log Normal

Persamaan yang digunakan yaitu:

$$\text{Log}X_{Tr} = \log X + K_{Tr} \times S_{\log X} \quad (22)$$

$$\log X = \frac{\sum_1^n \log(X_i)}{n} \quad (23)$$

$$S_{\log X} = \frac{\sqrt{\sum (\log X_i - \log X)^2}}{n-1} \quad (24)$$

Dimana:

$\log X_{Tr}$  = Curah hujan rencana untuk kala ulang (mm/tahun)

$\log X$  = Rata-rata curah hujan (mm/tahun)

$S_{\log X}$  = Standar deviasi

$K_{Tr}$  = Variabel reduksi Gauss

## 3. Distribusi Log Pearson III

Persamaan yang digunakan yaitu:

$$\text{Log } X_{Tr} = \text{Log} X + K_{Tr} \times (S_{\log X}) \quad (25)$$

$$\log X = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} \quad (26)$$

$$S_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log X)^2}{n-1}} \quad (27)$$

Dimana:

$\log X_{Tr}$  = Curah hujan rencana untuk kala ulang (mm/tahun)

$\text{Log} X$  = Rata-rata curah hujan (mm/tahun)

$S_{\log X}$  = Standar deviasi

$K_{Tr}$  = Koefisien frekuensi, berdasarkan nilai Cs setiap kala ulang

## 4. Distribusi Normal

Persamaan dalam metode distribusi normal yaitu:

$$X_{Tr} = X + K_{Tr} \times S_x \quad (28)$$

$$X = \frac{\sum_1^n X_i}{n} \quad (29)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{n-1}} \quad (30)$$

Dimana:

$X_{Tr}$  = Curah hujan rencana untuk kala ulang (mm/tahun)

$K_{Tr}$  = Variabel reduksi Gauss

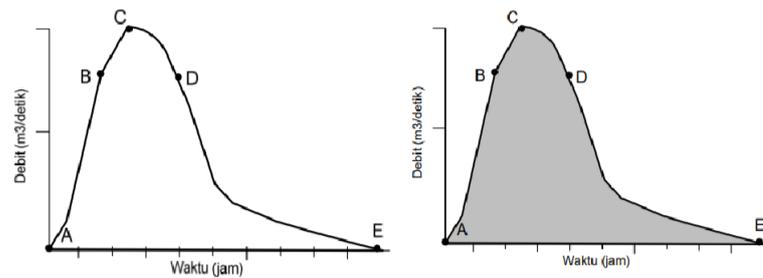
$X$  = Rata-rata curah hujan (mm/tahun)

$S_x$  = Standar deviasi

## 2.6 Hidrograf

Hidrograf didefinisikan sebagai representasi garis dari salah satu konstituen aliran terhadap waktu. Sedangkan hidrograf limpasan digambarkan sebagai grafik kontinu yang menggambarkan karakteristik dan aliran sungai dari waktu ke waktu. Hidrograf memberikan gambaran tentang banyak kondisi atau fitur yang ada di DAS secara bersamaan, sehingga jika karakteristik DAS berubah, maka hidrograf juga akan berubah. Hidrograf juga menggambarkan reaksi keseluruhan DAS terhadap berbagai masukan. Hidrograf aliran selalu berubah sebagai respon terhadap kuantitas dan waktu dari masukan, yang mencerminkan sifat dan perilaku Daerah Aliran Sungai yang bersangkutan (Hasanuddin, 2014).

Menurut Menurut Indarto (2017), Hidrograf adalah tanggapan dari suatu peristiwa hujan didalam DAS. Hidrograf dapat dibagi menjadi beberapa titik yaitu:



Gambar 2. Komponen Hidrograf.

(Sumber: Indarto, 2017).

Huruf A dikenal titik awal kenaikan (*starting point*), Huruf B sebagai titik puncak kenaikan (*Rising peak point*), Huruf C menandakan titik puncak (*peak point*), Huruf D menandakan titik balik penurunan (*Recession turning point*), dan Huruf E menandakan berakhirnya penurunan (*End point of recession*). Luas area di bawah kurva antara huruf A, B, C, D, E dan sumbu X merepresentasikan volume pada *runoff* (Indarto 2017).

### 2.6.1 Jenis Hidrograf

Menurut Indarto (2017), SCS mengklasifikasikan hidrograf menjadi lima macam hidrograf yaitu:

1. Hidrograf alami adalah grafik yang dibentuk berdasarkan data yang direkam dari suatu stasiun pengukuran yang mencakup Tinggi Muka Air (TMA), kecepatan dan debit aliran. Hidrograf ini mencerminkan karakteristik unik dari DAS pada

bagian hulu stasiun pengukuran dan berupa hasil respon DAS terhadap hujan yang terbentuk. Dengan kata lain, hidrograf alami dapat disebut sebagai "sidik jari" atau tanda khas dari DAS tersebut.

2. Hidrograf satuan, baik yang alami maupun yang sintesis, menggambarkan aliran permukaan dalam satuan misalnya (inch/mm) yang distribusinya menyeluruh pada DAS dalam waktu tertentu. Hidrograf satuan ini menggambarkan jumlah air yang mengalir dari satu satuan aliran permukaan (*runoff*) yang terjadi di DAS tersebut. Luas di bawah kurva hidrograf satuan tersebut mencerminkan volume total aliran permukaan yang dihasilkan oleh satu satuan aliran permukaan.
3. Hidrograf Satuan Tak Berdimensi (*Dimensionless Unit Hydrograph*) terbentuk melalui penggabungan hidrograf satuan alami yang berbeda-beda. Pada hidrograf ini, skala sumbu ordinat menggambarkan perbedaan debit dengan Debit Puncak (*Peak Discharge*), sedangkan skala sumbu absis menggambarkan perbedaan waktu dengan Waktu Puncak (*Time to Peak*).
4. Parameter DAS dan curah hujan di dalam DAS digunakan untuk membuat hidrograf sintetis. Hidrograf sintetis, misalnya, digunakan untuk meniru hidrograf alami di daerah aliran sungai yang tidak memiliki alat pengukur (*Ungauged watershed*), seperti selokan, teras, desain kolam, dan sebagainya.
5. Hidrograf *Dam Break* menggambarkan proses pelepasan air dari bendungan. Ukuran dan bentuk bendungan, ketinggian air di bendungan, jumlah air yang disimpan, luas permukaan bendungan, dan panjang bendungan adalah beberapa faktor yang mempengaruhi bentuk hidrograf ini.
6. Hidrograf Ketinggian Air, Ketinggian permukaan air sungai di atas datum tertentu disebut sebagai Tinggi Muka Air (TMA). TMA sebanding dengan debit (jumlah air yang melewati titik tersebut). Ketika debit naik, begitu pula TMA. Jika debit turun, nilai TMA juga turun.

## 2.6.2 Metode Analisis Hidrograf

### 2.6.2.1 Hidrograf Satuan Sintetis Snyder

Hidrograf satuan sintetis Snyder adalah metode perhitungan hidrograf yang mempertimbangkan karakteristik dari suatu DAS dalam bentuk *lag*. Snyder mendeskripsikan *lag time* sebagai waktu yang diperlukan dari sejumlah curah hujan untuk mencapai debit puncak dari suatu wilayah yang dikaji. Nilai dari *lag time*

didapat dari hasil observasi data curah hujan dan aliran sungai. Metode ini digunakan untuk mengetahui karakteristik hidrograf satuan misalnya *lag time*, durasi hidrograf satuan, debit puncak aliran, *time base* dan lebar hidrograf satuan pada 50% dan 75% aliran puncak (Kristianto dkk., 2019).

Snyder membuat model hidrograf satuan sintetis sebagai berikut:

$$Q_p = \frac{C_p \cdot A}{t_p} \quad (31)$$

$$t_d = \frac{t_p}{5,5} \quad (32)$$

$$t_p = C_t (L \cdot L_c)^{0,3} \quad (33)$$

Dimana:

$Q_p$  = Debit puncak untuk durasi  $t_d$  ( $m^3/s$ )

$t_p$  = Waktu dari titik berat  $t_d$  ke puncak hidrograf satuan (jam)

$t_d$  = Durasi standar dari hujan efektif (jam)

$C_t$  = Besar koefisien  $C_t$  berkisar antara 0,70 sampai 3,00

$C_p$  = Besar koefisien  $C_p$  berkisar antara 0,90 sampai 1,40

$A$  = Luas DAS ( $km^2$ )

$L$  = Panjang Sungai Utama (km)

$L_c$  = Jarak antara titik control ke titik berat DAS (km)

#### 2.6.2.2 Hidrograf Satuan SCS

*Soil Conservation Service* (SCS) adalah hidrograf satuan tanpa dimensi, yang berarti bahwa penentuannya didasarkan pada rasio waktu dan rasio debit yang telah ditentukan sebelumnya yang biasanya relevan untuk setiap DAS yang diperiksa. Model ini menggunakan empat parameter DAS, yaitu ukuran DAS, panjang sungai utama, kemiringan sungai utama, dan *Curve Number* (CN). *Soil Conservation Service* menggambarkan pengaruh penggunaan lahan terhadap limpasan dengan nilai CN, namun nilai CN dilihat dari kondisi tanah, vegetasi, dan kelembaban tanah pada tutupan lahan, sehingga nilai CN pada metode *Soil Conservation Service* dapat ditentukan dengan karakteristik tersebut (Kahffi dan Lipu, 2021).

Dalam menghitung dengan metode hidrograf satuan *Soil Conversation Service*, terdapat beberapa tahapan sebagai berikut:

##### 1. Menghitung Nilai *Time Lag* ( $T_L$ )

$$T_L = L^{0,8} \frac{2540 - 22,86 CN}{14104 (CN^{0,7})(S^{0,5})} \quad (34)$$

Dimana:

$T_L$  = *Time Lang* (jam)

$L$  = Panjang Sungai Utama (km)

2. Menghitung waktu mencapai puncak banjir ( $T_p$ ) dan waktu dasar ( $T_b$ )

$$T_p = \frac{t_r}{2} + T_L \quad (35)$$

$$T_b = 5 \left( T_p + \frac{t_r}{2} \right) \quad (36)$$

Dimana:

$T_p$  = Waktu Puncak (jam)

$T_b$  = Waktu Dasar (jam)

$T_L$  = Time Lag (jam)

$t_r$  = Durasi hujan efektif (jam)

3. Menghitung debit puncak banjir ( $Q_p$ )

Debit puncak hidrograf satuan sintetis akibat tinggi hujan satuan  $R = 1$  mm yang jatuh selama durasi hujan satuan  $T_r = 4$  jam dapat ditentukan jika waktu puncak dan waktu dasar diketahui dengan persamaan:

$$Q_p = \frac{0,208 \cdot A}{T_p} \quad (37)$$

Dimana:

$Q_p$  = Debit Puncak ( $m^3/s$ )

$A$  = Luas daerah aliran ( $km^2$ )

$T_p$  = Waktu Puncak (jam)

### 2.6.2.3 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Hidrograf satuan sintetis Nakayasu pengembangannya berdasarkan pada data pengamatan hidrograf satuan alami dari berbagai DAS di Jepang. Dalam perhitungan debit, terdapat perbedaan persamaan yang digunakan sisi naik dan sisi turun hidrograf, dikarenakan karakteristik topografi berbukit-bukit dan sungai yang relatif pendek dengan kemiringan yang besar di Jepang, hasil perhitungan *time lag* menjadi lebih kecil dan puncaknya cenderung tajam, (Krisnayanti dkk., 2019).

Dari hasil penelitiannya, Dr. Nakayasu membuat persamaan hidrograf satuan sintetis. Persamaan yang dihasilkan yaitu:

$$Q_p = \frac{C A R_0}{3,6 \left( 0,3 T_p + T_{0,3} \right)} \quad (38)$$

Dimana:

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

$A$  = Luas daerah aliran sungai ( $Km^2$ )

$R_0$  = Hujan satuan (mm)

$T_p$  = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (mm)

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

## 2.7 Metode SCS-CN

*Curve Number* adalah sebuah fungsi yang tergantung pada karakteristik DAS, seperti jenis tanah, vegetasi penutup, penggunaan lahan, tingkat kelembapan, dan metode pengolahan tanah. Metode SCS-CN digunakan untuk memprediksi hujan berlebih (*Precipitation Excess*) yang langsung berkontribusi pada aliran permukaan sungai. SCS *Curve Number* memiliki beberapa parameter yang harus dimasukkan, termasuk nilai awal penyerapan air (*Initial Abstraction*), SCS-CN itu sendiri, dan tingkat kedap air (*Imperviousness*) (Yulianto, 2018).

Metode perhitungan menggunakan SCS-CN mempertimbangkan bahwa limpasan permukaan yang dihasilkan dipengaruhi oleh hujan kumulatif, penggunaan lahan, jenis tanah dan tingkat kelembapan. Adapun bentuk persamaannya yaitu:

$$Q = \frac{(P-I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (39)$$

Dimana:

Q = Debit air (m<sup>3</sup>/s)

P = Hujan harian (mm)

I<sub>a</sub> = Kehilangan mula-mula (mm)

S = Kemampuan penyimpanan maksimum (mm)

*Initial Abstraction* adalah jumlah air yang hilang sebelum hujan mulai turun. Ini termasuk jumlah air yang dapat terkumpul oleh permukaan, air yang diintersepsi oleh vegetasi, penguapan dan infiltrasi. Nilai *Initial Abstraction* bervariasi tergantung pada jenis lahan dan parameter tertentu yang berkaitan dengan tutupan tanah. Berdasarkan beberapa analisis yang dilakukan pada daerah aliran sungai, SCS (*Soil Conservation Service*) telah mengembangkan rumus empiris yang menghubungkan *Initial Abstraction* dengan parameter S untuk memudahkan perhitungan kelembapan, penggunaan lahan dan koservasi tanah (Yulianto 2018).

$$I_a = 0,2 S \quad (40)$$

$$S = 25,4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (41)$$

Dimana:

I<sub>a</sub> = Kehilangan mula-mula (mm)

S = Kemampuan penyimpanan maksimum (mm)

CN = Bilangan kurva air larian bervariasi dari 0 hingga 100

Dengan memplotkan nilai curah hujan dan limpasan permukaan pada kurva SCS, kita dapat menentukan nilai CN. Metode SCS mengkategorikan jenis tanah ke dalam beberapa kategori berdasarkan jenis tanah dan penggunaan lahan. Pada tahap awal, pendekatan yang umum digunakan adalah 0,2 S sehingga diperoleh:

$$Q = \frac{(P - 0,2 S)^2}{(P + 0,8 S)} \quad (42)$$

Dimana:

Q = Debit air (m<sup>3</sup>/s)

P = Hujan harian (mm)

Menurut Pramadita dkk. (2021), Nilai CN berbeda-beda dari 1 sampai 100 bergantung pada penggunaan lahan dan kelompok hidrologi tanah. Sehingga nilai CN dapat ditentukan sebagai nilai komposit. Persamaannya yaitu:

$$CN_{\text{kom}} = \frac{\sum A_i \times CN}{\sum A_i} \quad (43)$$

Dimana:

CN<sub>kom</sub> = CN komposit

A<sub>i</sub> = Luas DAS (km)

CN = Nilai *Curve Number*

Warna hijau yang meningkat menunjukkan nilai CN yang rendah. Nilai CN yang rendah di area tersebut menunjukkan bahwa infiltrasi terjadi pada tingkat yang lebih tinggi. Nilai CN yang tinggi, yang ditunjukkan dengan warna yang semakin merah, menunjukkan lebih banyak air limpasan dan lebih sedikit air yang diserap oleh tanah. Dengan kata lain, nilai CN dapat dianggap sebagai potensi limpasan di suatu wilayah (Marko dan Zulkarnain, 2018).

Perubahan penggunaan lahan, seperti konversi kawasan hutan menjadi perkebunan, konversi kawasan hutan menjadi permukiman, konversi sawah menjadi permukiman dan lain sebagainya, berdampak pada meningkatnya debit limpasan suatu daerah aliran sungai. *Curve number* mempengaruhi debit limpasan karena merupakan cara empiris untuk memperkirakan aliran permukaan limpasan dari hubungan antara curah hujan, tutupan lahan, dan kelompok hidrologi tanah. berbagai kategori tutupan lahan mempengaruhi *curve number*, menghasilkan debit limpasan yang beragam dan, sebagai akibatnya, aliran dasar yang beragam pula. Karena tutupan lahan mempengaruhi siklus hidrologi, maka nilai *curve number* juga dipengaruhi olehnya (Marko dan Zulkarnain, 2018).

## 2.8 Model Hidrologi

Model hidrologi pertama kali dibuat dengan sederhana agar kemudahan aplikasi dan kecocokan untuk perencanaan konstruksi yang sederhana. Umumnya beberapa model tersebut berupa rumus-rumus praktis yang secara langsung menghubungkan curah hujan dengan debit aliran. Namun, dengan adanya kemajuan teknologi, model ini mengalami perkembangan menjadi model yang jauh lebih kompleks. Model tersebut mampu memuat data tentang debit atau hidrograf aliran yang memberikan informasi mengenai volume aliran dari waktu ke waktu (Muhammad, 2022).

Adapun beberapa model hidrologi yang umum digunakan di Indonesia yaitu:

### 2.8.1 Model ANSWERS

Prinsip utama dari model ANSWERS (*Areal Nonpoint Source Watershed Environmental Responce Simulation*) didasarkan pada anggapan bahwa setiap lokasi di daerah aliran sungai memiliki keterkaitan antara laju aliran air dan variabel hidrologi yang relevan, seperti intensitas curah hujan, infiltrasi, kondisi topografi dan jenis tanah (Muhammad, 2022).

### 2.8.2 Model AGNPS

AGNPS (*Agricultural Non Point Source*) merupakan suatu model hidrologi yang menggunakan variabel terdistribusi untuk memodelkan hubungan antara hujan, *runoff*, sedimen dan dugaan hasil hara. Komponen utama dari AGNPS terdiri dari hidrologi, transformasi sedimen dan transformasi hara (Muhammad, 2022).

### 2.8.3 Model HEC-RAS

HEC-RAS merupakan sebuah *software* yang dirancang sebagai alat untuk memprediksi debit banjir pada sungai. Perangkat lunak ini didesain dengan menggunakan konsep model *lump* untuk melakukan analisis sungai. Perangkat lunak tersebut memiliki kemampuan untuk dengan cepat memprediksi waktu, besarnya debit puncak serta volume limpasan pada sungai tertentu. Model ini membutuhkan banyak data, beberapa data masukan yang dibutuhkan meliputi data debit, data curah hujan, luasan DAS serta beberapa parameter tambahan yang memfasilitasi regionalisasi (Muhammad, 2022).

#### 2.8.4 Model HEC-HMS

Model HEC-HMS merupakan versi pengembangan dari HEC-1 *under windows* untuk simulasi limpasan permukaan di suatu DAS. Dalam model ini, DAS ditampilkan sebagai suatu sistem yang saling berhubungan dengan komponen hidrologi dan hidrolis. Beberapa komponen digabungkan untuk mensimulasikan proses cekungan dan masing-masing komponen mewakili faktor-faktor untuk mengubah curah hujan menjadi limpasan (Affandy dan Anwar, 2013).

Aplikasi lain, seperti *ArcView GIS*, diperlukan untuk melakukan pemrosesan data spasial sebelum dimasukkan dan digunakan dalam HEC-HMS sebelum menjalankan prosedur pemrosesan. Hal ini dikarenakan program HEC-HMS tidak mampu mengolah data spasial dalam bentuk peta digital yang akan digunakan dalam proses analisis dan perhitungan. Model curah hujan, model volume limpasan, model limpasan langsung, model aliran dasar, dan model aliran saluran merupakan lima komponen pemodelan HEC-HMS (Agus, 2016).

Menurut Ayu (2021), komponen dari model HEC-HMS yaitu:

1. *Basin model*, digunakan dalam memasukkan nilai karakteristik DAS
2. *Meteorological model*, digunakan untuk menghubungkan *subbasin* dengan *time series data*
3. *Time series data*, digunakan sebagai *input* data curah hujan dan data debit sungai.

Menurut Delani dan Bambang (2016), beberapa parameter dalam model HEC-HMS yaitu:

1. *Loss Rate Method*

*Curve Number* adalah metode yang dimanfaatkan dengan mudah mengestimasi kecepatan aliran permukaan. Model ini sering dipakai dalam analisa hidrologi. Metode *curve number* adalah suatu pendekatan yang dimanfaatkan dalam memperkirakan aliran permukaan dengan mempertimbangkan hubungan antara curah hujan, tutupan lahan dan jenis hidrologi tanah.

2. *Transform* (Transformasi Hidrograf Satuan)

Waktu konsentrasi ( $T_c$ ) adalah waktu yang dibutuhkan air hujan yang jatuh pada titik terjauh atau puncak DAS (*inlet*) untuk sampai pada titik tinjau (*outlet*). Penentuan nilai *Transform* dapat menggunakan metode *SCS Unit Hydrograph*

berupa parameter *lag time* yang merupakan tenggang waktu yang dibutuhkan untuk sampai ke titik *outlet* Berikut persamaan yang dapat digunakan untuk mengetahui waktu konsentrasi atau waktu puncak ( $T_c$ ) yaitu:

$$T_c = 0,57 \times A^{0,41} \quad (44)$$

Dimana:

$T_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

$A$  = Luas daerah aliran air (km<sup>2</sup>)

Sedangkan untuk mengetahui nilai tenggang waktu (*time lag*) dapat digunakan persamaan berikut:

$$T_{lag} = 0,6 \times T_c \quad (45)$$

Dimana:

$T_{lag}$  = Tenggang waktu (menit)

$T_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

### 3. *Base Flow*

Dalam suatu hidrograf terdapat lebih dari satu komponen aliran yaitu aliran permukaan dan aliran dasar (*Base Flow*). Umumnya, aliran permukaan terjadi saat air hujan mengalir langsung di atas tanah tanpa meresap ke dalamnya. Sebaliknya, *Base Flow* merupakan aliran air yang berasal dari air hujan sebelumnya yang terserap ke dalam tanah dan tertahan di dalamnya sebelum secara perlahan mengalir ke sungai atau saluran lainnya (Wawan, 2016).

Menurut Agus (2016), HEC-HMS menyediakan tujuh elemen hidrologi yang mewakili bagian dari respons total DAS terhadap presipitasi diantaranya yaitu:

#### 1. *Sub Basin*

Data tersebut mencakup informasi tentang subdaerah aliran sungai, termasuk data kehilangan, model transformasi (hidrograf satuan) dan *Base Flow*. Data ini digunakan untuk mengkonversi curah hujan menjadi aliran

#### 2. *Reaches*

Menggabungkan elemen-elemen yang ada, seperti sub daerah aliran sungai dan simpul (*junction*), serta menyediakan data pelacakan aliran sungai. Ini digunakan untuk mengarahkan dan melacak aliran ke hilir.

#### 3. *Reservoirs*

Berfungsi sebagai *reservoir* yang menampung dan mengeluarkan aliran sesuai dengan tingkat aliran yang telah ditetapkan atau hubungan antara kapasitas tampungan dan debit

#### 4. *Sources*

Terdapat aliran keluar tetapi tidak ada aliran masuk. Digunakan untuk memodelkan aliran yang masuk ke dalam model basin.

#### 5. *Junctions*

Merupakan titik yang menghubungkan antara elemen-elemen yang ada, seperti sub basin dan *reaches*, digunakan untuk menggabungkan aliran dari sub basin maupun *reaches*.

#### 6. *Diversions*

Digunakan untuk memodelkan aliran keluar dari sungai utama berdasarkan kurva rating yang ada. Metode ini sering digunakan untuk memprediksi aliran yang meluap dari kolam retensi atau *overflow*.

#### 7. *Sink*

Digunakan dalam mempresentasikan *outlet* dari *watershed*. Curah hujan yang terjadi di suatu DAS akan mengalami beberapa proses seperti penyerapan ke dalam tanah, penahanan oleh vegetasi, penguapan dan kehilangan lain sebelum akhirnya menjadi limpasan. Dalam model volume limpasan, perhitungan dilakukan untuk menentukan curah hujan efektif dan total pengurangan curah hujan yang meliputi intersepsi, evapotranspirasi, infiltrasi dan. Dalam pemilihan model perlu memperhatikan ketersediaan data yang dipakai.

Menurut Affandy dan Anwar (2013), didalam pemodelan HEC-HMS ini, terdapat beberapa metode perhitungan debit puncak tersedia untuk digunakan yaitu:

1. *The initial and constant-rate loss model*
2. *The deficit and constant-rate loss model*
3. *The SCS curve number (CN) loss model (composite or gridded)*
4. *The Green and ampt loss model*

## **2.9 Pemisahan Aliran Dasar**

Sejak tahun 1904, telah dilakukan analisis terhadap unsur-unsur aliran dasar dalam hidrograf aliran sungai. Dari berbagai pilihan metode yang tersedia, metode filter digital dan metode grafis digital adalah metode yang relatif sederhana yang dapat digunakan. Metode filter digital beroperasi dengan mengolah data debit untuk memisahkan aliran dasar dari hidrograf. Dalam proses pemisahan aliran dasar,

digunakan Redistribusi Digital Filter (RDF) untuk memisahkan komponen aliran permukaan yang memiliki karakteristik yang tinggi dan menyisahkan komponen aliran dasar (*Base Flow*) yang memiliki karakteristik rendah (Wawan 2016).

Metode pemisahan secara grafis juga telah dirancang untuk memisahkan aliran dasar. Contoh pemisahan aliran yang dilakukan secara grafis yaitu, metode interval tetap (*fixed interval method*), metode interval bergerak (*sliding interval method*) dan metode minimum lokal (*local minimum method*) (Indarto dkk., 2016).

### 2.8.5 Metode Minimum Lokal

Metode minimum lokal bekerja dengan mengkaji debit harian untuk mengidentifikasi apakah itu adalah debit paling bawah atau bukan. Ini dilakukan dengan memakai interval waktu yang ditentukan oleh  $[0,5 (2*N-1)$  hari]. Nilai N diperoleh suatu persamaan:

$$N = A^{0,2} \quad (46)$$

Dimana:

A = Luas daerah aliran sungai (DAS) (mil<sup>2</sup>)

Kemudian, Debit paling rendah pada masing-masing interval dihubungkan secara linear untuk menentukan *Base Flow*. Kemudian pada aliran permukaan (*Runoff*) dapat diperoleh dengan mengurangi nilai dari debit aliran sungai dan aliran dasar dengan persamaan:

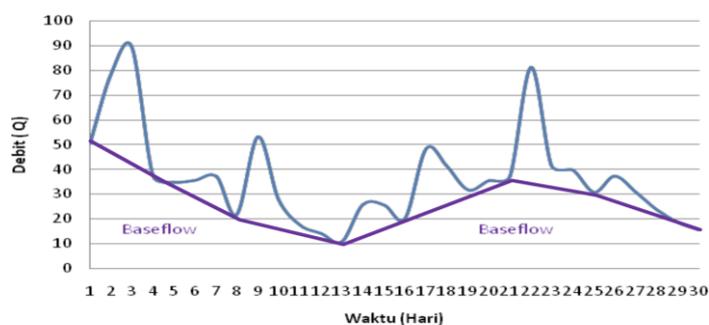
$$Q_{Ro} = Q_{tot} - Q_{bas} \quad (47)$$

Dimana:

$Q_{Ro}$  = Debit *runoff* (m<sup>3</sup>/s)

$Q_{tot}$  = Debit total (debit sungai) (m<sup>3</sup>/s)

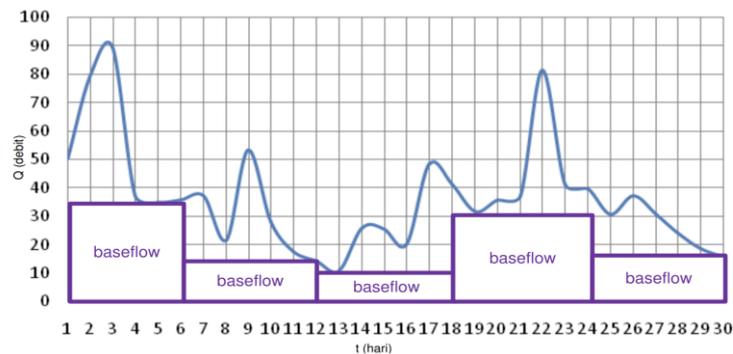
$Q_{bas}$  = Debit aliran dasar (*base flow*) (m<sup>3</sup>/s)



Gambar 3. Metode Minimum Lokal.  
(Sumber: Indarto dkk., 2016).

## 2.8.6 Metode Interval Tetap

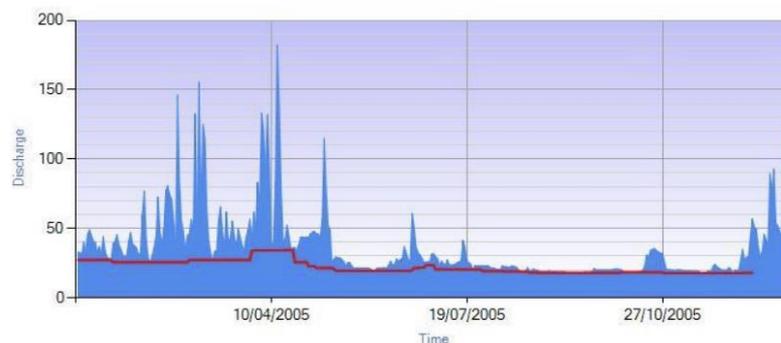
Metode interval tetap memanfaatkan nilai terkecil pada setiap intervalnya sebagai dasar. Metode ini diilustrasikan melalui diagram batang yang ditarik ke atas hingga mencapai titik terendah dalam masing-masing interval yang ditentukan, dan langkah ini diulang untuk setiap interval selanjutnya.



Gambar 4. Metode Interval Tetap.  
(Sumber: Indarto dkk., 2016).

## 2.8.7 Metode Interval Bergerak

Metode Interval Bergerak dijelaskan melalui diagram batang yang ditarik ke atas hingga mencapai titik temu dengan hidrograf. Debit diperoleh dengan menggunakan nilai tengah dalam setiap interval harian, kemudian diagram batang digeser ke hari selanjutnya dan proses ini diulang dengan cara terus menerus.



Gambar 5. Metode Interval Bergerak.  
(Sumber: Gregor, 2012).

## 2.10 Metode Validasi *Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)*

Model dikatakan berkualitas tinggi jika mempunyai tingkat keakuratan yang baik dan memenuhi persyaratan pemodelan yang ditetapkan. Evaluasi terhadap akurasi model dapat dilakukan dengan membandingkan nilai *error* diantara nilai simulasi

model dengan data terukur. Pengujian model bertujuan untuk menentukan tingkat keakuratan suatu model dan menguji sejauh mana model tersebut dapat digunakan untuk memprediksi debit aliran (Yulianto, 2018).

Validasi model dilakukan untuk melihat keberhasilan model dalam mempresentasikan debit sungai yang dievaluasi dengan uji perbandingan antara debit pengukuran dengan debit simulasi, dengan kata lain, semakin mendekati 1, maka semakin baik nilai NSE-nya (Motovilov dkk., 1999).

Rumus yang digunakan yaitu :

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X - Y)^2}{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2} \quad (48)$$

Dimana,

NSE = Koefisien *Nush Sutcliffe Efficiency*

n = Jumlah data debit

Y = Nilai dari debit hasil simulasi (m<sup>3</sup>/s)

X = Nilai dari debit hasil observasi (m<sup>3</sup>/s)

$\bar{X}$  = Rata-rata nilai debit hasil observasi (m<sup>3</sup>/s)

Tabel 2. Nilai Parameter Untuk Kalibrasi HEC-HMS.

Nilai NSE	Parameter
NSE > 0,75	Baik
0,36 > NSE < 0,75	Memenuhi
NSE < 0,36	Kurang memenuhi

Sumber: Motovilov dkk. (1999).

## 2.11 Penelitian Terkait

Tabel 3. Penelitian Terkait Model Hidrolodi pada DAS Maros.

No.	Judul	Ringkasan	Penulis, Penerbit dan Tahun Terbit
1	Pemodelan Debit Banjir Pada DAS Lekopancing, Kabupaten Maros menggunakan Model Hec-Ras	Penelitian ini bertujuan Untuk analisis debit banjir rencana menggunakan HSS Nakayasu, HSS Snyder, HSS ITB-1 pada Sungai Lekopancing DAS Maros, dan mengetahui kapasitas penampang Sungai Lekopancing menggunakan model HEC-RAS.	Muh. Sulkifli Taufik dan Siti Fadhilah Burhan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar 2022

Lanjutan. (Tabel 3)

No.	Judul	Ringkasan	Penulis, Penerbit dan Tahun Terbit
2	Pendugaan Debit Limpasan Maksimum Sub-DAS Maros	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komponen limpasan pada Sub-DAS Maros, dan mengetahui debit aliran serta nilai limpasan terhadap debit limpasan aliran sungai. Pendugaan debit limpasan maksimum dilakukan dengan metode SCS-US dan melakukan perbandingan dengan debit limpasan yang diperoleh dari pemisahan hidrograf pada data debit sungai yang tercatat oleh Departemen Hidrologi Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Sulawesi Selatan	Abdul Manaf, Dr. Ir. Mahmud Achmad, MP., dan Ir. Totok Prawitasori, MS.  Program Studi Keteknikan Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin  2010
3	Prediksi Debit Aliran Sub-DAS Bantimurung Menggunakan Model HEC-HMS	Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi debit aliran dan mengetahui tingkat kevalidan model HEC-HMS dalam memprediksi besarnya debit aliran sungai pada Sub-DAS Bantimurung Kabupaten Maros. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang meliputi pengumpulan data di lapangan seperti data curah hujan, debit, tekstur tanah dan penggunaan lahan serta karakteristik Sub-DAS Bantimurung.	Sitti Zulaeha, Sitti Nur Faridah, Mahmud Achmad, Husnul Mubarak  Jurnal Agritechno  2020