

BAB II

Tinjauan Pustaka

2.1 Sungai

“Sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 tahun 2011 Tentang Sungai , 2011). Hampir setiap daerah didunia ini terdapat sungai sebagai drainase alami yang dapat dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari.

2.1.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan DAS adalah sistem ekologi alami yang terbatas oleh pegunungan. Hujan yang turun di wilayah ini akan mengalir melalui sungai-sungai yang pada akhirnya menuju laut atau danau (Halim, 2014). Daerah aliran sungai dibagi dalam 3 bagian yaitu zona hulu, zona tengah, dan zona hilir, 3 zona ini memiliki karakteristik atau ciri-ciri yang berbeda sehingga dalam pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) memiliki perbedaan juga. Pengelolaan daerah aliran sungai (DAS).

2.1.2 Topografi

Topografi merupakan ilmu planet yang mencakup analisis mengenai morfologi permukaan serta karakteristik fisik dari benda-benda astronomi seperti planet, bulan, dan asteroid (Respatti, Goejantoro, & Sri, 2014). Dalam topografi diperlihatkan relief permukaan, identifikasi jenis lahan, dan model tiga dimensi yang akan mempengaruhi sistem pengaliran (*drainage pattern*) pada suatu daerah, wilayah penampungan air hujan, dan kondisi hidrologi. Peta topografi dapat digunakan dalam mengidentifikasi daerah aliran air (DAS), terdapat beberapa model permukaan bumi yaitu *Digital Terrain Model (DTM)*, *Digital Surface Model (DSM)*, dan terakhir yang paling sering digunakan yaitu *Digital Elevation Model (DEM)*.

Digital Elevation Model (DEM) adalah gambaran statistic permukaan tanah yang terdiri titik-titik dengan koordinat X,Y,dan Z

dalam suatu sistem koordinat tertentu (Sauda, Nugraha, & Hani'ah, 2019). *Digital Elevation Model* (DEM) menyajikan data visualisasi topografi dan juga ketinggian muka tanah, *Digital Terrain Model* (DTM) dan *Digital Surface Model* (DSM) juga menyajikan data ketinggian permukaan bumi tetapi terdapat sejumlah perbedaan. *Digital Terrain Model* (DTM) menyajikan data ketinggian permukaan bumi berupa permukaan tanah (*terrain*) tanpa objek apapun di atasnya. *Digital Surface Model* (DSM) menyajikan data ketinggian permukaan bumi dan juga objek yang berada di atasnya seperti vegetasi dan bangunan.

Data DEMNAS merupakan data yang dibuat oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) menggantikan Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL) sesuai dengan Undang-Undang No. 4 Tahun 2011 Tentang Informasi Geospasial (IG). DEMNAS menjadi salah satu data yang digunakan dalam melakukan penelitian ini.

2.2 Banjir

Banjir merupakan suatu kondisi dimana aliran air tidak dapat ditampung oleh saluran pembuangan seperti sungai ataupun terhambatnya aliran air dalam saluran tersebut (Astuti & Sudarsono, 2018). Banjir adalah salah satu bencana alam yang terjadi apabila kapasitas penampang sungai tidak mampu menampung kapasitas volume aliran pada sungai sehingga tinggi muka air akan melampaui dari tepi sungai dan terjadi luapan. Menurut (Sarmidi & Rahmat, 2019) Banjir adalah ancaman musiman yang timbul ketika air dari saluran meluap dan menyebabkan genangan di sekitarnya. Banjir menjadi bencana alam yang paling sering terjadi dan sangat merugikan. Banjir memiliki jenis dan karakteristik yang berbeda-beda tetapi semuanya memberikan dampak kepada lingkungan dan masyarakat. Berikut merupakan jenis dari banjir.

- a) **Banjir genangan**, merupakan banjir yang paling sering terjadi di daerah perkotaan. Penyebab terjadinya banjir ini dikarenakan sistem drainase tidak mampu menampung air hujan yang berlebihan dan air hujan juga tidak terserap dengan baik sehingga mengakibatkan terjadi

genangan di jalan, halaman rumah atau toko, dan daerah yang lebih rendah.

- b) **Banjir rob**, merupakan banjir yang disebabkan oleh kenaikan air laut yang tidak biasa tinggi dan masuk ke daratan hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti perubahan astronomis, cuaca ekstrem, dan badai tropis. Banjir rob dapat menyebabkan kerusakan parah pada infrastruktur daerah pesisir, habitat alam, dan masyarakat di pesisir Pantai.
- c) **Banjir bandang**, merupakan banjir yang terjadi dikarenakan curah hujan yang sangat tinggi pada daerah pegunungan ataupun dapat terjadi karena hancunya dinding penahan sungai atau waduk. Banjir ini biasanya membawa material lain seperti batu, pohon, dan lumpur sehingga memberikan dampak yang cukup besar kepada masyarakat seperti kerusakan bangunan, infrastruktur, dan bahkan sampai kehilangan nyawa.

Banjir tidak hanya menyebabkan kerusakan fisik pada infrastruktur dan property, tetapi banjir juga berdampak langsung kepada berbagai aspek seperti social, ekonomi, dan juga lingkungan. Berikut merupakan dampak dari banjir.

- a) Kerusakan infrastruktur, seringkali banjir menyebabkan kerusakan pada infrastruktur seperti pada jalan, jembatan, bangunan, sistem saluran air dan lain-lain. Kerusakan pada infrastruktur akan berdampak pula kepada aktivitas ekonomi masyarakat dan kerusakan ini membutuhkan biaya yang cukup besar untuk perbaikan.
- b) Dampak sosial, dampak ini berkaitan dengan masyarakat langsung meliputi evakuasi, luka-luka, dan bahkan korban jiwa. Dampak secara tidak langsung seperti penyakit, kekurangan makanan, kekurangan air bersih.
- c) Dampak lingkungan, dampak yang menyebabkan kerusakan erosi tanah, pencemaran air, dan hilangnya habitat satwa liar.
- d) Dampak ekonomi, aktivitas ekonomi yang terganggu akibat banjir terbagi dalam berbagai sektor yaitu sektor pertanian, sektor perdagangan, sektor pariwisata, dan sektor industri. Dampak ini sangat mengganggu terhadap pendapatan dan kesejahteraan masyarakat.

Dari dampak-dampak diatas tentu saja banjir sangat mempengaruhi masyarakat sehingga perlu adanya upaya-upaya untuk menanggulangi permasalahan banjir yang terjadi ini agar masyarakat tidak hidup dalam kekhawatiran.

2.2.1 Penanggulangan Banjir

Penanggulangan banjir merupakan serangkaian upaya yang dilakukan untuk mengurangi risiko dan dampak negatif yang ditimbulkan oleh banjir. Menurut (Fitriani, 2021) secara filosofi terdapat tiga metode dalam menanggulangi banjir.

1. Memindahkan masyarakat dari daerah rawan banjir. Cara ini merupakan cara yang cukup membutuhkan biaya besar dan juga masyarakat belum tentu mau untuk pindah.
2. Memindahkan banjir dari masyarakat. Cara ini paling sering digunakan oleh pemerintah dikarenakan masyarakat yang tidak mau pindah dari tempat asal mereka sehingga pemerintah harus mencari cara agar tidak terjadi banjir dengan cara normalisasi sungai, mengeruk sedimentasi, serta membuat tanggul.
3. Hidup berdampingan dengan banjir. Masyarakat bisa hidup berdampingan dengan banjir jika membangun rumah-rumah panggung setinggi diatas muka air banjir.

Selain penanggulangan banjir secara filosofi terdapat pula penanggulangan secara normatif yaitu metode struktur dan manajemen hulu sungai.

1. Metode struktur merupakan dengan cara membangun konstruksi sipil seperti waduk di hulu, kolam retensi di hilir, tanggul banjir sepanjang sungai, pengerukan, dan pelebaran aliran sungai. Cara ini tentunya membutuhkan biaya yang sangat besar tapi memiliki manfaat yang luar biasa bagi masyarakat. Tentunya dalam pembangunan diperlukan perencanaan yang matang dan tingkat pengaruh terhadap banjir.
2. Manajemen hulu sungai merupakan cara untuk memanajemen sungai pada bagian hulu yang bisa saja menyebabkan banjir seperti pengendalian erosi, pengendalian pemanfaatan perizinan

lahan, konservasi lahan, pengawasan kawasan lindung, dan peran masyarakat dalam kegiatan konservasi.

Dalam (PERMENHUB, 2018) Pengerukan adalah pekerjaan mengubah bentuk dasar perairan untuk mencapai kedalaman dan lebar yang dikehendaki atau untuk mengambil material dasar perairan yang dipergunakan untuk keperluan tertentu.

2.3 Analisis Hidrologi

Menurut (Syarifudin, 2017) dalam buku “Hidrologi Terapan” menyatakan bahwa hidrologi merupakan siklus air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui beberapa tahap yaitu kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi. Analisis hidrologi diperlukan dalam proses perancangan bangunan air agar dapat mencari debit banjir rencana periode ulang dan desain bangunan air sesuai dengan kebutuhan dalam menanggulangi debit banjir tersebut.

2.3.1 Analisis Curah Hujan

Berdasarkan SNI 2415:2016 dalam menganalisis curah hujan terdapat tiga metode yang dapat digunakan yaitu, metode aritmatik, thiessen, dan isohiet.

1. Metode Aritmatik

Metode ini melakukan pengukuran pada beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dan dijumlahkan kemudian dibagi dengan jumlah stasiun. Cara ini merupakan metode yang sederhana untuk menghitung rerata curah hujan.

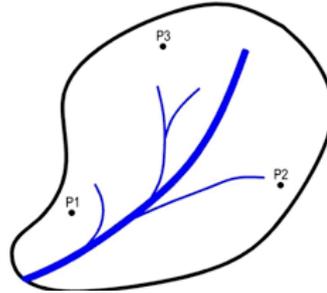
$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}$$

Keterangan:

\bar{P} = Tinggi hujan rata-rata (mm);

P_1, \dots, P_n = Tinggi hujan pada setiap stasiun (mm);

n = Jumlah stasiun hujan



Gambar 2. 1 Metode Aritmatik (Adam, Saidah, & Hanifah, 2019)

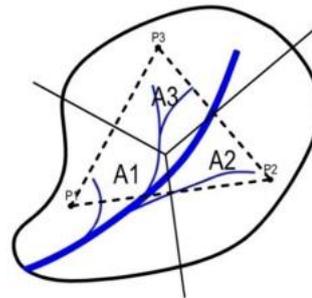
2. Metode Thiessen

Metode Thiessen merupakan metode yang memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitar. Hasil yang diberikan oleh metode ini lebih teliti dibandingkan dengan metode aritmatika, tetapi pengamatan akan mempengaruhi hasil yang didapatkan.

$$\bar{P} = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + \dots + A_nP_n}{A_{\text{total}}}$$

Keterangan:

- \bar{P} = Tinggi hujan rata-rata kawasan (mm);
- P_1, \dots, P_n = Tinggi hujan pada setiap stasiun (mm);
- A_1, \dots, A_n = Luas daerah garis polygon (km²)



Gambar 2. 2 Metode Thiessen (Adam, Saidah, & Hanifah, 2019)

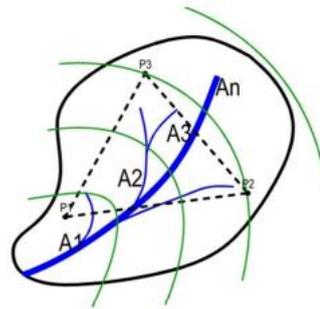
3. Metode Isohyet

Metode isohyet adalah metode untuk menentukan garis yang menghubungkan titik-titik yang memiliki kedalaman hujan yang sama, metode ini dianggap metode yang paling akurat dibandingkan dengan metode lainnya (Nurhijriah, Ruhiat, Saefullah, & Rostikawati, 2022).

$$\bar{P} = \frac{\frac{A_1\{P_1 + P_2\}}{2} + \frac{A_2\{P_2 + P_3\}}{2} + \dots + \frac{A_n\{P_n + P_{n+1}\}}{2}}{A_{\text{total}}}$$

Keterangan:

- \bar{P} = Curah hujan rata-rata kawasan (mm);
 P_1, \dots, P_n = Curah hujan pada setiap garis isohyet (mm);
 A_1, \dots, A_n = Luas yang dibatasi oleh 2 garis isohyet (km²)
 A_{total} = Luas total DAS (km²)



Gambar 2. 3 Metode Isohyet (Adam, Saidah, & Hanifah, 2019)

2.3.2 Data Curah Hujan Hilang

Dalam mendapatkan data curah hujan terkadang terdapat data yang kurang lengkap dari stasiun hujan. Data yang kurang lengkap perlu diisi untuk menganalisis banjir rencana. Menurut SNI 2415:2016 terdapat metode dalam mengisi data yang kurang lengkap tersebut sebagai berikut.

- 1) Menentukan rata-rata curah data hujan pada stasiun hujan lainnya yang berdekatan dan mempunyai data lengkap. hal ini dapat dilakukan jika data curah hujan tahunan normal kurang dari 10% dari stasiun hujan terdekat dengan stasiun yang memiliki data curah hujan hilang.
- 2) Perhitungan nilai ratio hujan tahunan dengan rumus:

$$P_x = \frac{1}{n} \left[P_a \frac{A_{nx}}{A_{na}} + P_b \frac{A_{nx}}{A_{nb}} + P_c \frac{A_{nx}}{A_{nc}} + \dots + P_n \frac{A_{nx}}{A_{nn}} \right]$$

Keterangan:

- P_x = Curah hujan pada stasiun yang datanya tidak lengkap (mm);
 $P_{a,b,c}$ = Curah hujan dari stasiun a, b, dan c (mm);
 A_x = Curah hujan tahunan pada stasiun yang datanya tidak lengkap (mm);
 $A_{a,b,c}$ = Curah hujan tahunan dari stasiun a, b, dan c (mm);

n = Jumlah data

Metode ini dapat dilakukan apabila curah hujan tahunan terdapat perbedaan lebih besar 10% pada stasiun terdekat dengan stasiun pada data yang hilang.

2.3.3 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi bertujuan untuk menemukan korelasi antara suatu kejadian ekstrim (minimum atau maksimum) dan seberapa sering kejadian tersebut terjadi dengan menggunakan distribusi probabilitas (Nuryono & Ramdaniah, 2015). Analisis frekuensi merupakan proses mengevaluasi pola dan distribusi frekuensi kejadian curah hujan dalam suatu periode tertentu.

2.3.3.1 Parameter Statistik

Parameter statistik digunakan untuk menggambarkan karakteristik suatu populasi atau distribusi data. Perhitungan dalam parameter statistik meliputi nilai rata-rata, standar deviasi, koefisien kemiringan, koefisien kurtosis, dan koefisien variasi.

a. Nilai rata-rata (\bar{X})

- Distribusi Normal dan Gumbel

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

- Distribusi Log Normal dan Log Pearson III

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n \log(x_i)}{n}$$

b. Standar Deviasi

- Distribusi Normal dan Gumbel

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

- Distribusi Log Normal dan Log Pearson III

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^2}{n-1}}$$

c. Koefisien Kemiringan atau Skewness (C_s)

- Distribusi Normal dan Gumbel

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S_d^3}$$

- Distribusi Log Normal dan Log Pearson III

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \log \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S_d^3}$$

d. Koefisien Kurtosis (C_k)

- Distribusi Normal dan Gumbel

$$C_s = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S_d^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4$$

- Distribusi Log Normal dan Log Pearson III

$$C_s = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)(S_d)^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4$$

e. Koefisien Variasi (C_v)

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{x}}$$

Keterangan:

- \bar{x} = Nilai rata-rata curah hujan
- x_i = Nilai curah hujan ke - i
- n = Jumlah data curah hujan
- S_d = Standar Deviasi
- C_v = Koefisien variasi curah hujan
- C_k = Koefisien kortusis
- C_v = Koefisien Variasi

2.3.3.2 Distribusi Frekuensi

Analisis distribusi curah hujan menurut SNI 2415:2016 terdapat beberapa metode yaitu normal, log normal, *log pearson III*, dan gumbel.

A. Distribusi Normal

Dalam analisis hidrologi, distribusi normal digunakan untuk mengevaluasi frekuensi curah hujan, analisis statistik dari curah hujan tahunan, dan debit rata-rata tahunan. Distribusi normal juga dikenal sebagai sebaran *Gauss* karena karakteristik yang simetris dan mencerminkan distribusi alamiah fenomena hidrologis.

$$X_t = \bar{x} + z \cdot S_x$$

Keterangan

X_t = Curah hujan rencana (mm/hari)

\bar{X} = Curah hujan maksimum rata-rata (mm/hari)

S_x = Standar Deviasi (Lampiran)

z = Faktor frekuensi (Lampiran)

B. Distribusi Log Normal

$$\text{Log}X_T = \text{Log}\bar{x} + S_d \text{Log}x K_T$$

Keterangan :

X_T = Tinggi curah hujan pada periode ulang T tahun (mm/hari)

\bar{X} = Curah hujan rata-rata (mm/hari)

S_d = Standar Deviasi

K_T = Standar variable untuk periode ulang tahun (Lampiran)

C. Distribusi *Log pearson III*

$$\text{Log}X_T = \text{Log}\bar{x} + S_d \text{Log}x K_T$$

Keterangan :

$\text{Log}X_T$ = Tinggi curah hujan pada periode ulang T tahun (mm/hari)

\bar{X} = Curah hujan rata-rata (mm/hari)

S_d = Standar Deviasi

K_T = Standar variable untuk periode ulang tahun (Lampiran)

D. Distribusi Gumbel

$$X_T = \bar{X} + S_d K_T$$

$$K_T = \frac{(Y_T - Y_n)}{S_n}$$

Keterangan :

X_T = Tinggi curah hujan pada periode ulang T tahun
(mm/hari)

\bar{X} = Curah hujan rata-rata (mm/hari)

S_d = Standar Deviasi

K_T = Standar variable untuk periode ulang tahun
(Lampiran)

Y_T = Reduksi variat (lampiran)

Y_n = Rerata reduksi (lampiran)

S_n = Standar deviasi reduksi (lampiran)

Dalam pemilihan jenis distribusi yang digunakan terdapat syarat dalam SNI 2415:2016:

Table 2 1 Pemilihan Sebaran

Jenis Sebaran	Syarat
Normal	$C_s = 0$
	$C_k = 3$
Log Normal	$C_s = C_v^2 + 3 C_v$
	$C_k = 5,383$
	$C_v \sim 0,06$
Log Pearson III	$C_s \neq 0$
	$C_k = 5,383$
	$C_v \sim 0,3$
Gumbel	$C_s = 1,14$
	$C_k = 5,4$

2.3.3.3 Uji

Kecocokan

Distribusi

Diperlukan uji kecocokan distribusi frekuensi sampe data terhadap fungsi distribusi peluang yang dapat menggambarkan distribusi frekuensi (Kementerian PUPR, 2018). Terdapat dua metode dalam pengujian kecocokan distribusi frekuensi menggunakan uji kecocokan Chi-kuadrat (Chi-square) dan uji

kecocokan Smirnov-kolmogorov.

1. Uji Chi-Square

cdvsvsvjs

$$G = 1 + 3,322 \text{Log}n$$

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

$$E_i = \frac{n}{G}$$

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

Keterangan:

X_h^2 = Parameter chi-square terhitung

G = Koefisien kurtosis

E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok

O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok

DK = Derajat kebebasan

P = Untuk distribusi normal dan binomial = 2

Untuk distribusi gumbel dan poisson = 1

2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov digunakan untuk menghindari hilangnya informasi data pada uji Chi-Square akibat pengelompokan data dalam kelas-kelas interval.

a. Pengurutan data dari yang besar ke yang kecil atau sebaliknya dan tentukan besar peluangnya pada masing-masing data.

$$X_1 = p(X_1);$$

$$X_2 = p(X_2);$$

$$X_3 = p(X_3) \text{ dan seterusnya.}$$

b. Pengurutan masing-masing data peluang teoritis dari hasil penggambaran data.

$$X_1 = P'(X_1);$$

$$X_2 = P'(X_2);$$

$$X_1 = P'(X_3); \text{ dan seterusnya.}$$

- c. Kedua nilai peluang diatas dapat ditentuka selisih tersebarnya antar peluan pengamatan dengan peluan teoritis.

$$D = \text{Maksimum} (P(X_n) - P'(X_n))$$

- d. Nilai D_{Kritis} harus lebih besar dibandingkan dengan $D_{maksimum}$. Nilai D_{Kritis} dapat dilihat dalam lampiran.

2.3.4 Intensitas Hujan Rencana

Menurut (Kementerian PUPR, 2018) intensitas hujan adalah kuatitas air hujan yang jatuh dan dinyatakan dalam bentuk tinggi curah hujan ataupun volume curah hujan pada interval tertentu. Analisis intensitas curah hujan dapat dilakukan dari data curah hujan masa lampau (Lubis, 2016). Rumus mononobe sebagai berikut.

$$I = \frac{R_{24}}{t_c} \left(\frac{t_c}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Keterangan:

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum (mm)

t_c = Waktu konsentrasi (jam)

t = Durasi hujan (jam)

2.3.5 Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) Debit Banjir Rencana

Hidrograf adalah representasi visual dari hubungan antara debit air dan waktu disajikan dalam bentuk grafik (Margini, Nusantara, & Ansori, 2017). Dalam istilah hidrograf ada konsep hidrograf satuan yang merupakan hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh curah hujan efektif diseluruh DAS dengan intensitas yang konstan dan dalam interval waktu yang telah ditetapkan.

2.3.5.1 Hidrograf Satuan Sintesis *Soil Conservation service* (SCS)

Victor Mockus pada tahun 1972 mengembangkan metode hidrograf satuan sintesis *soil conservation service* (SCS) di amerika serikat (Sari, Pranoto, & Suryan, 2020). Rumus Hidrograf satuan sintesis *Soil Conservation Service* sebagai berikut.

1. Debit Puncak (Q_p)

$$Q_p = \frac{C A}{T_p}$$

Keterangan:

Q_p = Debit Puncak hidrograf satuan (m^3/s)

C = Konstanta = 2,08

A = Luas DAS (Km^2)

T_p = Durasi yang diperlukan dari awal hujan sampai puncak hidrograf (Jam)

2. Waktu Kelambatan

$t_p = 0,6 T_c$ (Hidrograf Tak Berdimensi)

$t_p = 2,67T_p$ (Hidrograf Segitiga)

Keterangan:

t_p = Waktu antara titik berat curah hujan sampai puncak hidrograf (Jam)

T_c = Waktu konsentrasi
 $= 0,01947L^{0,77}S^{-0,385}$

T = Panjang maksimum sungai (m)

S = Kemiringan DAS

3. Waktu Naik (T_p)

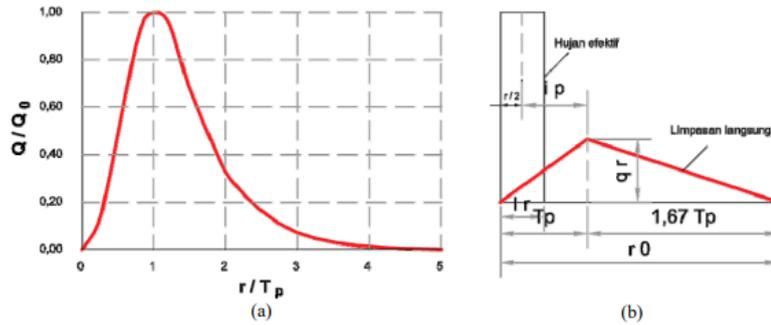
$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p$$

Keterangan:

T_p = Durasi yang diperlukan dari awal hujan sampai puncak hidrograf (Jam)

t_r = Durasi curah hujan efektif (Jam)

t_p = Waktu antara titik berat curah hujan sampai puncak hidrograf (Jam)



(a) Hidrograf tak berdimensi
 (b) Hidrograf satuan segitiga

Gambar 2. 4 Grafik Hidrograf SCS (SNI 1724, 2016)

2.3.5.2 Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

Hidrograf satuan sintesis nakayasu dikembangkan dengan dasar pengamatan dari beberapa sungai dijepang (Jass, Yulia, & Syadida, 2020). Berikut perhitungan rumus menggunakan metode HSS Nakayasu.

- 1) Debit puncak hidrograf satuan sintesis, menggunakan rumus:

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

- 2) Waktu keterlambatan (time lag), menggunakan rumus:

$$T_g = 0,4 + 0,058L, \dots \dots \dots \text{Untuk } L > 15\text{km}$$

- 3) Waktu puncak dan debit puncak hidrograf, menggunakan rumus:

$$T_r = (1 - 0,5)T_g$$

- 4) Waktu permulaan banjir sampai puncak hidrograf, menggunakan rumus:

$$T_p = T_g + 0,8 T_r$$

- 5) Waktu debit saat debit sama dengan 0,3 kali debit pucak, menggunakan rumus:

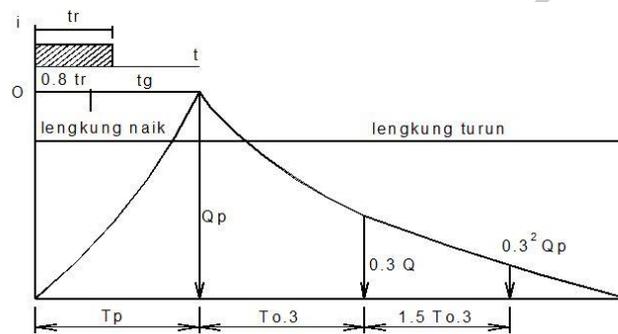
$$T_{0,3} = \alpha T_g$$

Keterangan:

- Q_p = Debit Pucak banjir (m^3/s)
- C = Koefisien aliran permukaan
- A = Luas DAS (km^2)
- R_0 = Curah Hujan (mm)
- T_p = Durasi yang diperlukan dari awal hujan sampai puncak hidrograf (Jam)

- $T_{0,3}$ = Durasi puncak banjir 0,3 kali debit puncak banjir (Jam)
 α = Koefisien DAS (1,5-3,5)
 T_g = Waktu Konsentrasi
 T_r = Durasi curah hujan (jam)

Dalam perhitungan debit banjir per jam dalam hidrograf, penting untuk memperhatikan waktu ketika banjir dan di Indonesia pada umumnya hujan maksimum terjadi selama 6 jam. Berikut merupakan grafik HSS Nakayasu antara waktu dan debit puncak.



Gambar 2.5 Grafik Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

A. Pada lengkung naik ($0 < T < T_p$) menggunakan Persamaan:

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

B. Pada lengkung turun jika ($T_p < t < T_{0,3}$) menggunakan persamaan:

$$Q = Q_p \times 0,3^{\frac{t-T_p}{T_{0,3}}}$$

C. Pada lengkung turun jika ($T_{0,3} < t < 1,5T_{0,3}$) menggunakan persamaan:

$$Q = Q_p \times 0,3^{\frac{(t-T_p) + (0,5 \times T_{0,3})}{1,5 \times T_{0,3}}}$$

D. Pada lengkung turun jika ($t > 1,5T_{0,3}$) menggunakan persamaan:

$$Q = Q_p \times 0,3^{\frac{(t-T_p) + (0,5 \times T_{0,3})}{2 \times T_{0,3}}}$$

2.3.5.3 Hidrograf Satuan Sintesis Snyder

Metode Snyder merupakan metode yang dikembangkan oleh F.F.Snyder dari amerika serikat pada tahun 1938, dengan

memanfaatkan parameter DAS untuk memperoleh hidrograf satuan sintesis. Berikut perhitungan dengan menggunakan metode Snyder:

- A. Waktu mulai titik berat hujan sampai debit puncak (t_p), menggunakan rumus:

$$t_p = C_t(L.L_c)^{0.3}$$

- B. Lama curah hujan efektif (t_c), menggunakan rumus:

$$t_c = \frac{t_p}{5,5}$$

- C. Waktu dasar hidrograf, menggunakan rumus:

$$t_b = 5(t_p + \frac{t_r}{2})$$

- D. Waktu mencapai puncak banjir. Karena

$$t_p = t_p + 0,25(t_R - t_c)$$

- E. Debit puncak banjir, menggunakan rumus:

$$Q_p = 2,78 \frac{C_p x A}{t_p}$$

Keterangan:

t_p = Durasi yang diperlukan dari awal hujan sampai puncak hidrograf (Jam)

C_t = Nilai koefisien waktu (0,75-3,00)

L = Panjang aliran sungai (km)

L_c = Jarak titik berat DAS menuju *outlet* (km)

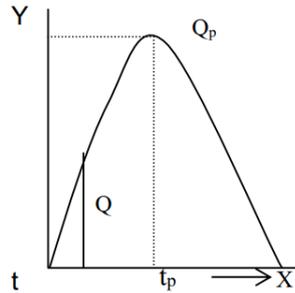
t_c = Durasi curah hujan efektif

t_b = Waktu dasar hidrograf (jam)

t_R = Durasi hujan efektif (jam)

Q_p = Debit puncak banjir (m³/det)

C_p = Nilai koefisien debit (0,9 – 1,4)



Gambar 2. 6 Hidrograf Satuan Sintesis Snyder

Pada grafik hidrograf satuan sintesis Snyder memiliki hubungan debit dengan waktu yang menggunakan persamaan Alexeyev. Rumus-rumusny sebagai berikut.

$$Q = Y \cdot Q_p$$

$$Y = 10 \frac{-a(1-X)^2}{x}$$

$$X = \frac{t}{t_p}$$

$$a = 1,32a^2 + 0,15a + 0,045$$

$$a = \frac{Q_p t_p}{h A}$$

Keterangan:

h = Curah hujan efektif periode ulang (mm)

2.4 Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses dimana material diendapkan setelah diangkut oleh aliran air, angin, es, gletser dalam suatu cekungan (Usman, 2014). Sedangkan menurut (PUPR, 2018) sedimentasi merupakan proses partikel-partikel tanah yang tererosi terangkut dalam air dan kemudian kembali ke dasar aliran saat keceoatan alirannya berkurang. Perubahan pada dasar saluran akibat tranpor sediman ada 2 jenis yaitu agradasi dan degradasi. Agradasi merupakan meningkatnya dasar saluran akibat terjadinya timbunan pada dasar saluran yang dibawa dari bagian hulu, sedangkan degradasi merupakan menurunnya dasar saluran akibat tergerusnya dasar saluran. Terdapat beberapa persamaan angkutan sedimen yang bisa digunakan dalam menganalisis sediman menggunakan HEC-RAS yaitu persamaan Engelund Hansen, Laursen, dan Meyer Peter Muller.

2.4.1 Persamaan Meyer Peter Muller

Persamaan meyer peter muller adalah sebuah persamaan yang digunakan dalam hidrologi untuk menghitung kapasitas sedimen dalam aliran alami (WardhanA, 2015). Dalam persamaan ini terdapat 2 jenis material yaitu suspended load dan bed load.

a. Suspended Load

Suspended load adalah material yang melayang didalam sebuah aliran dan berisi butir-butir pasir halus yang mengambang diatas dasar sungai karena selalu terbawa oleh arus sungai. Berikut persamaan pada suspended load.

$$Q_s = 0,0864 \times C \times Q_w$$

Keterangan:

- Q_s = Beban layang (ton/hari)
- C = Konsentrasi sedimen layang (mg/l)
- Q_w = Debit saluran (m³/det)

b. Bed Load

Bed load adalah material yang bergerak pada dasar sungai yang berupa partikel dengan ukuran besar yang bergerak dengan bergeser, menggelinding, atau meloncat-loncat tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai. Berikut persamaan pada bed load.

$$\gamma \left(\frac{k_s}{k_r} \right)^{3/2} R \times S_s = 0,047 (\gamma_s - \gamma)d + 0,25 \rho^{1/3} q b^{2/3}$$

Keterangan:

- K_s = Koefisien kekasaran
- K_r = Koefisien kekasaran berdasarkan butiran
- γ_s = Berat jenis sedimen (kg/m³)
- γ = Berat jenis air (kg/m³)
- R = Jari-jari hidrolik (m)
- S_s = Kemiringan saluran
- d = Diameter rata-rata partikel
- ρ = Massa jenis (kg/m³)

qb = Tingkat bes load dalam saluran ((kg/s)/m), berat per waktu dan lebar (Ks/Kr)

2.4.2 Persamaan Laursen

$$C_t = 0,01 \gamma \Sigma P_i \left(\frac{d_i}{D}\right)^{7/6} \left(\frac{\tau'}{\tau_{ci}} - 1\right) f\left(\frac{U}{\omega_1}\right)$$

$$\tau' = \frac{pv^2}{58} \left(\frac{d_{50}}{D}\right)^{1/3}$$

Keterangan:

C_t = Konsentrasi rata-rata sedimen (ppm)

ω_1 = Gaya luas kritis untuk ukuran sedimen d_i dari diagram shields (ft/s)

P_i = Persentase material tersedia dalam ukuran fraksi i

τ = Gaya geser pada dasar saluran (lb/ft²)

p = Rapat massa (kg/m³)

v = Kecepatan aliran (ft/s)

d_{50} = Diameter partikel (ft)

D = Kedalaman (ft)

2.4.3 Persamaan Englund Hansen

$$q_s = 0,05 \gamma v^2 \left(\frac{d_{50}}{g \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1\right)}\right)^{1/2} \left(\frac{\tau_o}{(\gamma_s - \gamma)d_{50}}\right)^{3/2}$$

Dengan:

$$\tau_o = \gamma DS$$

$$q_s = W \times q_s$$

$$G_w = \gamma WDV$$

Keterangan:

g = Percepatan gravitasi (ft/s²)

S = Kemiringan

τ = Gaya geser pada dasar saluran (lb/ft²)

v = Kecepatan aliran (ft/s)

d_{50} = Diameter partikel (ft)

2.5 Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika merupakan studi tentang perilaku aliran fluida dalam

sistem saliuhan terbuka maupun tertutup. Analisi hidrolika pemodelan dan analisis terhadap berbagai fenomena hidrolik seperti aliran sungai, saluran irigasi, saluran pembuangan, dan sistem drainase. Analisis hidrolika berguna dalam perencanaan, perancangan, dan pemeliharaan infrastruktur air serta dalam pengelolaan lingkungan dan mitigasi banjir.

A. Persamaan manning

$$Q = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} A$$

B. Persamaan chezy

$$Q = AC\sqrt{RS}$$

$$C = \frac{23 + \frac{0,00155}{S} + \frac{1}{n}}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}} \left(23 + \frac{0,00155}{S} \right)}$$

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

Keterangan:

Q = Kapasitas debit penampang (m^3/det)

A = Luas penampang basah (m^2)

R = Jari-jari hidrolik (m) = A/P

S = Kemiringan pada dasar saluran

C = Koefisien Chezy

n = Koefisien kekasaran Manning untuk saluran

γ = Berat jenis lapisan saluran

2.6 Penelitian Terdahulu

a. Kajian Normalisasi Terhadap Kapasitas Sungai Gude Desa Pulolor Berbasis HEC-RAS

Pada penelitian yang dilakukan oleh Armanda dan Danayanti (2021) dilakukan bertujuan untuk menentukan kapasitas tamping eksisting pada sungai dan kapasitas tamping yang diperlukan untuk menanggulangi banjir. Metode dalam perhitungan debit banjir dalam penelitian ini menggunakan HSS Nakayasu. Analisis hidrologi dalam analisis curah hujan menggunakan metode *polygon thiesse*, distribusi frekuensi dalam analisis frekuensi menggunakan metode *gumbel* dan metode *log pearson III*. Uji kesesuaian

distribusi frekuensi untuk memeriksa kebenaran hipotesis menggunakan metode *Smirnov-kolmogorov*. Hasil dari peneltian ini setelah dianalisis hidrolika menggunakan aplikasi HEC-RAS sungai tidak dapat menampung debit banjir sehingga dibuat simulasi

