

**PENDUGAAN DEBIT ALIRAN PERMUKAAN DI SUB DAS  
KAMPILI DENGAN MENGGUNAKAN MODEL HEC-HMS**

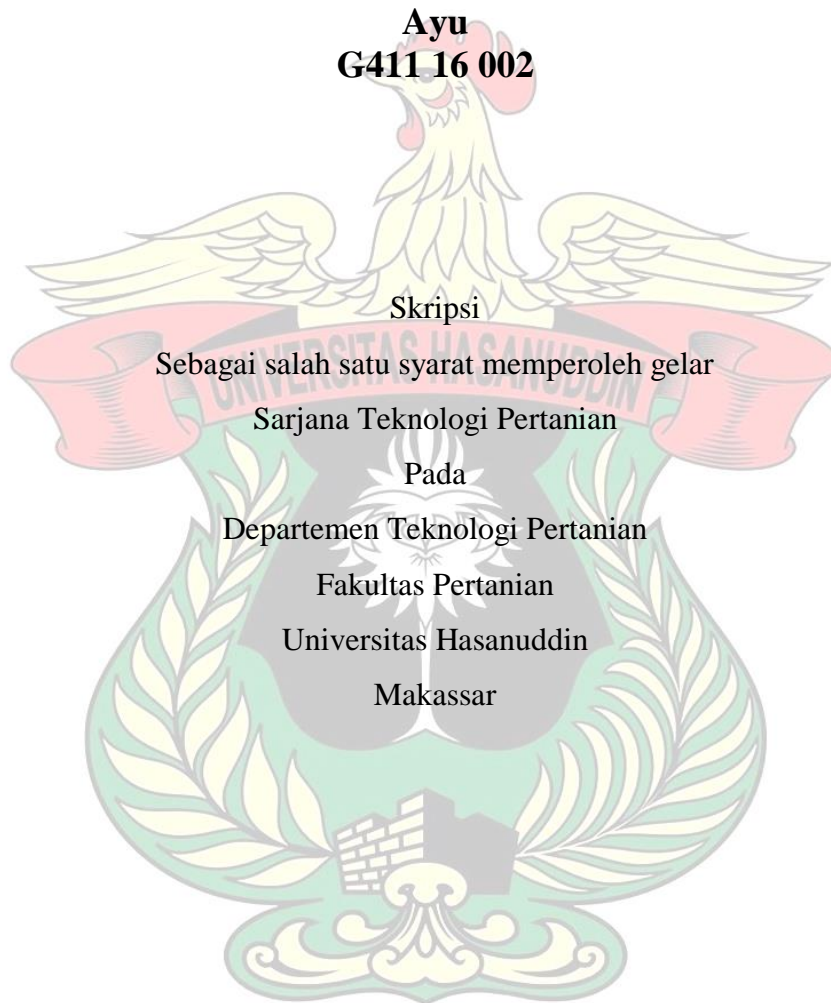
**Ayu  
G411 16 002**



**PROGRAM STUDI KETEKNIKAN PERTANIAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

**PENDUGAAN DEBIT ALIRAN PERMUKAAN DI SUB DAS  
KAMPILI DENGAN MENGGUNAKAN MODEL HEC-HMS**

**Ayu  
G411 16 002**



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  
2021**

# LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

## PENDUGAAN DEBIT ALIRAN PERMUKAAN DI SUB DAS KAMPILI DENGAN MENGGUNAKAN MODEL HEC-HMS

Disusun dan diajukan oleh

AYU  
G411 16 002


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Keteknikan Pertanian  
Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 7 Juli 2021

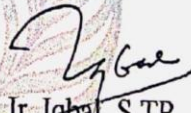
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,



Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

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

  
Dr. Ir. Iqbal, S.TP., M.Si.  
NIP. 19781225 200212 1 001

Ketua Program Studi

  
  
Dr. Ir. Iqbal, S.TP., M.Si.  
NIP. 19781225 200212 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ayu  
NIM : G411 16 002  
Program Studi : Teknik Pertanian  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul **Pendugaan Debit Aliran Permukaan di Sub DAS Kampili dengan 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, Juni 2021

Yang Menyatakan



## ABSTRAK

AYU (G411 16 002). Pendugaan Debit Aliran Permukaan di Sub DAS Kampili dengan Menggunakan Model HEC-HMS. Pembimbing: MAHMUD ACHMAD dan IQBAL

Sub-DAS Kampili merupakan salah satu daerah yang cukup rawan karena berbatasan langsung dengan DAS Jeneberang sehingga memudahkan terjadinya luapan air sungai. Penggunaan lahan yang berubah-ubah mengikuti penambahan penduduk menjadi salah satu penyebabnya. Selain itu, juga dipengaruhi oleh pola pembangunan wilayah yang membuat debit aliran sungai semakin meningkat. Model HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Centre- Hydrologic Modeling System*) merupakan suatu program yang dapat memberikan simulasi hidrologi dari puncak aliran harian untuk perhitungan debit banjir rencana dari suatu DAS. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui tingkat kevalidan model HEC-HMS dalam memprediksi terjadinya banjir dan mengetahui besarnya debit banjir rencana yang akan terjadi selama periode ulang 2, 5, 20 dan 50 tahun di sub DAS Kampili. Dalam pemodelan HEC-HMS ada beberapa input yaitu data curah hujan, data debit, data penggunaan lahan, serta jenis tanah yang terdapat di sub DAS Kampili. Hasil yang diperoleh ada tiga yaitu kalibrasi, validasi dan hujan rencana. Tahap kalibrasi diperoleh perbandingan nilai observasi dengan nilai simulasi model. Pada tahap validasi digunakan metode nilai *Nash-Sutcliffe Efisiensi* (NSE). Nilai NSE yang diperoleh yaitu 0,589. Berdasarkan data tersebut maka HEC-HMS cukup valid dalam memprediksi kejadian banjir di sub DAS Kampili. Hujan rencana pada setiap periode ulang 2, 5, 20 dan 50 tahun diperoleh *peak discharge* berturut-turut yaitu 217,1 m<sup>3</sup>/s, 246,7 m<sup>3</sup>/s, 275,1 m<sup>3</sup>/s dan 289,8 m<sup>3</sup>/s.

**Kata Kunci:** Debit aliran, HEC-HMS, *Nash-Sutcliffe Efisiensi* (NSE).

## **ABSTRACT**

AYU (G411 16 002). "The Estimation of Surface Run-off in Sub Watershed Kampili using the HEC-HMS Model " Supervisors: MAHMUD ACHMAD and IQBAL

*The Kampili sub watershed is one of the areas quite prone because it is directly adjacent to the Jeneberang watershed, making it easier for river water to overflow. Changes in land use following population growth are one of the causes. In addition, it is also influenced by regional development patterns, which causes the flow of river flows to increase. The HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System) model is a program that can provide hydrological simulations of the daily peak flow for the calculation of the planned flood discharge from a watershed. The purpose of this study is to determine the validity level of the HEC-HMS model in predicting flooding and to determine the amount of planned flood discharge that would occur during the 2, 5, 20 and 50 years return periods in the Kampili sub watershed. In the HEC-HMS modeling there are several are rainfall data, discharge data, land use data, and soil types in the Kampili sub watershed. There are three results obtained, namely calibration, validation and rain plan. In the calibration stage, the difference between the observed value and the model simulation value is obtained. At the validation stage, the Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) value method is used. The NSE value obtained is 0,589. Based on these data, the HEC-HMS is quite valid in predicting flood events in the Kampili sub-watershed. The planned rain for each return period of 2, 5, 20 and 50 years, the peak discharge is obtained respectively, namely 217,1 m<sup>3</sup>/s, 246,7 m<sup>3</sup>/s, 275,1 m<sup>3</sup>/s and 289,8 m<sup>3</sup>/s.*

**Keywords:** Flow rate, HEC-HMS, Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE).

## PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT., karena atas rahmat dan nikmat-Nya sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penulis memahami 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. **Bapak Sodding, Ibu Harmiati**, saudara-saudaraku serta keluarga besar yang selalu memberikan dukungan, motivasi, kasih sayang dan doanya mulai dari awal perkuliahan hingga penulis dapat menyelesaikan tahap akhir yaitu penyusunan skripsi.
2. **Dr. Ir. Mahmud Achmad, M.P.** sebagai pembimbing pertama dan **Dr. Ir. Iqbal, S.TP, M.Si.** sebagai pembimbing kedua yang telah memberikan kontribusi yang sangat berarti berupa bimbingan dan arahan mulai dari penyusunan proposal, penelitian hingga penyelesaian skripsi.
3. **Dosen-dosen Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian** yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan serta pengalaman selama proses perkuliahan.
4. **Kak Bur** salah satu pegawai di kantor pengamat kampili yang memberikan arahan mulai dari proses persuratan hingga penyelesaian penelitian.
5. **Wahyuni, Asyraf, Burhan, Wahyudi, Yordan dan Dewi** yang telah membantu dalam proses penelitian mulai survey lokasi hingga penelitian berlangsung. Serta teman-teman “**REAKTOR 16**”, yang membantu dalam penyusunan tugas akhir entah itu berupa ide, semangat dan dukungan.
6. **Indah, Ratna, Atika, Suleha, dan Afni** tempat berbagi kisah, pendengar setia, yang telah memberikan dukungan, motivasi serta membantu dalam penyelesaian skripsi.

Semoga segala kebaikan mereka akan berbalik ke mereka sendiri dan semoga Allah SWT. senantiasa membalas segala kebaikan mereka dengan kebaikan dan pahala yang berlipat ganda. Aamiin.

Makassar, Juni 2021

Ayu



## RIWAYAT HIDUP



**Ayu** lahir di Buttu pada tanggal 25 Agustus 1997, dari pasangan bapak Sodding dan Ibu Harmiati, anak kedua dari sembilan bersaudara. Jenjang pendidikan formal yang pernah dilalui adalah:

1. Memulai pendidikan taman Kanak-kanak pada Satu Atap SDN 272 Kec. Lembang tahun 2004.
2. Melanjutkan pendidikan dasar di SD Negeri 272 Lembang, pada tahun 2004 sampai tahun 2010.
3. Melanjutkan pendidikan jenjang menengah pertama di SMP Negeri 3 Lembang pada tahun 2010 sampai tahun 2013.
4. Melanjutkan pendidikan di jenjang menengah atas di SMA Negeri 8 Pinrang, pada tahun 2013 sampai tahun 2016
5. Melanjutkan pendidikan di Universitas Hasanuddin Makassar, Fakultas Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian pada tahun 2016.

Selama menempuh pendidikan di dunia perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi kampus yaitu sebagai pengurus di Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin (HIMATEPA UH) periode 2017/2018. Selain itu, penulis juga aktif di luar organisasi kampus yang dikenal dengan organisasi daerah yaitu menjadi anggota dari KMP (Kerukunan Mahasiswa Pinrang). Penulis juga aktif menjadi dalam bidang akademik dengan mengikuti berbagai macam seminar dan menjadi asisten dalam arahan *AgriCultural Engineering Study Club* (AESC).



## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT.....	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 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan dan Kegunaan .....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Daerah Aliran Sungai (DAS).....	3
2.2 Curah Hujan .....	5
2.3 Hidrograf Aliran.....	8
2.4 Permodelan banjir .....	9
2.5 HEC-HMS.....	10
2.6 <i>Nash-Sutcliffe Efficiency</i> (NSE).....	13
3. METODOLOGI PENELITIAN .....	14
3.1 Waktu dan Tempat.....	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Prosedur Penelitian .....	14
3.4 Bagan Alir Penelitian.....	17
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	18
4.1 Deskripsi Wilayah dan karakteristik Sub DAS Kampili.....	18
4.2 Permodelan HEC-HMS .....	21

4.3 Kalibrasi .....	23
4.4 Validasi .....	24
4.5 Simulasi Hujan-Aliran .....	25
5. PENUTUP .....	28
Kesimpulan .....	28
DAFTAR PUSTAKA .....	29
LAMPIRAN .....	31

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1. Bentuk DAS .....	3
Gambar 2-2. Prinsip hidrograf satuan .....	8
Gambar 2-3. Metode pemisahan aliran langsung.....	13
Gambar 3-1. Bagan Alir Penelitian.....	17
Gambar 4-1. Peta administrasi Sub DAS Kampili.....	18
Gambar 4-2. Peta penggunaan lahan.....	19
Gambar 4-3. Peta jenis tanah .....	20
Gambar 4-4. Model basin HEC-HMS.....	21
Gambar 4-5. Pemisahan aliran dasar debit observasi.....	22
Gambar 4-6. Grafik perbandingan debit observasi dan simulasi setelah validasi.	23
Gambar 4-7. Grafik nilai sebaran data debit observasi dan simulasi model setelah validasi .....	25
Gambar 4-8. Grafik CH jam-jaman untuk periode ulang 2,5,20 dan 50 tahun.....	26
Gambar 4-9. Grafik simulasi hujan-aliran .....	27

## DAFTAR TABEL

Tabel 2-1. Laju infiltrasi tanah berdasarkan kelas tekstur tanah .....	4
Tabel 2-2. Nilai parameter jenis metode sebaran.....	7
Tabel 2-3. Nilai parameter untuk kalibrasi HEC-HMS .....	11
Tabel 2-4. Kriteria nilai <i>Nash Sutcliffe Efficiency</i> (NSE) .....	13
Tabel 4-1. Data penggunaan lahan Sub DAS kampili .....	19
Tabel 4-2. Data jenis tanah di Sub DAS Kampili .....	20
Tabel 4-3. Nilai <i>curve number</i> , <i>initial abstraction</i> dan <i>impervious</i> .....	22
Tabel 4-4. Nilai <i>lag time</i> .....	22
Tabel 4-5. Parameter kalibrasi .....	24

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Nilai Kurva .....	31
Lampiran 2. Perhitungan curah hujan dengan menggunakan <i>polygon thiessen</i> ...	32
Lampiran 3. Perhitungan curah hujan dengan distribusi normal .....	33
Lampiran 4. Perhitungan curah hujan dengan metode sebaran Log Person III ...	34
Lampiran 5. Pengujian Dispersi .....	35
Lampiran 6. Perhitungan Chi Kuadrat .....	36
Lampiran 7. Perhitungan curah hujan rencana metode distribusi normal.....	37
Lampiran 8. Konversi CH harian ke CH jam-jaman.....	38
Lampiran 9. Kalibrasi dan Validasi .....	39
Lampiran 10. Curah hujan – aliran .....	51

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting bagi makhluk hidup. Jika dilihat dari tingkat ketersediaan air pada suatu daerah dengan daerah lainnya memiliki tingkat kebutuhan yang berbeda-beda dan juga bersifat dinamis dari waktu ke waktu. Sumber air di alam dapat memberikan keuntungan dan kerugian bagi manusia. Manfaat yang dapat dirasakan oleh manusia seperti sebagai sumber irigasi atau pengairan lahan pertanian, pembangkit listrik maupun kebutuhan sehari-hari. Selain itu, sumber air juga berguna sebagai peredam banjir, cadangan air tanah dan pengendalian erosi lahan. Akan tetapi, sumber air juga memiliki kekurangan diantaranya akan menyebabkan banjir pada musim hujan jika pengelolaannya tidak baik (Suprayogi, 2015).

Kabupaten Gowa merupakan salah satu wilayah dengan potensi sumber daya lahan beragam, mulai dari pertanian, perkebunan, wisata air dan wisata alam. Menurut hasil Penelitian (Awaliyah *et al*, 2020), Sub DAS Kampili yang terletak di Kecamatan Pallangga merupakan salah satu daerah yang cukup rawan karena berbatasan langsung dengan DAS Jeneberang, sehingga memudahkan terjadinya luapan air sungai.

Faktor penyebab tingginya debit aliran permukaan diantaranya yaitu populasi penduduk yang semakin meningkat sehingga membutuhkan ruang yang cukup memadai, tingginya curah hujan pada suatu wilayah serta terjadinya kerusakan karena penggunaan lahan yang kurang tepat. Penebangan hutan secara liar menyebabkan terjadinya peningkatan aliran air (*run-off*) permukaan yang cukup tinggi dan tidak terkontrol sehingga terjadinya kerusakan di daerah aliran sungai.

Model HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Centre- Hydrologic Modeling System*) merupakan salah satu sistem yang dapat digunakan dalam simulasi hidrologi untuk perhitungan debit aliran permukaan pada suatu DAS. Dalam permodelan ini digunakan metode *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE), yang digunakan untuk mengetahui perbandingan antara debit simulasi model dengan debit observasi.

Berdasarkan uraian diatas, maka permodelan dan perhitungan debit banjir perlu dilakukan untuk mengetahui penggunaan model HEC-HMS untuk memprediksi besarnya debit aliran pada Sub DAS Kampili serta mengetahui besarnya debit aliran rencana pada pada periode ulang tertentu.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Apakah model HEC-HMS valid digunakan dalam memprediksi besarnya debit aliran pada Sub DAS Kampili?
2. Berapa besar debit maksimum yang akan terjadi pada periode ulang 2, 5, 20, 50 tahun di Sub DAS Kampili?

## **1.3. Tujuan dan Kegunaan**

Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui tingkat kevalidan model HEC-HMS dalam memprediksi besarnya debit aliran. Serta untuk mengetahui besarnya debit maksimum yang akan terjadi selama periode ulang 2, 5, 20 dan 50 tahun di Sub DAS Kampili.

Kegunaan penelitian ini yaitu dapat dijadikan sebagai dasar dalam perencanaan, pengembangan bangunan air.



## 2. TINJAUAN PUSTAKA

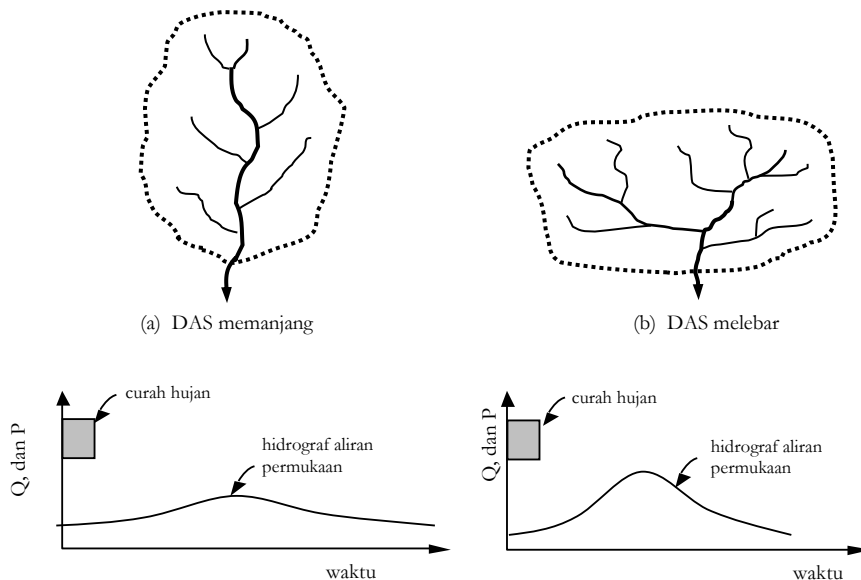
### 2.1. Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu wilayah tangkapan air yang dapat memberikan pengaruh besar terhadap ketersediaan air dalam suatu daerah, sehingga dalam proses pengelolaan DAS membutuhkan perencanaan yang sebaik mungkin. DAS pada umumnya dibatasi oleh batas topografi berupa punggung bukit. Pemisah topografi ialah pemisah antara wilayah sungai yang satu dengan wilayah sungai yang lainnya (Handayani, 2016).

Menurut Handayani (2016), Daerah Aliran Sungai (DAS) memiliki beberapa karakteristik yaitu:

a. Bentuk DAS (*Watershed shape*)

Bentuk DAS sangat mempengaruhi waktu konsentrasi air hujan yang mengalir ke tempat keluarnya air (*outlet*). Bentuk DAS berbeda-beda, sehingga semakin bulat suatu DAS maka waktu konsentrasi yang dibutuhkan untuk sampai pada titik *outlet* semakin singkat dan fluktuasi banjir semakin tinggi. Sedangkan sedangkan lonjong bentuk DAS maka waktu konsentrasi yang di butuhkan untuk sampai pada titik *outlet* semakin lama dan fluktuasi banjir semakin rendah (Wiyanti, 2012).



Gambar 2-1. Bentuk DAS  
(Sumber: Handayani, 2016).

b. Daerah pengaliran (*Drainage area*)

Laju dengan volume aliran permukaan akan bertambah besar seiring dengan bertambahnya luas DAS. DAS dibatasi oleh pegunungan yang berfungsi sebagai batas (*river divide*) sehingga air hujan akan mengalir dan berakhir pada satu *outlet*.

c. Luas DAS

Luas DAS dapat memberikan dampak terhadap debit sungai. Semakin besar DAS maka jumlah limpasan permukaan semakin besar sehingga aliran permukaan atau debit sungai juga semakin besar.

d. Panjang DAS (*Watershed length*)

*Watershed length* merupakan jarak yang diukur sepanjang sungai utama mulai dari *outlet* sampai batas DAS.

e. Kemiringan lereng DAS (*Watershed slope*)

Kemiringan lereng DAS merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap suatu limpasan permukaan. Hal ini menggambarkan tingkat perubahan elevasi dalam jarak tertentu sepanjang arah aliran utama.

f. Jenis tanah

Jenis tanah memiliki tingkat kapasitas infiltrasi yang beragam, semakin besar kapasitas infiltrasi suatu jenis tanah dan curah hujan yang singkat maka semakin kecil laju debit.

Tabel 2-1. Laju infiltrasi tanah berdasarkan kelas tekstur tanah

<b>Grup Tanah</b>	<b>Laju Infiltrasi (mm/jam)</b>	<b>Tekstur</b>
A	8 – 12	Pasir, pasir berlempung dan lempung berpasir
B	4-8	Lempung berdebu, lempung
C	1-4	Lempung pasir berliat
D	0-1	Lempung berliat, lempung debu berliat, liat berpasir, liat berdebu, liat

Sumber : Takko *et al.* (2013)

g. Tata Guna Lahan

Perubahan penggunaan lahan memiliki dampak yang cukup besar pada tanah, air dan atmosfer. Selain itu perubahan penggunaan lahan sangat berpengaruh terhadap iklim begitupun sebaliknya perubahan iklim juga memiliki pengaruh

terhadap penggunaan lahan di masa yang akan datang. Penutupan lahan oleh vegetasi dapat mempengaruhi proses aliran air yang meliputi beberapa tahap yaitu intersepsi, perlindungan agregat tanah, infiltrasi, serapan air dan drainase *landscape* (Suprayogi *et al*, 2015).

## 2.2. Curah Hujan

Intensitas hujan merupakan volume hujan tiap satuan waktu. Besarnya tingkat intensitas hujan berbeda-beda, tergantung dari berapa lama curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Ketika curah hujan semakin meningkat maka akan menimbulkan dampak negatif. Sehingga dibutuhkan curah hujan dalam penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air serta rencana pengendalian banjir. Terdapat beberapa metode dalam perhitungan curah yaitu metode rata-rata aritmatika (aljabar), metode *polygon thiessen* dan metode *isohyet* (Solichin, 2016).

Analisis frekuensi merupakan hasil rangkaian analisis hidrologi berdasarkan besarnya hujan yang terjadi pada periode ulang yang ditentukan. Dalam analisis frekuensi ada beberapa parameter yang harus diperhitungkan yaitu nilai rata-rata ( $\bar{X}$ ), standar deviasi ( $S_d$ ), koefisien variasi ( $C_v$ ), koefisien kemencengan ( $C_s$ ), dan koefisien kurtosis ( $C_k$ ) (Harto, 1994).

a. Nilai rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (1)$$

keterangan:

$\bar{X}$  = nilai rata – rata curah hujan,

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

$n$  = jumlah data curah hujan.

b. Standar deviasi

Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata–rata, maka nilai standar deviasi ( $S_d$ ) akan besar, akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata – rata, maka  $S_d$  akan kecil. Standar deviasi dapat dihitung dengan rumus:

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

keterangan:

$S_d$  = standar deviasi curah hujan,

$\bar{X}$  = nilai rata – rata curah hujan,

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

$n$  = jumlah data curah hujan.

c. Koefisien variasi

Koefisien variasi (*coefficient of variation*) adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata – rata dari suatu sebaran.

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}} \quad (3)$$

keterangan:

$C_v$  = koefisien variasi curah hujan,

$S_d$  = standar deviasi curah hujan,

$\bar{X}$  = nilai rata – rata curah hujan.

d. Koefisien *skewness*

Koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan (*assymetry*) dari suatu bentuk distribusi.

Berikut persamaan koefisien kemencengan:

$$C_s = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (4)$$

keterangan:

$C_s$  = koefisien kemencengan curah hujan,

$\bar{X}$  = nilai rata – rata dari data sampel curah hujan,

$X_i$  = curah hujan ke – i,

$n$  = jumlah data curah hujan

e. Koefisien kurtosis

Koefisien kurtosis adalah suatu nilai yang menunjukkan keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

Koefisien kurtosis digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi, dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C_k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{S_d^4} \quad (5)$$

keterangan:

$C_k$  = koefisien kurtosis curah hujan,

$n$  = jumlah data curah hujan,

$X_i$  = curah hujan ke  $- i$ ,

$\bar{X}$  = nilai rata – rata dari data sampel,

$f_i$  = nilai frekuensi variat ke  $- i$ ,

$S_d$  = standar deviasi.

Dalam penentuan curah hujan rencana digunakan pengukuran dispersi selain itu penggunaan jenis metode sebaran yang dipakai karena tidak semua jenis metode sebaran sesuai dengan kondisi wilayah penelitian. Terdapat beberapa jenis metode sebaran digunakan dalam perencanaan banjir yaitu Gumbel, Log-Pearson III, Log-Normal, dan Normal (Pasa *et al*, 2017).

Tabel 2-2. Nilai parameter jenis metode sebaran

	<b>Gumbel</b>	<b>Log-Person III</b>	<b>Log Normal</b>	<b>Normal</b>
Parameter	$C_s \approx 1,14$	$C_s \neq 0$	$C_s \approx 1,14$	$C_s \approx 0$
	$C_k \approx 5,40$	$C_v \approx 0,3$	$C_k \approx 5,38$	$C_k \approx 3$

Sumber: Pasa *et al*. (2017)

Dalam pencatatan curah hujan biasanya dalam bentuk data hujan harian, jam-jaman atau menitan. Interval waktu pencatatan yang digunakan itu pendek agar distribusi hujan yang terjadi selama hujan dapat diketahui. Data dari distribusi hujan dapat digunakan sebagai masukan untuk mendapatkan hidrograf aliran. Menurut Triatmodjo (2009), terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan distribusi hujan rencana yaitu:

1. Metode Tadashi Tanimoto

Metode ini mengembangkan distribusi curah hujan jam-jaman yang dapat digunakan di pulau jawa.

2. Metode ABM (*Alternating Block Method*)

ABM (*Alternating Block Method*) merupakan salah satu metode yang menggunakan cara sederhana untuk membuat hidrograf dari kurva IDF. Hasil dari hidrografnya yaitu hujan yang terjadi dalam rangkaian interval waktu yang berurutan dengan durasi.

### 3. Metode Mononobe

Dalam perencanaan, curah hujan yang ditetapkan berdasarkan analisis perlu diubah menjadi lengkung intensitas curah hujan. Lengkung tersebut diperoleh berdasarkan data curah hujan dengan rentan waktu yang pendek seperti menit atau jam. Perhitungan distribusi hujan dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (6)$$

keterangan:

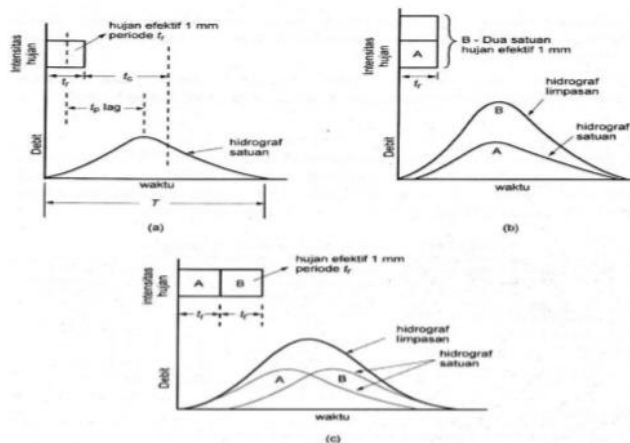
$I_t$  = intensitas curah hujan untuk lama hujan  $t$  (mm/jam)

$t$  = lama curah hujan (jam)

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

### 2.3. Hidrograf Aliran

Hidrograf satuan merupakan hidrograf limpasan langsung yang disebabkan oleh hujan efektif sebesar 1 mm yang terjadi secara merata di suatu permukaan DAS dengan intensitas hujan yang tetap dalam durasi tertentu. Hidrograf satuan merupakan model sederhana yang menyatakan respon DAS terhadap hujan. Tujuan dari hidrograf satuan adalah untuk memperkirakan hubungan antara hujan efektif dan aliran permukaan (Triatmodjo, 2009).



Gambar 2-2. Prinsip hidrograf satuan

Sumber: Triatmodjo (2009)

Hidrograf satuan sintetik merupakan salah satu metode yang dikembangkan oleh Dinas Konservasi Tanah Amerika Serikat. Parameter yang digunakan pada metode ini yaitu bilangan kurva yang meliputi bagaimana penggunaan lahan dan jenis tanah. Menurut Triatmodjo (2009), terdapat beberapa metode yang biasa

diguankan dalam hidrograf satuan sintesis yang didasarkan pada karakteristik fisik dari DAS yaitu:

1. Metode *Snyder*

Metode *snyder* merupakan metode yang dikembangkan oleh F.F *Snyder* dari Amerika Serikat pada tahun 1938. Metode ini memanfaatkan parameter DAS untuk memperoleh hidrograf satuan sintesis. Input dari metode ini yaitu data AWLR, data pengukuran debit, data hujan harian dan data hujan jam-jaman.

2. Metode SCS (*Soil Conservation Service*)

Metode SCS dikembangkan dari analisis sejumlah besar hidrograf satuan dari data lapangan dengan berbagai ukuran DAS dan lokasi yang berbeda. Metode SCS merupakan metode yang hidrografnya tak berdimensi.

3. Metode Gamma I

Metode gamma I dikembangkan oleh Sri Harto pada tahun 1993-2000 berdasar perilaku hidrologi 30 DAS di pulau Jawa. Metode ini terdiri dari empat variabel yaitu waktu naik (*time of rise-TR*), debit puncak ( $Q_p$ ), waktu dasar ( $T_B$ ) dan sisi resisi yang ditentukan oleh nilai koefisien tampungan ( $K$ ).

4. Metode Nakayasu

Metode hidrograf satuan sintesis Nakayasu dikembangkan berdasar beberapa sungai di Jepang pada penelitian Soemarto tahun 1987.

## **2.4. Permodelan Banjir**

Dalam permodelan banjir rencana pada suatu DAS perlu diketahui beberapa faktor-faktor penyebab banjir agar dapat dijadikan sebagai acuan dalam permodelan. Faktor-faktor tersebut yaitu kondisi alam (seperti letak geografis wilayah), kondisi topografi, geometri sungai (seperti meandering, penyempitan ruas sungai, sedimentasi serta adanya ambang atau pembendungan alami pada ruas sungai), degradasi lahan, serta pemanasan global yang menyebabkan kenaikan permukaan air laut. Menurut Harsoyo (2010), terdapat beberapa model hidrologi skala DAS dan aplikasinya di Indonesia yaitu:

1. 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.

## 2. Model TOPOG

Model TOPOG dikembangkan oleh CSIRO (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*) *Land and Water dan Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology*, Australia. Model ini dapat digunakan untuk memprediksi banjir, penilaian kemungkinan longsor, penyebaran erosi dan sedimentasi, penilaian habitat ekologi, dan produksi air pada suatu DAS.

## 3. Model ANFIS

Model ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) merupakan model yang dikembangkan oleh Unit Pelaksana Teknis Hujan Buatan Badan pengkajian dan Penerapan Teknologi (UPT HB-BPPT) yang bekerjasama dengan Departemen geofisika dan Meteorologi Fakultas Ilmu Kebumihan dan teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung (Dep. GM FIKTM-ITB) pada tahun 2002. Model ini dapat digunakan untuk memprediksi banjir. Luaran dari model ANFIS yaitu berupa prediksi banjir dari variabel TMA dan curah hujan.

## 2.5. HEC-HMS

HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Centre - Hydrologic Modeling System*) merupakan model yang dikembangkan oleh *Hydrologic Engineering Centre* (HEC) dari *US Army Corps of Engineers* (USACE). HEC-HMS digunakan dalam simulasi perhitungan aliran berdasarkan hujan dan karakteristik suatu DAS yang dijadikan sebagai *input* (Munajad, 2015).

Menurut Pratiwi (2011), model HEC-HMS terdiri dari beberapa komponen pendukung yaitu:

1. *Basin model manager* dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi fisik suatu DAS.
2. *Meteorological model manager* digunakan untuk menampilkan serta memasukkan komponen meteorologi terutama untuk memasukkan nilai *polygon thiessen*.

3. *Control specification manager* digunakan untuk mengatur rentang waktu simulasi, waktu perhitungan dan waktu akhir simulasi.
4. *Time-series data manager* digunakan untuk memasukkan data yang diperlukan seperti data curah hujan serta debit

Terdapat beberapa unsur yang digunakan dalam komponen HEC-HMS yaitu *subbasin, reach, junction, source, sink, reservoir* dan *diversion*. Untuk meningkatkan keakuratan model maka terlebih dahulu Model hidrologi hasil HEC-HMS dikalibrasi. Pada proses kalibrasi dibutuhkan data curah hujan limpasan hasil pengamatan. Apabila hasil model sesuai dengan nilai teramati dari pengukuran maka model memiliki tingkat kepercayaan tinggi (Anggraeni, 2018).

Tabel 2-3. Nilai parameter untuk kalibrasi HEC-HMS

Model	Parameter	Min	Max
SCS Loss	<i>Initial abstraction</i>	0 mm	100 mm
	<i>Curve number</i>	1	100
SCS UH	<i>Lag</i>	0,1 min	250 m <sup>3</sup> /s
Baseflow	<i>Initial baseflow</i>	0 m <sup>3</sup> /s	100 m <sup>3</sup> /s
	<i>Recession factor</i>	0,00001	1
	<i>Flow-to-peak ratio</i>	0	1

Sumber: Zulaeha *et al.* (2020).

#### 1. *Loss rate method*

*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:

$$CN_{kom} = \frac{\sum A_i \times CN_i}{\sum A_i} \quad (7)$$

keterangan:

- CN<sub>kom</sub> = CN komposit,
- A<sub>i</sub> = luas DAS (km) dan
- CN<sub>i</sub> = nilai CN

Menurut Triatmodjo (2009), dalam menghitung hujan efektif dari hujan deras, dapat digunakan persamaan berikut:

$$P_e = \frac{(P-0,25)^2}{P+0,8S} \quad (8)$$

keterangan:

$P_e$  = kedalaman hujan efektif (mm)

$P$  = kedalaman hujan (mm)

$S$  = potensi retensi atau infiltrasi maksimum (mm)

untuk menghitung retensi potensial maksimum dapat digunakan persamaan berikut:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (9)$$

keterangan:

$S$  = potensi retensi atau infiltrasi maksimum (mm)

CN = *curve number*

## 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*). Berikut persamaan yang dapat digunakan untuk mengetahui waktu konsentrasi ( $T_c$ ) (Sitanggang, 2014):

$$T_c = 0,57 \times A^{0,41} \quad (10)$$

keterangan:

$T_c$  = waktu konsentrasi (jam)

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

sedangkan untuk mengetahui nilai tenggang waktu (*time lag*), dapat menggunakan persamaan berikut (Sitanggang, 2014):

$$t_{lag} = 0,6 \times T_c \quad (11)$$

keterangan:

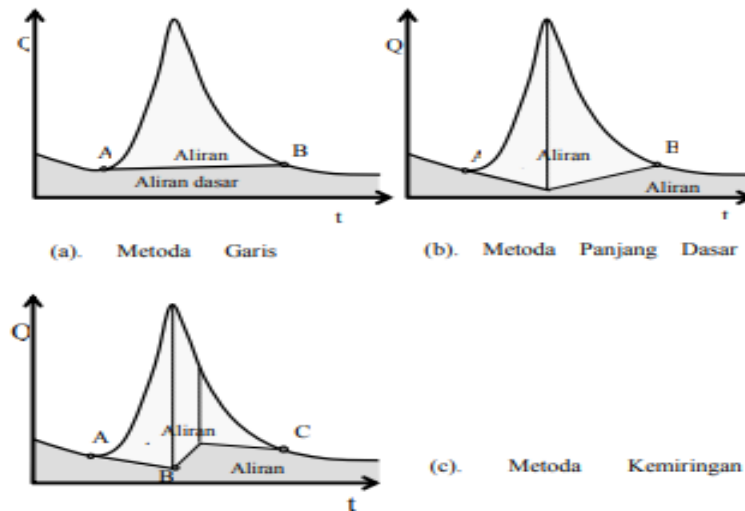
$t_{lag}$  = tenggang waktu (menit)

$T_c$  = waktu konsentrasi (jam)

## 3. *Base Flow*

Dalam penyusunan hidrograf ada dua komponen yaitu aliran permukaan dan aliran dasar (*base flow*). Aliran permukaan biasanya berasal dari aliran langsung air hujan. Sedangkan *base flow* adalah aliran air yang tertahan berdasarkan hujan sebelumnya

yang tertampung sementara di dalam tanah. Metode pemisahan air langsung ada 3 yaitu metode garis lurus (*straight line method*), metode panjang dasar tetap (*fixed based method*) dan metode kemiringan berbeda (*variable slope method*) (Hendrayani, 2007).



Gambar 2-3. Metode pemisahan aliran langsung. (Sumber: Hendrayani, 2007)

## 2.6. Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)

*Nash-Sutcliffe efficiency* (NSE) adalah sebaran normal yang menentukan jarak perbedaan antara pengukuran dan simulasi yang dibandingkan dengan perbedaan data pengukuran. Adapun persamaan NSE yaitu Zulaeha *et al.* (2020):

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X - Y)^2}{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2} \quad (12)$$

keterangan:

NSE = koefisien *Nash-Sutcliffe*,

n = jumlah data,

Y = nilai dari hasil permodelan ( $m^3/s$ ),

X = nilai dari hasil pengamatan ( $m^3/s$ ) dan

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

Tabel 2-4. Kriteria nilai *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE)

Nilai NSE	Interpretasi
$NSE > 0,75$	Baik
$0,36 > NSE < 0,75$	Memuaskan
$NSE < 0,36$	Kurang memuaskan

Sumber: Suhartanto (2019)