

## BAB 2

# TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

### 2.1. Tinjauan Pustaka

Banjir merupakan bagian proses pembentukan daratan oleh aliran sungai. Banjir sering dianggap sebagai naiknya tinggi muka air sungai/waduk yang melebihi keadaan normalnya. Dalam artian lain, banjir dianggap pula meluapnya air melewati batas kapasitas saluran/tampungan yang normal. Banjir dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti curah hujan yang tinggi, kondisi daerah tangkapan air, durasi dan intensitas hujan, *land cover*, kondisi permukaan bumi di kawasan tersebut dan kapasitas serta kondisi jaringan drainase. Maka dari itu, penelusuran banjir sangat diperlukan sebagai prakiraan waktu terjadinya banjir.

Hidrograf banjir dibutuhkan untuk mengetahui informasi tentang debit banjir yang terjadi pada lokasi yang ditinjau. Sehingga, besarnya aliran sungai pada suatu waktu dapat dianalisis. Dalam hal penelusuran banjir (*flood routing*), hidrograf banjir dipandang sebagai prosedur yang dibutuhkan untuk menentukan hidrograf suatu titik di hilir dari hidrograf yang ditentukan dari titik di hulu (Susilowati, 2007).

Hidrograf banjir dapat dilakukan dengan banyak metode. Diantaranya, metode HSS Nakayasu, HSS Gamma I, HSS Snyder, HSS Limantara, dan HSS SCS. HSS SCS dikembangkan oleh Victor Mockus pada tahun 1995 dimana metode ini dapat mempersingkat waktu pengerjaan untuk perhitungan hidrograf. Lathifa Tunnisa (2014), melakukan analisis potensi banjir di DAS Siwaluh Kabupaten Karanganyar. Metode yang digunakan untuk mengetahui debit banjir maksimum adalah metode Hidrograf Satuan Sintetik SCS dan SCS PU yang menggunakan data curah hujan tahun 2003-2012 dari tiga stasiun pencatat hujan yaitu Matesih, Delingan, dan Trani. Hasil dari analisis metode Hidrograf Satuan Sintetik SCS selanjutnya dibandingkan dengan hasil perhitungan debit banjir hujan harian

maksimum tahun 2003-2012, dari kedua metode menghasilkan potensi banjir yang sama.

Penelusuran banjir adalah perkiraan waktu dan besaran banjir di suatu titik aliran sungai dengan titik yang lain. Tujuan dari penelusuran banjir adalah untuk memperkirakan banjir jangka pendek dan memperkirakan kelakuan sungai setelah terjadi perubahan akibat pembangunan seperti pembangunan tanggul (Lily M, 2010).

Banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui perilaku banjir. Penelitian mengenai banjir sering dilakukan untuk memprediksi datangnya banjir dengan memperhitungkan ketinggian dan kecepatan air sungai. Analisis prediksi datangnya banjir dapat dilakukan dengan estimasi dimana salah satu metode yang digunakan adalah metode numerik. Metode ini digunakan berdasar persamaan Saint Vennat.

Banyak penelitian tentang penelusuran banjir di beberapa daerah aliran sungai, diantaranya tercantum pada Tabel 2.1.

Tabel 1.1. *Novelty* Penelitian Model Penelusuran Banjir

Peneliti	Penelitian tentang	Metode	Variabel	Hasil
Linda Fitriana (2012)	Model Penelusuran Banjir Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Hulu dengan Menggunakan Metode Muskingum - Cunge	Muskingum-Cunge	Curah hujan, hidrograf aliran, parameter muskingum cunge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inflow maksimum di DAS Bengawan Solo Hulu sebesar 782,715 m<sup>3</sup>/detik,</li> <li>• Terjadi banjir dengan debit puncak dua tahunan (Q2) sebesar 191,900 m<sup>3</sup>/detik, lima tahunan (Q5) sebesar 256,368 m<sup>3</sup>/detik, dan sepuluh tahunan (Q10) sebesar 299,301 m<sup>3</sup>/detik, masing-masing terjadi pada kilometer ke-3 jam ke-5.</li> </ul>
Wahyu Utomo (2012)	Model Penelusuran Banjir Daerah Aliran Sungai Tirtomoyo dengan Menggunakan Metode Kinematik	Kinematik	Curah hujan, debit banjir rencana, hidrograf debit, parameter kinematik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hubungan debit dan elevasi <math>h = 0,046 \cdot Q^{0,607}</math>,</li> <li>• Hubungan jarak dan elevasi <math>h = 102,8 \cdot L^{-0,50}</math>,</li> <li>• Model hubungan debit dengan elevasi maksimum dan hubungan jarak dengan elevasi maksimum dapat diterima pada toleransi <math>\alpha = 5\%</math> memberikan keandalan sampai 95%.</li> </ul>
M. Siing (2011)	Penyelesaian Numerik Model Penelusuran Banjir Menggunakan Volume Hingga	Volume Hingga	Debit lapangan, parameter penelusuran banjir	<p>Hasil simulasi model penelusuran banjir didapatkan kesimpulan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Semakin besar kecepatan aliran rata-rata pada saluran/sungai maka semakin besar debit aliran yang dihasilkan,</li> <li>• Semakin dangkal suatu aliran sungai maka semakin kecil debit aliran yang dihasilkan.</li> </ul>
Hanif Satria Wardanu (2016)	Penelusuran Banjir dengan Metode Numerik Daerah Aliran Sungai Ngungghahan Wonogiri	Numerik	Curah hujan, hujan wilayah, debit banjir rencana, numerik, elevasi muka air maksimum, tingkat keandalan model	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debit banjir rencana dengan HSS SCS Q5 sebesar 255,863 m<sup>3</sup>/detik dan Q20 sebesar 303,748 m<sup>3</sup>/detik.</li> <li>• Debit banjir rencana yang telah diketahui, selanjutnya diharapkan dapat dijadikan sebagai pedoman pengendalian banjir dengan merencanakan infrastruktur sungai.</li> </ul>

Berbeda dengan penelitian di atas, penelitian “Penelusuran Banjir dengan Metode Numerik Daerah Aliran Sungai Ngungghahan Wonogiri” ini menggunakan metode HSS SCS untuk perhitungan debit banjir dan metode numerik untuk perhitungan penelusuran banjir.

## 2.2. Dasar Teori

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Numerik. Untuk mempermudah jalannya perhitungan, perlu adanya tahapan penyelesaian. Adapun tahapan penelusuran banjir dengan metode Numerik, sebagai berikut :

1. Mempersiapkan data yang mendukung untuk mempermudah jalannya penelitian. Dalam penelitian ini data yang digunakan yaitu data hujan harian tahun 2002-2014 dari tiga stasiun yang telah dipilih pada peta DAS Ngungghahan.
2. Data hujan harian yang didapat, kemudian dijadikan data curah hujan bulanan. Setelah didapatkan data curah hujan bulanan, kemudian dijadikan data curah hujan tahunan. Data hujan tahunan inilah yang digunakan sebagai perhitungan.
3. Data curah hujan tahunan diuji kepengangannya dengan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Setelah konsisten, data hujan harian maksimum tahunan yang merupakan hujan titik lalu diubah menjadi hujan wilayah (curah hujan rata-rata yang mewakili DAS). Apabila data tidak pangkah, perlu dilakukan koreksi terhadap data dengan menambah data hujan yang hilang pada tahun tertentu.
4. Perhitungan hujan wilayah menggunakan metode *Thiessen*. Pemilihan metode ini karena cocok untuk jumlah minimal tiga buah stasiun hujan serta merupakan metode yang paling sering digunakan.
5. Melakukan uji parameter statistik terhadap hujan wilayah untuk mendapatkan nilai standar deviasi (S), koefisien variasi (Cv), koefisien kurtosis (Ck), dan koefisien *skewness* (Cs). Setelah itu melakukan pemilihan distribusi hujan sesuai hasil parameter statistik yang diperoleh. Distribusi hujan yang telah dipilih selanjutnya diuji menggunakan metode *Smirnov-Kolmogorof*,

sehingga analisis frekuensi hujan dapat dihitung sesuai kala ulang yang diperlukan.

6. Hasil hujan kala ulang yang diperoleh selanjutnya dianalisis. Data tersebut akan dipakai dalam perhitungan debit banjir rencana menggunakan Metode HSS SCS. Hidrograf ini menggunakan fungsi hidrograf tanpa dimensi untuk menyediakan bentuk standar hidrograf satuan. Koordinat ini telah ditabelkan, sehingga mempersingkat waktu untuk perhitungan hidrograf.
7. Melakukan perhitungan parameter-parameter Numerik.

### **2.2.1 Data**

Data merupakan faktor penting dalam sebuah penelitian. Dari data dapat diperoleh informasi mengenai hal-hal yang dibutuhkan dalam penelitian. Hasil penelitian ditentukan oleh kesesuaian data dengan pelaksanaan penelitian. Dalam penelitian ada dua tipe data yaitu data primer dan data sekunder.

Data primer adalah data yang didapatkan dengan penelitian langsung di lapangan. Secara langsung peneliti melakukan pengambilan data dari sampel penelitian. Sedangkan data sekunder adalah data yang didapatkan dari dinas terkait. Peneliti tidak secara langsung melakukan penelitian di lapangan. Dalam penelitian ini data yang dibutuhkan adalah data sekunder berupa data hujan sebagai data masukan analisis. Data didapatkan dari Balai Pengelolaan Sumber Daya Air Bengawan Solo. Rentang data hujan yang digunakan adalah tahun 2002-2014. Data diambil dari stasiun hujan Kedunguling, Eromoko, dan Wuryantoro. Ketiga stasiun hujan tersebut mewakili hujan yang terjadi di DAS Ngunggungahan.

### **2.2.2. Daerah Aliran Sungai**

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu daerah yang dapat menampung air hujan untuk dialirkan ke sungai utama melalui sungai-sungai kecil dimana daerah tersebut dibatasi oleh punggung-punggung gunung atau pegunungan. Air hujan yang jatuh akan diterima oleh punggung gunung dan akan melimpas ke sungai (Asdak, 1995).

### 2.2.3. Hujan

Hujan merupakan komponen utama dalam proses hidrologi. Air hujan yang jatuh akan mempengaruhi aliran sungai. Aliran sungai akan terbentuk berdasarkan besarnya kedalaman hujan (*rainfall depth*) di suatu DAS, baik melalui limpasan permukaan (*surface runoff*), aliran antara (*interflow, sub-surface runoff*) maupun sebagai aliran air tanah (*groundwater flow*) (Sri Harto, 1993).

Hujan yang dianalisis dalam penelitian ini adalah tiga stasiun hujan yaitu Stasiun Eromoko, Stasiun Kedunguling, dan Stasiun Wuryantoro dengan rentang data hujan tahun 2002-1014.

### 2.2.4. Menambah Data Hujan yang Hilang Dalam Tahun Tertentu

Data curah hujan yang didapat dari suatu pos penakar hujan tidak sepenuhnya lengkap. Data hujan yang hilang tersebut berupa data-data curah hujan harian. Pada saat tertentu, dapat diisi dengan bantuan data yang tersedia pada pos-pos penakar di sekitarnya pada saat yang sama. Cara yang dipakai dinamakan *ratio normal*. Syarat untuk menggunakan cara ini adalah tinggi curah hujan rata-rata tahunan pos penakar yang datanya hilang harus diketahui, di samping dibantu dengan data tinggi hujan rata-rata tahunan dan data pada pos-pos penakar di sekitarnya.

Jika jumlah penakar untuk menentukan data  $x$  yang hilang adalah sebanyak  $n$ , maka :

$$d_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \frac{A_{nx}}{A_{ni}} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan :

- $d_x$  = data hujan yang hilang,
- $n$  = banyak pos penakar di sekitar X yang dipakai untuk mencari data X,
- $A_{nx}$  = tinggi curah hujan rata-rata di X,
- $A_{ni}$  = tinggi hujan rata-rata tahunan di pos-pos penakar di sekitar X yang dipakai untuk mencari data X yang hilang.

### 2.2.5. Kualitas Data Hujan

Data hujan mempengaruhi ketepatan analisis hujan-aliran. Apabila terdapat kesalahan pada data hujan yang terlalu besar maka hasil analisis yang dilakukan akan diragukan (Sri Harto, 1993). Oleh karena itu, sebelum data digunakan perlu dilakukan uji kualitas data hujan yaitu dengan uji kepanggahan.

Data hujan harian tiap bulan dipilih yang paling maksimum untuk dijadikan sebagai curah hujan bulanan. Setelah didapat curah hujan bulanan pada tiap bulannya maka dapat memilih data yang maksimum dari dua belas bulan tersebut untuk dijadikan curah hujan tahunan. Curah hujan tahunan inilah yang dipakai untuk perhitungan-perhitungan selanjutnya. Data hujan yang dipakai dalam penelitian ini merupakan data hujan tahunan terpanggah dari ketiga stasiun pada DAS Ngunggahan.

### 2.2.6. Uji kepanggahan

Satu seri data hujan untuk satu stasiun tertentu dimungkinkan sifatnya tidak panggah (*inconsistent*). Data semacam ini tidak bisa langsung dianalisis, karena sebenarnya data di dalamnya berasal dari populasi data yang berbeda.

Sebab ketidakpanggahan:

1. Alat ukur yang diganti dengan spesifikasi yang berbeda atau alat yang sama, akan tetapi dipasang dengan patokan ukuran yang berbeda,
2. Alat ukur dipindahkan dari tempat semula, akan tetapi secara administrasi nama stasiun tersebut tidak diubah (misalnya karena masih dalam satu desa yang sama),
3. Alat ukur sama, tempat tidak dipindahkan, akan tetapi lingkungan yang berubah, misalnya semula dipasang di tempat yang, kemudian berubah karena adanya bangunan atau pepohonan yang terlalu besar di sekitarnya.

Hal-hal tersebut membuat data harus diuji kepanggahannya terlebih dahulu. Uji kepanggahan (konsistensi) data digunakan untuk mengetahui kepanggahan terhadap suatu seri data yang diperoleh.

Dalam penelitian ini, pengujian kepanggahan dilakukan dengan RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*) Buishand, 1982, (dalam Sri Harto, 1993). Bila  $Q/n$  yang didapat lebih kecil dari nilai kritik untuk tahun dan *confidence level* yang sesuai, maka data dinyatakan pangghah.

Uji kepanggahan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_y}, \text{ dengan } k = 0, 1, 2, \dots, n \dots\dots\dots (2.2)$$

$$D_y^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \bar{y})^2}{n} \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan:

- $y_i$  = data hujan ke- $i$ ,
- $S_k^{**}$  = hasil nilai uji RAPS,
- $\bar{y}$  = data hujan rerata- $i$ ,
- $D_y$  = standar deviasi,
- $N$  = jumlah data.

Nilai statistik :

$$Q = maks |S_k^{**}|, 0 \leq k \leq n$$

atau

$$R(\text{Range}) = maksimum S_k^{**} - minimum S_k^{**}, 0 \leq k \leq n$$

Nilai kritik Q dan R ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.2. Nilai  $Q/\sqrt{n}$  dan  $R/\sqrt{n}$

n	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$			$\frac{R}{\sqrt{n}}$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,10	1,22	1,42	1,34	1,43	1,60
30	1,12	1,24	1,46	1,40	1,50	1,70
40	1,13	1,26	1,50	1,42	1,53	1,74
50	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,50	1,62	1,86
$\infty$	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2,00

Sumber : Sri Harto, 1993



### 2.2.7. Hujan Wilayah

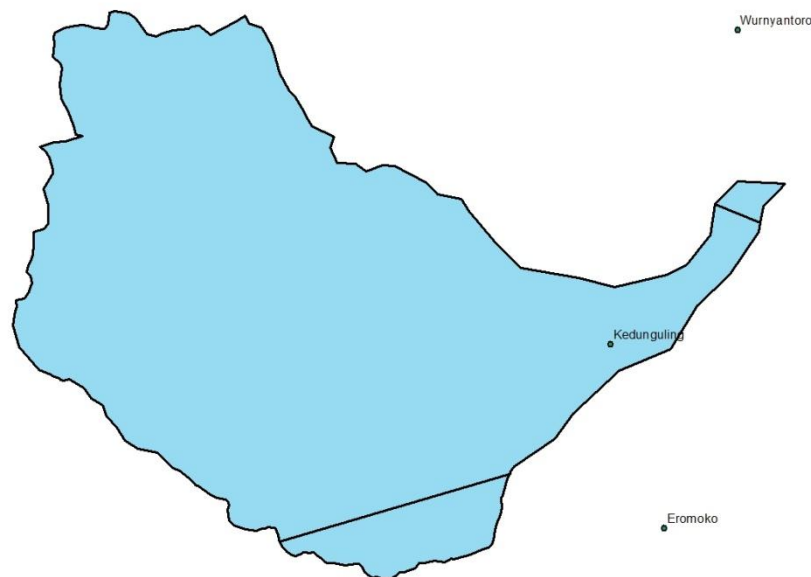
Curah hujan yang diperlukan untuk analisis hujan rancangan adalah data hujan daerah aliran sungai atau hujan kawasan harian maksimum tahunan. Cara yang digunakan dalam perhitungan curah hujan wilayah dari pengamatan curah hujan di beberapa titik, yakni dengan cara poligon Thiessen. Adapun persamaan poligon Thiessen sebagai berikut :

$$d = \frac{1}{A_n} \sum_{i=1}^n A_i \cdot d_i \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan :

- $A_n$  = luas wilayah ( $\text{km}^2$ ),
- $A_i$  = luas daerah pengaruh pos ke - n ( $\text{km}^2$ ),
- $d$  = tinggi curah hujan rerata areal (mm),
- $d_i$  = tinggi curah hujan pos ke - n (mm).

Cara Thiessen ini memberikan hasil yang lebih teliti. Akan tetapi, penentuan titik pengamatan dan pemilihan ketinggian akan mempengaruhi ketelitian yang didapat.



Gambar 2.1. Metode Poligon Thiessen

### 2.2.8. Pengukuran Dispersi

Dalam analisis hidrologi pengukuran dispersi dibutuhkan untuk menentukan jenis sebaran data hujan. Pengukuran dispersi terdiri dari standar deviasi (S), koefisien variasi (Cv), pengukuran kurtois (Ck), dan koefisien kemencengan (Cs). Dalam menentukan koefisien dispersi tidak dilakukan perhitungan. Akan tetapi, diambil dari nilai yang terdapat di Microsoft Excel 2007.

Pengukuran dispersi data berguna untuk menentukan analisis distribusi hujan kala ulang. Parameter statistik untuk menentukan jenis distribusi ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.3. Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi

No.	Jenis Distribusi	Syarat
1.	Normal	Cs = 0 Ck = 3
2.	Log Normal	$Cv^3 + 3Cv$ $Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$   Cs = 0 Ck = 3
3.	Gumbell	Cs = 1,14 Ck = 5,4
4.	Log Pearson tipe III	Jika semua syarat tidak terpenuhi

Sumber : Bambang Triatmojo, 2008.

### 2.2.9. Pengujian Kecocokan Sebaran

Penelitian ini menggunakan uji validitas untuk jenis distribusi yang telah ditentukan dengan menggunakan uji smirnov-kolmogorov. Uji smirnov-kolmogorov adalah uji distribusi terhadap penyimpangan data ke arah horisontal untuk mengetahui suatu data sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih atau tidak (Lili Montarcih, 2010).

Prosedur perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Mengurutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan tentukan besarnya peluang dari masing-masing data tersebut ;

$$X_1 \quad P(X_1),$$

$$X_2 \quad P(X_2).$$

2. Menentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya) :

$$X_1 \quad P'(X_1),$$

$$X_2 \quad P'(X_2).$$

3. Dari kedua nilai peluang tersebut kemudian menentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dengan peluang teoritis.

$$D = \text{maksimum} [ P(X_m) - P'(X_m) ] \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan:

D = Nilai peluang

P(X<sub>m</sub>) = peluang pengamatan,

P'(X<sub>m</sub>) = peluang teoritis.

4. Menentukan nilai kritis D<sub>o</sub> berdasarkan Tabel 2.3.

Tabel 2.4. Nilai Kritis D<sub>o</sub> Untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

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

Sumber : Bonnier, 1980

Catatan :  $\alpha$  = derajat kepercayaan

### 2.2.10. Curah Hujan Rancangan

Perhitungan parameter statistik data menghasilkan bahwa distribusi yang dipakai adalah Log Pearson tipe III. Parameter statistik yang diperlukan ada 3, yaitu :

1. harga rata-rata,
2. penyimpangan baku (standar deviasi),
3. koefisien kemencengan (*skewness*).

Prosedur perhitungan :

1. Mengubah data debit/hujan sebanyak n buah ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) menjadi  $\text{Log } X_1, \text{Log } X_2, \dots, \text{Log } X_n$ .
2. Menghitung nilai rata-rata, nilai standar deviasi, dan nilai koefisien kemencengan yang didapatkan dari fungsi yang ada pada *microsoft excel*,
3. Mencari nilai G  
Nilai G dapat diambil dari tabel lampiran C-1 untuk  $C_s$  positif dan tabel lampiran C-2 untuk  $C_s$  negatif.

4. Menghitung nilai ekstrim (logaritma debit dengan waktu balik yang dikehendaki) :

$$\text{Log } Q = \text{Log } X + G \cdot S \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan :

G = Koefisien Skewness Log Pearson III,

S = Standar deviasi.

5. Mencari antilog dari  $\text{Log } Q$  untuk mendapatkan hujan (debit banjir) rancangan yang dikehendaki.

### 2.2.11. Analisis Pola Hujan

Hujan yang jatuh pada suatu wilayah tertentu memiliki pola agihan hujan jam-jaman. Pola ini penting untuk mengetahui setiap kejadian hujan. Data yang dipakai adalah data hujan harian sehingga setiap kejadian hujan dapat diketahui pola agihan hujannya.

Terdapat beberapa metode dalam penentuan pola agihan hujan. Diantaranya Tadashi Tanimoto, *Alternating Black Method (ABM)*, *Modified Mononobe*, *Triangular Hyetograph Method (THM)*, dan *Instantaneous Intensity Method (ABM)*.

Dalam penelitian ini untuk menentukan pola intensitas hujan digunakan cara *Modified Mononobe*. Perhitungan intensitas hujan menggunakan persamaan Mononobe (Soemarto, 1995).

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} \dots\dots\dots (2.7)$$

dengan:

I = Intensitas Hujan,

t = waktu,

R<sub>24</sub> = tinggi hujan rancangan dalam 24 jam.

### 2.2.12. Perhitungan Debit Banjir

Perhitungan debit banjir sangat penting untuk mengetahui seberapa besaran banjir yang terjadi. Maka dari itu dibutuhkan data debit banjir rencana yang realistis. Apabila data debit banjir tersedia cukup panjang (>20), debit banjir dapat langsung dihitung dengan analisis probabilitas.

Hidrograf satuan merupakan suatu cara untuk memperkirakan penggunaan konsep hidrograf satuan dalam suatu perencanaan yang tidak tersedia pengukuran-pengukuran langsung mengenai hidrograf banjir (Lili Montarcih, 2010). Untuk menghitung debit banjir dalam penelitian ini menggunakan salah satu hidrograf satuan yaitu Metode SCS yang dikembangkan oleh Victor Mockus tahun 1950.

Dengan rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \dots\dots\dots (2.8)$$

$$Pe = \frac{(P-0,2 \cdot S)^2}{(P+0,8 \cdot S)} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$Tc = 0,39 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$Tp = \frac{0,24 \cdot Tc}{2} + tp \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\frac{To}{Tp} = \frac{Tr \cdot Tc}{Tp} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dan untuk persamaan debit puncak:

$$q_p = \frac{A}{T_o \text{ terkoreksi}} \cdot 484 \dots\dots\dots (2.13)$$

$$Q_p = q_p \cdot P_e \cdot 0,028 \dots\dots\dots (2.14)$$

(Ponce,1989)

dengan:

S = infiltrasi maksimum yang mungkin terjadi (cm)

CN = *curve number*

P = kedalaman hujan (mm)

Pe = kedalaman hujan efektif (mm)

L = panjang sungai (km)

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

Tc = waktu konsentrasi (menit)

Tp = waktu puncak (jam)

Tr = satuan durasi hujan (jam)

qp = debit puncak (in)

Qp = debit puncak limpasan (m<sup>3</sup>/detik)

Tabel 2.5. Pengelompokan Tanah Hidrologi

Jenis Tanah	Tingkat perembesan	Kelompok
Pasiran dalam	Tinggi	A
Pasiran dangkal dan tekstur	Sedang	B
Tekstur menengah/berat dan dangkal	Rendah	C
Lempung atau lapisan keras di bawah permukaan tanah	Sangat rendah	D

Sumber: Laporan Proyek Bendung Brangkal

Tabel 2.6. Modifikasi Angka-angka Kurve Limpasan untuk Jawa (AMC II)

Tata guna tanah dan perlakuannya	Kondisi hidrologi	Kelompok Tanah Hidrologi		
		B	C	D
TEGALAN Tanaman yang ditanam sejajar, seperti jagung, tebu, singkong dan berkontur berteras-teras	jelek	74	80	82
	bagus	71	78	81
Tanaman berbiji kecil seperti padi, gogo, berkontur dan berteras teras	jelek	72	79	82
	bagus	70	78	81
Tanaman kacang-kacangan, seperti kedelai, kacang hijau dsb, berkontur dan berteras-teras	jelek	73	80	83
	bagus	67	76	80
Padang rumput, berkontur	jelek	67	81	88
	sedang	59	75	83
	bagus	35	70	79

Tabel 2.6. Modifikasi Angka-angka Kurve Limpasan untuk Jawa (AMC II) (lanjutan)

DAERAH PEGUNUNGAN Padang rumput	jelek	79	86	89
	sedang	69	79	84
	bagus	61	74	80
Hutan	jelek	66	77	83
	sedang	60	73	79
	bagus	55	70	77
KAMPUNG/PEKARANGAN KOTA	jelek	66	77	83
	sangat jelek	82	87	89

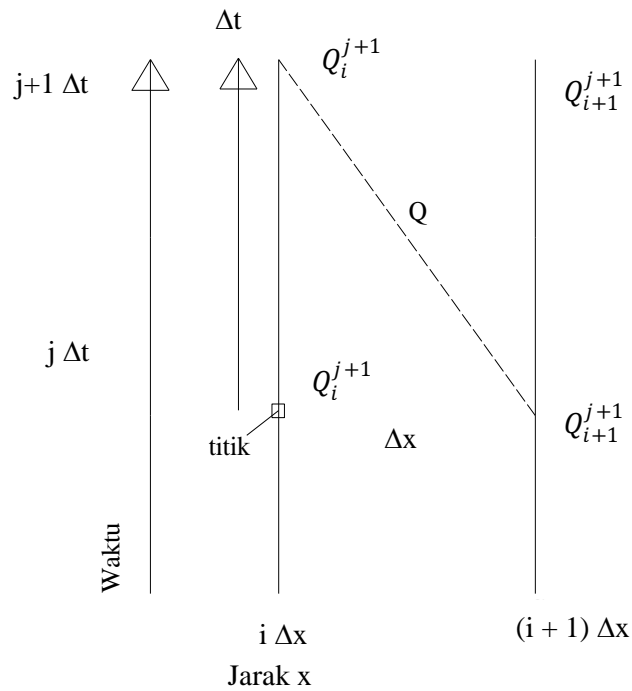
Sumber: Laporan Proyek Bendung Brangkal

### 2.2.13. Penelusuran Banjir Metode Numerik

Penelitian ini menggunakan metode numerik dengan persamaan Saint Venant yang terdiri dari persamaan momentum dan kontinuitas dan diselesaikan dengan metode numerik secara linear (Chow dkk,1988)

Pemodelan dengan metode numerik dapat dilakukan dengan data sekunder. Pemodelan dengan metode numerik merupakan penelusuran banjir yang menghitung secara komputasi debit aliran dan elevasi air sebagai fungsi ruang dan waktu.

Penelusuran banjir metode numerik dilakukan secara linear. Penelusuran akan berjalan bertahap pada kotak-kotak hubungan waktu ( $j$ ) dan jarak ( $i$ ). Debit pada jarak  $i+1$  dan waktu  $j+1$  diperoleh apabila sudah diketahui debit pada  $i$ ,  $j+1$  dan  $i+1$ ,  $j$ . penelusuran numerik berjalan pada kotak-kotak debit pada sungai yang menunjukkan waktu dan ruang dari pias sungai. Skema penyelesaian linear dengan 4 titik tinjauan seperti terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar. 2.2. Skema Penyelesaian Linear dengan 4 Titik Tinjauan

**2.2.13.1 Penulusuran Banjir Metode Numerik**

Penelusuran banjir numerik diperoleh dari penyederhanaan persamaan Saint Venant. Persamaan Saint Venant menyatakan hukum kekekalan massa dan hukum kekekalan momentum. Penyelesaian persamaan kontinuitas dan momentum diselesaikan secara numerik skema linear (Chow dkk, 1988).

Persamaan Saint Venant untuk menyelesaikan penelusuran debit dengan metode numerik adalah :

$$\alpha = \left( \frac{n P^{2/3}}{\sqrt{s}} \right)^{0,6} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$Q_{i+1}^{j+1} = \frac{\left[ \frac{\Delta t}{\Delta x} Q_1^{j+1} + \alpha \beta \left( \frac{Q_{i+1}^j + Q_1^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} \right]}{\left[ \frac{\Delta t}{\Delta x} + \alpha \beta \left( \frac{Q_{i+1}^j + Q_1^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} \right]} \dots\dots\dots (2.16)$$



dengan:

- $Q$  = debit aliran (m<sup>3</sup>/detik),  
 $\beta$  = koefisien momentum ,  
 $\Delta t$  = interval waktu (detik),  
 $\Delta x$  = interval jarak (meter),  
 $n$  = koefisien kekasaran manning,  
 $\alpha$  = kecepatan aliran (m/detik)  
 $P$  = lebar permukaan atas sungai (meter),  
 $S_0$  = kemiringan (*slope*) dasar aliran,  
 $i$  = step jarak,  
 $j$  = step waktu.

Penelitian ini menganggap adanya aliran lateral yang masuk dalam sungai tinjauan. Sehingga dalam perhitungan ditambahkan debit dari anak sungai yang ada di beberapa pias sungai.

### 2.2.14 Persamaan Debit

Penelusuran banjir menghasilkan nilai debit yang terjadi di sungai. Nilai debit yang dihasilkan dari perhitungan penelusuran banjir bisa digunakan untuk menentukan elevasi yang terjadi. Penelitian ini menggunakan persamaan debit aliran dengan rumus manning (Bambang, 1996), yaitu:

$$Q = A \left( \frac{1}{n} R^{2/3} S_0^{1/2} \right) \dots\dots\dots (2.17)$$

dengan:

- $Q$  = debit (m<sup>3</sup>/detik),  
 $A$  = luas penampang melintang (m<sup>2</sup>),  
 $n$  = koefisien manning,  
 $R$  = jari-jari hidrolis,  
 $S_0$  = kemiringan dasar saluran.

### 2.2.15 Model Banjir

#### 2.2.15.1 Model Hubungan Debit dengan Tinggi Muka Air

Persamaan debit digunakan untuk mencari tinggi muka air banjir yang dihasilkan dari debit penelusuran banjir metode numerik. Tinggi muka air banjir diperoleh dengan cara iterasi antara debit aliran dengan rumus Manning pada Persamaan 2.17 dengan debit yang didapatkan dari perhitungan penelusuran banjir numerik. Tinggi muka air maksimum dihasilkan dari debit maksimum yang terjadi di tiap pias. Tinggi Muka Air dan debit maksimum yang dihasilkan digambarkan oleh

grafik untuk menyatakan hubungannya. Grafik hubungan debit dan tinggi muka air maksimum digunakan untuk menentukan persamaan model banjir metode numerik.

### 2.2.15.2 Model Hubungan Jarak dengan Tinggi Muka Air

Perhitungan tinggi muka air dapat dikaitkan dengan jarak. Tinggi muka air maksimum yang dihasilkan pada tiap pias berhubungan dengan jarak pias. Penelitian ini akan mencari hubungan jarak antar pias dengan tinggi muka air maksimum.

Perhitungan iterasi yang menghasilkan tinggi muka air maksimum di tiap pias, dihubungkan dengan jarak antar pias. Hubungan tinggi muka air maksimum dengan jarak di masing-masing pias diberikan dalam bentuk grafik. Grafik ini digunakan untuk menentukan hubungan jarak dan elevasi maksimum.

### 2.2.16 Model Banjir

Model merupakan abstraksi dari sistem sebenarnya. Model hubungan yang telah dihitung selanjutnya dilakukan verifikasi model untuk mengetahui kevalidan model terhadap kenyataan yang terjadi. Penelitian ini menggunakan parameter rerata dalam penaksiran tingkat kepercayaan terhadap model penelusuran banjir metode numerik.

Hasil model penelusuran banjir metode numerik adalah berupa tinggi muka air yang didapat dari hasil perhitungan penelusuran banjir. Rerata tinggi muka air dari perhitungan model akan dibandingkan dengan rerata tinggi muka air terhitung penelusuran banjir metode numerik. Rerata tinggi muka air terhitung banjir metode numerik memiliki interval kepercayaan dengan persamaan (Sudjana, 1996):

$$X_{rata-rata} - t_p \frac{S}{\sqrt{n}} < \bar{x} < X_{rata-rata} + t_p \frac{S}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (2.18)$$

dengan:

$X_{rata-rata}$  = rata-rata hitung,

$t_p$  = nilai t dari daftar distribusi pada  $p = \frac{1}{2} (1+\gamma)$  dan  $dk = n-1$  (lampiran A)

$\mu$  = rata-rata hitung kondisi sebenarnya,

$S$  = deviasi standar,

$n$  = jumlah data.

Model dapat dipercaya apabila nilai rerata tinggi muka air yang dihitung dengan persamaan model terletak pada interval kepercayaan pada rerata elevasi terhitung pada penelusuran banjir metode numerik yang dinyatakan dalam persamaan 2.18.