

**PREDIKSI DEBIT ALIRAN PERMUKAAN MAKSIMUM  
MENGUNAKAN MODEL HEC-HMS DI SUB DAS LEKO  
PANCING**

**MUTMAINNA NUR ANIZAH GAZALI**

**G041 17 1511**



**DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2023**

**PREDIKSI DEBIT ALIRAN PERMUKAAN MAKSIMUM  
MENGUNAKAN MODEL HEC-HMS DI SUB DAS LEKO  
PANCING**

**MUTMAINNA NUR ANIZAH GAZALI**

**G041 17 1511**



Skripsi

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Teknologi Pertanian

Pada

Departemen Teknologi Pertanian

Fakultas Pertanian

Universitas Hasanuddin

Makassar

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**PREDIKSI DEBIT ALIRAN PERMUKAAN MAKSIMUM  
MENGUNAKAN MODEL HEC-HMS DI SUB DAS LEKO  
PANCING**

Disusun dan diajukan oleh

**MUTMAINNA NUR ANIZAH GAZALI**  
G041 17 1511

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 3 Maret 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping



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



**Muhammad Tahir Sapsal, S.TP., M.Si.**  
NIP. 19840716 201212 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 : Mutmainna Nur Anizah Gazali  
NIM : G041 17 1511  
Program Studi : Teknik Pertanian  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul Prediksi Aliran Permukaan Maksimum Menggunakan Model HEC-HMS di Sub DAS Leko Pancing 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, 3 Maret 2023

Yang Menyatakan



Mutmainna Nur Anizah Gazali

## ABSTRAK

MUTMAINNA NUR ANIZAH GAZALI (G041171511). Prediksi Debit Aliran Permukaan Maksimum Menggunakan Model HEC-HMS di Sub DAS Leko Pancing. Pembimbing: MAHMUD ACHMAD dan MUHAMMAD TAHIR SAPSAL.

Sub DAS Leko Pancing merupakan bagian dari DAS Maros dan juga salah satu pemasok persediaan air minum bagi penduduk Makassar dan Maros. Model HEC-HMS adalah berupa perangkat lunak komputer yang digunakan untuk mensimulasikan hidrologi dengan menghitung debit aliran, debit limpasan, dan debit distribusi. Penelitian ini memiliki tujuan yaitu untuk mengetahui nilai validasi dari pemodelan hidrologi HEC-HMS dalam mengestimasi limpasan permukaan maksimum, dan juga mengetahui debit kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, dan 50 tahun di Sub DAS Leko Pancing. Metode penelitian ini dilakukan dengan prosedur sebagai berikut: pengumpulan data, pengelolaan data, pemodelan HEC-HMS dan simulasi hujan-aliran. Hasil dari penelitian ini terdapat tiga tahap yaitu kalibrasi, validasi, dan simulasi hujan-aliran. Pada bagian kalibrasi simulasi HEC-HMS dengan menggunakan parameter *loss method*, *transform* dan *baseflow* menghasilkan perbandingannya dengan observasi tidak berbeda jauh. Kemudian pada bagian validasi menggunakan *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) memiliki nilai 0,55 yang termasuk kategori memuaskan. Pada tahap simulasi hujan rencana menggunakan metode mononobe dan diperoleh debit puncak kala ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun dan 50 tahun secara berurutan yaitu 393,3 m<sup>3</sup>/s, 553,9 m<sup>3</sup>/s, 641,6 m<sup>3</sup>/s dan 808 m<sup>3</sup>/s.

**Kata Kunci:** HEC-HMS, simulasi banjir, dan hujan-aliran.

## **ABSTRACT**

MUTMAINNA NUR ANIZAH GAZALI (G041171511). *Prediction of Maximum Surface Run-off in Leko Pancing Sub Watershed Using HEC-HMS Model.*  
Supervisors: MAHMUD ACHMAD and MUHAMMAD TAHIR SAPSAL.

*Leko Pancing subwatershed is a part of the Maros watershed and also one of drinking water supplies for the residents of Makassar and Maros. HEC-HMS model is a computer software used for simulate hydrological model by calculating the flow discharge, runoff discharge, and distribution discharge. This purpose aims to determine the validation value of the HEC-HMS hydrological modeling in estimating the maximum surface runoff discharge, as well as knowing the discharge of the return period of 2 years, 5 years, 10 years, and 50 years in Leko Pancing subwatershed. This research method was conducted with following procedures: data collection, data management, HEC-HMS modeling, and rain-flow simulation. The results of this research have three stages, namely calibration, validation, and rainfall-flow simulation. In the calibration part of HEC-HMS simulation using loss method, transform, and baseflow parameters, the comparison with observations is not much different. In the Validated section using Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) method has a value of 0.55 which is included in the satisfactory category. Rain flow simulation return period of 2 years, 5 years, 10 years, and 50 years using the Mononobe method the peak discharge obtained at the return period of 2 years, 5 years, 10 years and 50 years is 393.3 m<sup>3</sup>/s, 553.9 m<sup>3</sup>/s, 641.6 m<sup>3</sup>/s and 808 m<sup>3</sup>/s respectively.*

**Keyword:** HEC-HMS, flood simulation, rain-flow.

## PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT., 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 Muh. Gazali Zainal, Ibunda Hasrah Patihong beserta Keluarga** yang senantiasa memberikan kasih sayang dan selalu mendoakan penulis serta memberikan dukungan baik berupa moril ataupun materi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. **Dr. Ir. Daniel Useng, M.Eng.Sc.** selaku dosen pembimbing akademik atas segala arahan yang telah diberikan dalam memprogram mata kuliah.
3. **Dr. Ir. Mahmud Achmad, M.P** selaku dosen pembimbing utama atas kesabaran, ilmu dan segala arahan yang telah diberikan dari penyusunan proposal, penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai.
4. **Muhammad Tahir Sapsal, S.TP., M.Si** selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan ilmu, masukan, saran, dan waktu luang kesabaran kepada saya dari awal penulisan sampai akhir penyelesaian skripsi.
5. **Dosen-dosen Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian** yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan serta pengalaman selama proses perkuliahan baik di dalam kelas maupun di luar kelas.
6. **Imma, Dhilah, Ida, Ekky, Sela, Ummul, Amin, Febry, Fatwa, Rama, dan Kerabat GEAR17** yang telah membantu saat menyiapkan alat dan bahan penelitian, pengambilan data penelitian serta dalam penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah SWT senantiasa membalas kebaikan mereka dengan kebaikan dan pahala yang berlipat ganda. Aamiin.

Makassar, 3 Maret 2023

Mutmainna Nur Anizah Gazali

## RIWAYAT HIDUP



**Mutmainna Nur Anizah Gazali**, lahir di Pangkajene Kabupaten Sidenreng Rappang, Sulawesi Selatan pada tanggal 13 Juni 1998 merupakan anak terakhir dari dua bersaudara dari pasangan Muh. Gazali Zainal dan Hj Hasrah Patihong S.Pt. Penulis menempuh pendidikan formal pertama pada tingkat sekolah dasar yaitu di SDN 11 Pangsid pada tahun 2004-2010. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN 1 Pangsid pada tahun 2010-2013. Kemudian, melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMAN 1 Pangsid pada tahun 2013-2016. Setelah menyelesaikan pendidikan formal tingkat sekolah, penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Hasanuddin Makassar pada tahun 2017 sebagai salah satu mahasiswa di Prodi Keteknikan Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian. Penulis aktif dalam organisasi kampus yaitu di Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin (HIMATEPA UH) sebagai Pengurus Departemen Keuangan periode 2019/2020. Selain itu, penulis juga aktif menjadi asisten praktikum di bawah naungan *Agricultural Engineering Study Club* (AESC) tahun 2018-2021.



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR KEASLIAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
PERSANTUNAN .....	vii
RIWAYAT HIDUP .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan.....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS).....	3
2.2 Curah Hujan .....	4
2.3 Hidrograf Aliran.....	8
2.4 Pemodelan Banjir.....	9
2.5 Model HEC-HMS.....	10
2.5.1 <i>Loss Method</i> (Proses kehilangan Air) .....	11
2.5.2 <i>Transform</i> (Hidrograf Satuan Sintetik).....	11
2.5.3. Aliran Dasar ( <i>Baseflow</i> ) .....	12
2.6 Validasi Data .....	13
3. METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Waktu dan Tempat.....	14
3.2 Alat dan Bahan .....	14
3.3 Prosedur Penelitian.....	14
3.3.1 Pengumpulan Data .....	14
3.3.2 Pengolahan Data.....	14
3.3.3 Parameter Pemodelan .....	16

3.3.4	Pemodelan data HEC-HMS.....	16
3.3.5	Simulasi Hujan-Aliran.....	17
3.4	Diagram Alir .....	18
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1	Deskripsi Wilayah dan Karakteristik Sub DAS Leko Pancing.....	19
4.1.1	Deskripsi Umum Wilayah Sub DAS .....	19
4.1.2	Jenis Tanah.....	19
4.1.3	Penggunaan Lahan .....	20
4.1.4	Curah Hujan Wilayah .....	22
4.2	Simulasi HEC-HMS.....	23
4.2.1	<i>Loss Method</i> (Proses kehilangan Air) .....	23
4.2.2	<i>Transform</i> (Transformasi Hidrograf Satuan Sintetik).....	24
4.2.3	Aliran Dasar ( <i>Baseflow</i> ) .....	25
4.3	Kalibrasi .....	25
4.4	Validasi.....	26
4.5	Simulasi Hujan-Aliran Rencana .....	27
5.	PENUTUP .....	29
Kesimpulan.....		29

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Metode Pemisahan Aliran Dasar .....	12
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian .....	18
Gambar 3. Peta Administrasi Sub DAS Leko Pancing .....	19
Gambar 4. Peta Jenis Tanah di Sub DAS Leko Pancing .....	20
Gambar 5. Peta Penggunaan Lahan di Sub DAS Leko Pancing .....	21
Gambar 6. Curah Hujan Wilayah di Sub DAS Leko Pancing .....	22
Gambar 7. Model Basin pada HEC-HMS 4.8 di Sub DAS Leko Pancing .....	23
Gambar 8. Grafik Pemisahan Aliran Dasar Debit Observasi .....	25
Gambar 9. Grafik Perbandingan antara Debit Simulasi dan Debit Observasi .....	26
Gambar 10. Grafik Sebaran Data Debit Simulasi dan Debit Observasi setelah Validasi.....	26
Gambar 11. Grafik Intensitas Hujan Setiap Jam Kala Ulang 2,5,10, dan 50 Tahun.....	27
Gambar 12. Hidrograf Kala Ulang 2, 5, 10, dan 50 Tahun.....	28

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Syarat untuk Memenuhi Jenis Distribusi Sebaran .....	7
Tabel 2. Nilai <i>Curve Number</i> .....	15
Tabel 3. Kategori Kelompok Hidrologi Tanah Berdasarkan Tekstur Tanah.....	16
Tabel 4. Nilai Parameter untuk Kalibrasi HEC-HMS .....	17
Tabel 5. Nilai Parameter untuk Validasi NSE .....	17
Tabel 6. Data Jenis Tanah di Sub DAS Leko Pancing.....	20
Tabel 7. Data Penggunaan Lahan di Sub DAS Leko Pancing .....	21
Tabel 8. Data Stasiun Curah Hujan Wilayah di Sub DAS Leko Pancing.....	22
Tabel 9. Nilai <i>Initial Abstraction, Curve Number, dan Imprevious</i> .....	24
Tabel 10. Nilai <i>Lag Time</i> .....	24

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Nilai <i>Curve Number</i> Komposit Sub DAS Leko Pancing .....	32
Lampiran 2. Perhitungan Curah Hujan Menggunakan <i>Polygon Thiessen</i> .....	36
Lampiran 3. Perhitungan Curah Hujan dengan Distribusi Normal.....	37
Lampiran 4. Perhitungan Curah Hujan dengan Distribusi Log Pearson III.....	37
Lampiran 5. Perhitungan Parameter Statistik.....	38
Lampiran 6. Pengujian Chi Kuadrat.....	39
Lampiran 7. Perhitungan Curah Hujan Rencana Metode Distribusi Normal .....	40
Lampiran 8. Konversi Intensitas Hujan Menggunakan Metode Mononobe.....	41
Lampiran 9. Nilai Parameter Kalibrasi .....	42
Lampiran 10. Kalibrasi Debit Observasi dan Debit Simulasi Tahun 2020.....	44
Lampiran 11. Validasi Debit Observasi dan Debit Simulasi Tahun 2020 .....	47
Lampiran 12. Kalibrasi Debit Observasi dan Debit Simulasi Tahun 2021.....	50
Lampiran 13. Validasi Debit Observasi dan Debit Simulasi Tahun 2021 .....	53
Lampiran 14. Debit Kala Ulang 2, 5, 10, dan 50 Tahun .....	56

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Air merupakan komponen yang sangat berpengaruh dalam kelangsungan hidup organisme, sebanyak 70 persen air berada di permukaan bumi, hanya kurang lebih 1 persen air yang tersedia dan dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari, besar kecilnya jumlah air terjadi karena adanya proses hidrologi, siklus ini terjadi secara ilmiah dan kontinyu. Sumber daya air memiliki banyak manfaat dalam bidang pertanian, perikanan, pembangkit listrik, penyediaan air minum, industri, pengendalian debit puncak dan erosi, walaupun memiliki banyak manfaat bagi kehidupan, jika sumber daya air tidak ditinjau dan dikelola dengan baik dan benar, maka akan terjadi permasalahan, permasalahan ini terjadi karena ketidaksesuaian persediaan air dengan kebutuhan air dan juga jika kelebihan air di permukaan maka akan terjadi banjir.

Banjir termasuk peristiwa alam yang sering terjadi, penyebab utama banjir adalah pertumbuhan penduduk yang pesat yang membutuhkan ruang yang cukup luas, curah hujan yang tinggi, kurangnya kesadaran dalam pengelolaan sumber daya air dan penggunaan lahan, jika banjir terus terjadi dan tidak ada pengendalian maka akan terjadi kerusakan pada daerah aliran sungai.

Model HEC-HMS adalah pemodelan banjir yang dikemas dalam bentuk perangkat lunak komputer yang dapat mensimulasi hidrologi dari aliran harian tertinggi untuk perhitungan debit banjir rencana dari suatu daerah tangkapan. Model ini merupakan hasil pengembangan HEC-1 sebelumnya. Model ini dapat digunakan untuk menghitung limpasan, aliran dasar, aliran sesaat, dan aliran yang berkelanjutan. Keuntungan model ini yaitu dapat mensimulasikan model distribusi, model penerus dan juga mampu mendeteksi data dalam bentuk GIS dalam penyelesaian model (Ulfah, 2020).

Daerah Aliran Sungai (DAS) Maros berada di wilayah kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. DAS Maros memiliki dua hulu yaitu Sub DAS Bantimurung dan Sub DAS Leko Pancing dan hilirnya menuju ke selat Makassar. Sub DAS Leko Pancing terletak di kecamatan Tompobulu, kabupaten Maros, dan termasuk salah satu pemasok persediaan air minum bagi penduduk Makassar dan kabupaten Maros,

selain persediaan air minum Sub DAS Leko Pancing juga sebagai sumber air untuk pengairan dan irigasi di daerah kabupaten Maros. Sub DAS Leko Pancing termasuk salah satu wilayah yang rawan banjir jika curah hujan tinggi (Imran, 2020).

Berdasarkan uraian diatas, perhitungan dan permodelan besar debit aliran sungai dan debit rencana perlu dilakukan untuk menentukan keakuratan model HEC-HMS dalam mengestimasi terjadinya limpasan permukaan serta mengetahui nilai dari limpasan permukaan yang akan terjadi selama periode waktu tertentu di SubDAS Leko Pancing.

## **1.2 Tujuan dan Kegunaan**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai akurasi pemodelan banjir HEC-HMS dalam mengestimasi debit limpasan permukaan maksimum, serta mengetahui debit banjir kala ulang yang akan terjadi pada 2, 5, 10, dan 50 tahun di Sub DAS Leko Pancing.

Adapun kegunaan dari penelitian ini yaitu digunakan sebagai sumber pengetahuan tentang evaluasi kondisi Sub DAS Leko Pancing, sebagai referensi yang ini mengembangkan penelitian tentang model hidrologi HEC-HMS, dan mempelajari permasalahan banjir.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan indikator penting terjadinya proses hidrologi yang merupakan wilayah daratan yang memiliki batasan topografi yang berfungsi untuk menampung dan menyimpan hasil presipitasi yang berupa air hujan kemudian disalurkan melalui sungai-sungai kecil (hulu) yang terhubung dengan sungai utama dan berakhir di waduk, danau, dan laut (hilir) (Kezia, 2017).

Menurut Staddal (2016), adapun karakteristik Daerah Aliran Sungai yang sangat berpengaruh terhadap debit aliran permukaan, yaitu;

a. Bentuk DAS

Bentuk DAS memiliki pengaruh pada pola aliran dalam sungai serta juga waktu konsentrasi air hujan yang mengalir menuju outlet. Bentuk DAS terbagi atas dua bentuk yaitu bentuk DAS melebar dan memanjang. Semakin melebar bentuk DAS maka waktu dan pola aliran menuju outlet singkat dan titik hidrografnya tinggi, sedangkan bentuk DAS memanjang memiliki waktu dan pola aliran menuju outlet lama dan titik puncak pada hidrograf rendah.

b. Luas DAS

Luas DAS memiliki pengaruh pada debit aliran, yaitu semakin besar luas suatu DAS maka semakin besar juga debit aliran pada DAS tersebut

c. Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan memiliki pengaruh terhadap aliran permukaan, yaitu biasa dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan (C), yaitu nilai koefisien yang menunjukkan perbandingan antara besar aliran permukaan dengan besar curah hujan. Nilai koefisien (C) berkisar 0 sampai 1, semakin kecil nilai koefisien maka semakin baik suatu DAS, sedangkan semakin besar nilai koefisien maka semakin rusak suatu DAS. Nilai koefisien (C) ini sebagai indikator untuk menyatakan baik dan rusaknya suatu DAS.

d. Jenis Tanah

Jenis tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi aliran permukaan, karena jenis tanah yang berada di sekitar DAS memiliki tingkat kapasitas infiltrasi berbeda-beda. Semakin kasar tekstur tanah maka semakin tinggi



tingkat laju infiltrasinya, begitupun sebaliknya, jika semakin halus tekstur tanah maka semakin rendah pula tingkat laju infiltrasinya, hal ini mengakibatkan adanya genangan dan limpasan permukaan (Nasjono, 2018).

## 2.2 Curah Hujan

Curah hujan merupakan banyaknya hasil presipitasi yang jatuh dari atmosfer di suatu wilayah dalam waktu atau periode tertentu. Curah hujan memiliki satuan milimeter (mm), centimetre (cm), dan inchi (inc). curah hujan dalam 1 milimeter merupakan air hujan yang jatuh dengan tinggi 1 mm dan tersimpan di suatu wadah yang rata dengan luas 1 m<sup>2</sup> dengan anggapan tidak terjadi penguapan, infiltrasi dan limpasan permukaan (Siby, 2013).

Menurut Siby (2013), ada 3 metode yang digunakan untuk mengukur curah hujan rata-rata suatu wilayah, yaitu:

a. 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.

b. Metode *Isohyet*

Metode pengukuran isohyet yaitu metode yang menggunakan garis kontur untuk menghubungkan titik-titik stasiun dengan nilai curah hujan yang sama, metode ini merupakan metode yang paling valid dibandingkan dengan metode pengukuran lainnya.

c. Metode *Polygon Thiessen*

Metode polygon thiessen merupakan metode yang menggunakan garis kontur untuk menghubungkan titik-titik stasiun yang satu dengan yang lainnya, metode ini paling banyak digunakan untuk mengukur curah hujan wilayah. Adapun rumus untuk menghitung curah hujan wilayah dengan metode *polygon thiessen*:

$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (1)$$

keterangan:

$\bar{R}$  = curah hujan wilayah,

$R_1, R_2, R_n$  = curah hujan di setiap titik stasiun,

$n$  = jumlah titik stasiun,

$A_1, A_2, A_n$  = luas daerah yang mewakili tiap stasiun.

Selain menghitung curah hujan rata-rata suatu wilayah, untuk memprediksi debit aliran tersebut akan tercapai atau terlampaui dari nilai rata-rata dalam waktu dan periode tertentu untuk menentukan debit banjir dan hujan rencana maka dilakukan analisis frekuensi. Analisis frekuensi bertujuan untuk menemukan hubungan antara ukuran suatu kejadian ekstrim dan frekuensi berdasarkan distribusinya (Siby, 2013).

Menurut Siby (2013), untuk menentukan distribusi sebaran maka dilakukan penghitungan parameter statistik dalam analisis frekuensi, yaitu

a. Rata-rata (*mean*)

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2)$$

keterangan:

$X$  = nilai rata-rata curah hujan,

$X_i$  = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke- $i$ , dan

$n$  = jumlah data curah hujan.

b. Simpangan Baku (standar deviasi)

Umumnya dispersi yang paling banyak digunakan, varian ini dihitung sebagai nilai kuadrat dari deviasi standar. Apabila penyebarannya data sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai  $S$  akan besar, dan begitu sebaliknya.

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

keterangan:

$S$  = simpangan baku curah hujan,

$X$  = nilai rata-rata curah hujan,

$X_i$  = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke- $i$ , dan

$n$  = jumlah data curah hujan.

c. Koefisien Variasi

Koefisien variasi merupakan nilai koefisien yang membandingkan antara simpangan baku dengan nilai rata-rata hitung dari distribusi

$$C_v = \frac{S}{X} \quad (4)$$

keterangan:

$C_v$  = koefisien variasi curah hujan,

$S$  = simpangan baku curah hujan, dan

$X$  = nilai rata-rata curah hujan.

d. Kemencengan (koefisien skewness)

Nilai kemencengan merupakan nilai yang menunjukkan derajat ketidaksamaan dari suatu bentuk distribusi. Pengukuran kemencengan merupakan pengukuran seberapa besar kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetris atau menceng.

$$C_s = \frac{n \sum (x - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (5)$$

keterangan:

$C_s$  = koefisien kemencengan curah hujan,

$X$  = nilai rata-rata dari dari sampel curah hujan,

$X_i$  = curah hujan ke-i, dan

$n$  = jumlah data curah hujan.

e. Koefisien Kurtosis

Nilai dari koefisien kurtosis yaitu nilai keruncingan dari bentuk kurva distribusi yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal

$$C_k = \frac{n^2 \sum (x - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad (6)$$

keterangan:

$C_k$  = koefisien kurtosis curah hujan,

$X$  = nilai rata-rata dari dari sampel curah hujan,

$X_i$  = curah hujan ke-i,

$n$  = banyaknya data curah hujan, dan

$S$  = simpangan baku curah hujan.

Dalam penentuan hujan rencana digunakan parameter statistik, dan juga dapat menggunakan jenis distribusi sebaran, beberapa metode distribusi sebaran namun hanya beberapa yang sesuai dengan kondisi wilayah, yaitu Gumbel, Log Pearson III, Log Normal, dan Normal (Siby, 2013).

Tabel 1. Syarat untuk memenuhi jenis distribusi sebaran

	<b>Normal</b>	<b>Log Normal</b>	<b>Gumbel</b>	<b>Log Pearson</b>
Syarat	Cs ≈ 0	Cs ≈ 1,14	Cs ≈ 1,14	Cs ≠ 0
	Ck ≈ 3	Ck ≈ 5,38	Ck ≈ 5,40	Cv ≈ 0,3

Sumber: Siby *et al.* (2013)

Setelah pemilihan distribusi sebaran hujan rencana, maka dilakukan pengujian kecocokan metode menggunakan metode *chi kuadrat*. Dalam pendataan curah hujan umumnya dalam bentuk data hujan perjam, hujan harian, hujan bulanan, dan hujan tahunan. Interval waktu pendataan yang digunakan dalam waktu yang singkat agar distribusi hujan yang terjadi dapat diketahui dan juga dapat salurkan dalam bentuk hidrograf aliran.

Menurut Asbintari (2016), ada beberapa metode yang biasa digunakan untuk menentukan intensitas hujan dalam bentuk hujan perjam, yaitu:

a. Metode Talbot

Metode Talbot disampaikan pertama kali oleh Profesor Talbot pada tahun 1881. Metode ini banyak digunakan di Jepang karena mudah diterapkan.

b. Metode Sherman

Metode Sherman disampaikan pertama kali oleh Profesor Sherman pada tahun 1905. Metode ini tepat digunakan untuk waktu curah hujan yang lamanya lebih dari 2 jam.

c. Metode Mononobe

Metode Mononobe ini cocok digunakan apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia dan hanya data hujan harian tersedia. Adapun rumus mononobe yang dapat digunakan, yaitu:

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (7)$$

keterangan:

$I_t$  = Intensitas curah hujan (mm/jam)

$t$  = durasi curah hujan (jam)

$R_{24}$  = curah hujan maksimum 24 jam (mm).

## 2.3 Hidrograf Aliran

Hidrograf merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara debit aliran dan waktu kejadian banjir. Unit hidrograf adalah suatu hidrograf yang dihasilkan oleh satu unit hujan efektif terjadi secara keseluruhan di suatu permukaan daerah tangkapan selama periode waktu tertentu dengan intensitas curah hujan yang tetap. Hidrograf satuan memiliki peran dalam proses peramalan banjir yaitu untuk memprediksi besarnya aliran yang akan terjadi pada hujan yang jatuh di daerah tangkapan. Hidrograf satuan sintetik merupakan metode yang digunakan saat DAS tidak memiliki data hidrograf dari AWLR yang lengkap. Metode ini menggunakan parameter yaitu bilangan kurva yang meliputi jenis tanah dan penggunaan lahan (Limantara, 2018).

Menurut Triatmodjo (2014), ada beberapa metode yang biasa digunakan dalam perhitungan hidrograf satuan sintetik yaitu:

a. Metode Nakayasu

Metode Nakayasu merupakan salah satu hidrograf satuan sintetik yang dikembangkan oleh Nakayasu yang berdasarkan penelitian sungai di Jepang yang memiliki parameter yaitu waktu puncak (*time of peak*), waktu tenggang (*time lag*), waktu dasar (*time base*), luas DAS, panjang sungai, dan koefisien aliran.

b. Metode Snyder

Metode Snyder merupakan hidrograf satuan sintetik yang dikembangkan oleh Franklin F. Snyder yang berkebangsaan Amerika Serikat pada tahun 1938. Metode ini berdasarkan penelitian di pegunungan Appalachian. Parameter dari metode ini yaitu aliran puncak, waktu kelambatan, waktu dasar, dan durasi standar dari hujan efektif yang berhubungan dengan karakteristik DAS.

c. Metode *Soil Conservation Service* (SCS)

Metode SCS merupakan metode yang dikembangkan oleh lembaga Departemen Pertanian Amerika Serikat. Metode yang menggunakan fungsi hidrograf tanpa dimensi untuk menganalisis jumlah ukuran hidrograf satuan dari data observasi berbagai bentuk DAS.

d. Metode Gama I

Metode Gama I merupakan metode yang diperkenalkan oleh Sri Harto yang didasari dari penelitian 30 DAS didaerah pulau Jawa. Metode ini terbentuk dari empat komponen hidrograf yaitu waktu dasar, waktu naik, debit puncak, dan sisi resesi yang memiliki nilai koefisien tampungan.

## 2.4 Pemodelan Banjir

Dalam mengestimasi model banjir rencana di suatu daerah tangkapan, adapun faktor terjadinya banjir yang perlu diketahui sehingga dapat dijadikan sebagai tolak ukur dalam permodelan antara lain seperti keadaan alam sekitar (misalkan geografis suatu daerah), geometri sungai (misalkan penyempitan ruas sungai dan sedimentasi), alih fungsi lahan, kondisi topografi, dan pemanasan global yang menyebabkan kadar air laut menjadi meningkat (Triamodjo, 2014).

Terdapat beberapa pemodelan banjir dalam skala DAS dan biasa digunakan pada daerah aliran sungai di Indonesia yaitu:

a. Model HEC-HMS

Model HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System*) merupakan model yang dikembangkan oleh *US Army Corps of Engineers (USACE)-Institute for Water Resources*. Model ini merupakan hasil pengembangan sebelumnya yaitu HEC-1. Model ini dapat digunakan untuk menghitung volume *runoff*, *baseflow* dan *channel flow*. Salah satu keunggulan model ini yaitu menggunakan konsep GIS dalam menyelesaikan modelnya selain itu model ini digunakan pada DAS yang berukuran besar (Munajad, 2015).

b. Model SWAT

Model SWAT dikembangkan oleh Jeff Arnold dari *USDA Agricultural Research Service (ARS)* pada sekitaran tahun 1990 yang merupakan model hidrologi skala DAS. Model ini berbasis raster dan shape file, dimana pengguna dapat lebih mudah menjalankan aplikasi ini, namun model ini bekerja dengan data yang cukup detail sehingga perlu beberapa pendekatan (Setiawan, 2014).

c. Model WMS (*Watershed Modelling System*)

Model WMS (*Watershed Modelling System*) merupakan model dikembangkan oleh *Environmental Modeling Research Laboratory* (ECGL) dari Universitas Brigham Young yang bekerja sama dengan *US Army Corps of Engineers* (USACE). Model ini merupakan perangkat lunak berbasis sistem informasi geografis (GIS) yang merekam data spasial DAS seperti panjang sungai, kemiringan lereng, penggunaan lahan, dan jenis tanah. Model WMS ini mendukung model hidrologi yang bermanfaat seperti HEC-1, namun model ini memiliki lisensi berbayar (Tikno, 2017).

## 2.5 Model HEC-HMS

Model HEC-HMS adalah perangkat lunak komputer digunakan dalam mensimulasikan aliran yang berasal dari karakteristik DAS dan curah hujan sebagai masukan. Model ini diperkenalkan oleh Pusat Teknik Hidrologi (HEC) dari Korps Zeni Angkatan Darat Amerika Serikat (USACE) (Munajad, 2015).

Menurut Rizal (2021), perangkat lunak HEC-HMS dalam aplikasi memiliki bagian pendukung untuk menjalankan simulasi, yaitu:

- a. *Basin model* memiliki fungsi untuk membuat skema kondisi fisik suatu DAS sesuai dengan kondisi sebenarnya atau menampilkan peta suatu DAS.
- b. *Meteorological model* memiliki fungsi untuk menghubungkan komponen meteorology seperti untuk menginput data curah hujan wilayah.
- c. *Control specification* memiliki fungsi untuk memberikan interval waktu pemodelan, waktu dimulainya perhitungan dan waktu akhir pemodelan.
- d. *Time-series data* memiliki fungsi sebagai input data yang diperlukan seperti data curah hujan dan debit sungai.

Dalam simulasi HEC-HMS menggunakan beberapa elemen yaitu *subbasin*, *source*, *reach*, *diversion*, *reservoir*, *junction*, dan *sink*. Untuk mengetahui nilai akurasi model, model ini dikalibrasi terlebih dahulu. Proses kalibrasi membutuhkan data curah hujan dan debit limpasan observasi. Jika hasil simulasi sudah mendekati dengan nilai pengukuran yang diamati maka mempunyai tingkat reliabilitas yang baik (Ulfah, 2020).

### 2.5.1. *Loss method* (Proses Kehilangan Air)

*Curve Number* dapat digunakan untuk menghitung laju aliran permukaan secara sederhana. Model ini banyak digunakan terutama dalam perhitungan hidrologi. Metode *curve number* merupakan pendekatan yang digunakan untuk mengestimasi aliran permukaan (*run off*) dari hubungan antara hujan, tutupan lahan serta kelompok hidrologis tanah (*Cover complex classification*). Berikut adalah persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung nilai CN:

$$CN_{\text{kom}} = \frac{\sum A_i \times CN_i}{\sum A_i} \quad (8)$$

keterangan:

$CN_{\text{kom}}$  = nilai kurva komposit,

$A_i$  = luas DAS (Km),

$CN_i$  = nilai CN.

Menurut Sitanggang (2014), adapun persamaan untuk menghitung curah hujan efektif dari hujan yang terjadi, seperti berikut;

$$P_e = \frac{(P - 0,2 S)^2}{P + 0,8 S} \quad (9)$$

keterangan:

$P_e$  = kedalaman hujan efektif (mm),

$P$  = kedalaman hujan (mm), dan

$S$  = infiltrasi maksimum (mm).

Untuk mendapatkan nilai infiltrasi maksimum dapat menggunakan persamaan seperti berikut:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (10)$$

keterangan:

$S$  = infiltrasi maksimum (mm), dan

$CN$  = *curve number*.

### 2.5.2. *Transform* (Hidrograf Satuan Sintetik)

Waktu konsentrasi ( $T_c$ ) merupakan waktu yang diperlukan air hujan yang jatuh pada daerah tangkapan (*inlet*) untuk mencapai pada hilir (*outlet*). Persamaan berikut



yang dapat digunakan untuk menentukan waktu konsentrasi ( $T_c$ ) (Sitanggang, 2014):

$$T_c = 0,57 \times A^{0,41} \quad (11)$$

keterangan:

$T_c$  = waktu konsentrasi (jam), dan

$A$  = luas daerah aliran air (km).

Sedangkan persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai waktu tenggang (*time lag*), seperti berikut (Sitanggang, 2014):

$$T_{lag} = 0,6 \times T_c \quad (12)$$

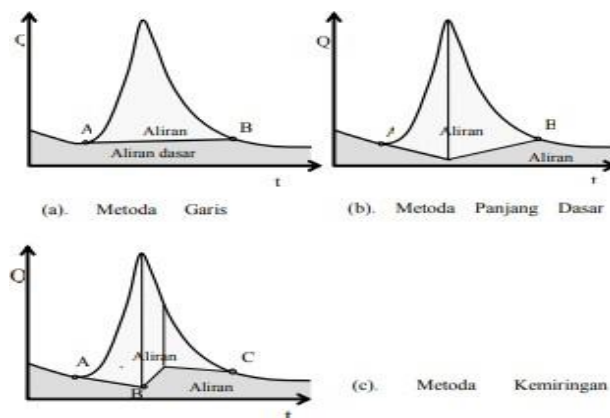
keterangan:

$t_{lag}$  = tenggang waktu (menit), dan

$T_c$  = waktu konsentrasi (jam).

### 2.5.3. Baseflow (Aliran Dasar)

Ada dua komponen dalam pembuatan hidrograf adalah limpasan permukaan dan aliran dasar. Limpasan permukaan berawal dari hasil presipitasi langsung sedangkan aliran dasar merupakan air hujan yang telah terinfiltrasi ke dalam tanah berdasarkan hujan sebelumnya dan keluar secara perlahan ke sungai. Terdapat tiga metode pemisahan aliran dasar yaitu metode batas lurus (*straight line method*), metode kemiringan berbeda (*variable slope method*), dan metode panjang dasar tetap (*fixed based method*) (Limantara, 2018).



Gambar 1. Metode pemisahan aliran dasar (*baseflow*)  
(Sumber: Limantara, 2018).

## 2.6 Validasi Data

Validasi merupakan proses evaluasi terhadap model untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat akurasi yang dimiliki oleh suatu model dalam memprediksi proses hidrologi. Adapun metode yang digunakan dalam memberikan validasi terhadap model yaitu *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE), Root Mean Squared Error (RMSE), Koefisien Determinan ( $R^2$ ) (Jarwanti, 2021).

Efisiensi *Nash-Sutcliffe* (NSE) adalah distribusi normal yang menghitung selisih antara perbedaan observasi dan simulasi sebagai tolak ukur untuk mengetahui perbedaan data observasi. Adapun persamaan untuk menghitung nilai Efisiensi *Nash-Sutcliffe* yaitu (Zulaeha, 2020):

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X - Y)^2}{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2} \quad (13)$$

keterangan:

NSE = koefisien *Nash-Sutcliffe*,

n = jumlah data debit,

Y = nilai debit aliran hasil simulasi ( $m^3/s$ ),

X = nilai debit aliran hasil observasi ( $m^3/s$ ),

$\bar{X}$  = rata-rata nilai debit aliran hasil observasi ( $m^3/s$ ).