

## **BAB II**

### **TINJAUAN KEPUSTAKAAN**

Pada bab ini akan dikemukakan beberapa landasan teori dan rumus-rumus yang mendukung permasalahan dan berkaitan dalam penelitian. Teori-teori dan rumus-rumus yang dikemukakan di kutip dari hasil penelitian terdahulu dan pendapat para ahli serta dari referensi-referensi yang ada, yang diperlukan untuk mendukung kegiatan dan menjadi dasar rumusan untuk mencapai hasil penelitian yang diinginkan.

#### **2.1 Analisis Hidrologi**

Soemarto (1995) berpendapat bahwa hidrologi adalah bidang ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang kehadiran dan gerakan air di alam. Faktor hidrologi yang berpengaruh pada wilayah hulu adalah curah hujan (*presipitasi*). Curah hujan pada suatu daerah merupakan salah satu faktor yang menentukan besarnya debit banjir yang terjadi pada daerah yang menerimanya.

Analisis hidrologi diperhitungkan untuk menentukan debit banjir rencana dan elevasi muka air banjir. Diawali dengan Perhitungan curah hujan rencana menggunakan metode dari E.J Gumbel. Curah hujan bulanan diambil dari data sepuluh tahun terakhir yaitu dari tahun 2010-2019. Analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perencanaan bangunan-bangunan hidraulik. Analisa hidrologi merupakan bagian yang penting karena akan sangat mempengaruhi analisa-analisa selanjutnya. Analisis hidrologi terdiri dari curah hujan rata-rata DAS, perhitungan intensitas curah hujan, analisis debit banjir rencana (Putra dkk, 2015).

#### **2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)**

Sungai mempunyai fungsi utama menampung curah hujan setelah aliran permukaan dan mengalirkannya sampai ke laut. Oleh karena itu, sungai dapat

diartikan sebagai wadah atau penampung dan penyalur aliran air yang terbawa dari DAS ketempat yang lebih rendah dan bermuara di laut. Selanjutnya dijelaskan bahwa DAS adalah suatu sistem yang merubah curah hujan kedalam debit dilepaskannya sehingga menjadi sistem yang kompleks (Soewarno, 1995). Panjang sungai adalah panjang yang diukur sepanjang sungai, dari stasiun yang ditinjau dari muara sungai sampai ujung hulunya. Sungai utama adalah sungai terbesar pada daerah tangkapan dan yang membawa aliran menuju muara sungai. Pengukuran panjang sungai dan panjang DAS adalah penting dalam analisis aliran limpasan dan debit aliran sungai. Panjang DAS adalah panjang maksimum sepanjang sungai utama dari stasiun yang ditinjau (muara) ke titik terjauh dari batas DAS (Triatmodjo, 2010).

### **2.3 Analisa Debit Banjir Rencana**

Harto (1993) berpendapat bahwa analisa debit banjir adalah debit banjir yang digunakan sebagai dasar untuk menentukan besarnya debit banjir rencana pada suatu DAS. Banjir rencana ini secara otoritis hanya berlaku pada suatu titik di suatu ruas sungai, sehingga pada panjang ruas sungai akan terdapat besaran banjir rencana yang berbeda. Debit banjir rencana merupakan debit banjir maksimum rencana pada sungai atau saluran ilmiah dengan periode ulang tertentu. Data yang dibutuhkan untuk penentuan debit banjir rencana antara lain data curah hujan. Data curah hujan merupakan salah satu data yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya debit banjir rencana baik secara rasional, empiris, maupun statistik.

#### **2.3.1 Curah Hujan Rencana**

Suripin (2004) berpendapat dalam ilmu statistik yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi. Dikenal 4 jenis distribusi frekuensi yaitu: distribusi normal, distribusi log normal, distribusi Gumbel dan log pearson.

### **2.3.2 Penentuan Luas Daerah Tangkapan Air**

Triatmodjo (2008) berpendapat, bahwa dalam penentuan batas dan luas suatu wilayah daerah tangkapan air/*catchment area*, digunakan data yang dihitung dengan cara manual yaitu dengan memisahkan aliran air hujan dan yang dibatasi oleh pembatas topografi berupa punggung-punggung bukit atau gunung.

### **2.3.3 Penentuan Panjang Aliran Sungai**

Triatmodjo (2008) berpendapat, Penentuan dalam panjang DAS adalah sama dengan jarak datar dari muara sungai ke arah hulu sepanjang sungai induk, sedangkan lebar DAS adalah perbandingan antara luas DAS dengan panjang sungai induk.

## **2.4 Jembatan**

Pengertian jembatan secara umum adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan-rintangan seperti lembah yang dalam, alur sungai, danau, saluran irigasi, kali, jalan kereta api, jalan raya yang melintang tidak sebidang dan lain-lain. Jenis jembatan berdasarkan fungsi, lokasi, bahan konstruksi dan tipe struktur sekarang ini telah mengalami perkembangan pesat sesuai dengan kemajuan jaman dan teknologi, mulai dari yang sederhana sampai pada konstruksi yang mutakhir. (Supriyadi dkk, 2007, Jembatan).

### **2.4.1 Jenis jembatan**

Berdasarkan fungsinya, jembatan dapat dibedakan sebagai berikut.

1. Jembatan jalan raya (*highway bridge*),
2. Jembatan jalan kereta api (*railway bridge*),
3. Jembatan pejalan kaki atau penyeberangan (*pedestrian bridge*).

Berdasarkan lokasinya, jembatan dapat dibedakan sebagai berikut.

1. Jembatan di atas sungai atau danau,
2. Jembatan di atas lembah,
3. Jembatan di atas jalan yang ada (*fly over*),

Berdasarkan bahan konstruksinya, jembatan dapat dibedakan menjadi beberapa macam :

1. Jembatan kayu (*log bridge*),
2. Jembatan beton (*concrete bridge*),
3. Jembatan beton prategang (*prestressed concrete bridge*),

#### **2.4.2 Pemilihan Tipe Jembatan Bangunan Atas**

Bentang dan lebar jembatan berpengaruh terhadap kelas dan tipe jembatan yang dibangun untuk itu perlu dilakukan pengukuran bentang jembatan. Dengan memperhatikan faktor – faktor yang mempengaruhi pemilihan tipe bangunan dan menganalisis tiap jenis struktur atas jembatan serta berdasarkan dengan kondisi lapangan yang ada, maka ditetapkan jenis yang akan digunakan adalah konstruksi Rangka Baja, dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Tipe ini dapat mencapai panjang bentang 96 m dalam satu pilar.
2. Pelaksanaan relatif cepat dan mudah dikarenakan profil baja dibuat fabrikasi sehingga di lapangan hanya dilakukan pemasangan.
3. Biaya pembuatan lebih murah pada jembatan bentang panjang.
4. Lokasi jembatan mudah dijangkau.

#### **2.5 Analisis Distribusi Probabilitas Hujan Rencana**

Analisis ini bertujuan untuk mendapatkan curah hujan maksimum, yang ada curah hujan tersebut didapatkan dari stasiun-stasiun penakar hujan maupun stasiun-stasiun pos hujan yang terdapat di daerah terdekat, yang dapat mewakili frekuensi curah hujan yang jatuh dalam daerah tangkapan hujan (*catchment area*). Dalam analisis Frekuensi data hujan atau data debit guna memperoleh nilai hujan

rencana atau debit rencana, dikenal beberapa distribusi probabilitas kontinu yang sering digunakan, yaitu: Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson Type III (Kamiana 2010).

Penentuan jenis distribusi probabilitas yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter data tersebut dengan syarat masing-masing jenis distribusi seperti pada Tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1 Persyaratan parameter statistik suatu distribusi

No	Distribusi	Persyaratan
1	Gumbel	$C_s = 1, 14$ $C_k = 5,4$
2	Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$
3	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
4	Log Pearson III	Selain dari nilai di atas

(Sumber : Triatmojo, 2008)

### 2.5.1 Distribusi Gumbel

Soemarto (1999) berpendapat, bahwa untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode distribusi Gumble Tipe I digunakan persamaan distribusi frekuensi empiri sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{\sum Ri}{n} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$R_T = \bar{R} + K_t \cdot S_R \dots\dots\dots(2.2)$$

$$S_R = \frac{\sqrt{\sum (Ri - \bar{R})^2}}{n-1} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$K_T = \frac{-\sqrt{6}}{n} [0,5772 + \ln \ln (\frac{n}{n-1})] \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

$R_T$  = Nilai hujan rencana dengan data ukur T Tahun (mm)

$\bar{R}$  = Nilai rata-rata hujan (mm)

$S_R$  = Deviasi standar

$K_t$  = Faktor Frekuensi

### 2.5.2 Distribusi Normal

Soemarto (1999) berpendapat, distribusi Log-Normal atau kurva normal disebut juga distribusi Gauss yang memiliki persamaan sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{\sum Ri}{n} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum(Ri-R)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$X_T = \bar{R} + K_T \cdot s \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

$x$  = Perkiraan nilai yang diharapkan dengan periode ulang T-tahunan

$\bar{R}$  = Nilai rata-rata hitung sampel

$S_R$  = Deviasi standar nilai sampel

$K_T$  = Faktor frekuensi

### 2.5.3 Distribusi Log Normal

Soemarto (1999) berpendapat, perhitungan hujan rencana berdasarkan Distribusi Probalitas Log Normal, jika data yang dipergunakan adalah berupa sampel maka akan dilakukan dengan rumus-rumus berikut:

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + K_T \times S \text{ Log } X \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\text{Log } X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$S \text{ Log } X = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

$\text{Log } X_T$  = nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T.

$\overline{\text{Log } X}$  = nilai rata-rata dari Log X

$S \text{ Log } X$  = deviasi standar dari Log X

$K_T$  = Faktor Frekuensi, nilainya bergantung dari T

### 2.5.4 Distribusi Log Pearson III

Soemarto (1999) berpendapat, dalam pemakaian Log pearso III, kita harus mengkonversi rangkaian datanya menjadi logaritma. Bentuk distribusi log person III merupakan hasil transformasi dari distribusi person III dengan tranformasi variat menjadi nilai log. Dari distribusi log person III mempunyai rumus sebagai berikut :

$$\bar{R} I = \frac{\sum \log \bar{R}i}{n} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$S_{\log Ri} = \sqrt{\frac{\sum (\log Ri - \log \bar{R}i)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$C_S = \frac{n \cdot \sum (\log Ri - \log \bar{R}i)^3}{(n-1)(n-2)(S_{\log Ri})^3} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{R} i + (K_T \times S \text{ Log Ri}) \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

- $\bar{R}$  = Nilai rerata dari  $x_i$
- $S_{\log Ri}$  = Standar deviasi dari  $x_i$
- $C_s$  = Koefisien *skewness*
- $K_T$  = Faktor frekuensi
- $\text{Log } X_T$  = Periode ulang T-tahunan

### 2.5.5 Uji Keselarasan Chi-Kuadrat

Suripin (2003) berpendapat, untuk menentukan pola distribusi data curah hujan rata-rata yang paling sesuai dari beberapa metode distribusi statistik yang telah dilakukan maka dilakukan uji keselarasan. Uji keselarasan chi-kuadrat menggunakan rumus:

$$X^2 = \sum_{i=0}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

- $X^2$  = Harga chi-kuadrat terhitung ( $\text{Chi}^2$ )
- $O_i$  = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1
- $E_i$  = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1
- $N$  = Jumlah data

Darmawan (2013) berpendapat, suatu distrisbusi dikatakan selaras jika nilai  $X^2$  hitung < dari  $X^2$  kritis. Dari hasil pengamatan yang didapat, dicari penyimpangannya dengan chi-kuadrat kritis paling kecil. Untuk suatu nilainya tertentu (*level of significant*) yang sering diambil adalah 5%. Derajat kebebasan ini secara umum dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$DK = n - 3 \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana :

Dk = Derajat kebebasan

n = Banyaknya data

## 2.6 Analisis Debit Banjir Rancangan

Menurut pedoman dan kriteria perencanaan teknis irigasi bahwa, debit banjir rencana yang digunakan adalah Q20, Q50, Q100 yakni banjir dengan periode ulang 20 thn, 50 thn, 100 thn. Namun demikian untuk tanggul-tanggul yang kecil penggunaan periode ulang yang lebih kecil perlu di pertimbangkan dengan melihat pada keadaan khusus tiap lokasi, sebaliknya banjir yang melebihi Q100 yang terjadi mendekati saat perencanaan perlu juga di pertimbangkan dalam menentukan besarnya debit perencanaan. Dalam praktek analisis hidrologi terdapat beberapa cara yang dapat ditempuh untuk menetapkan debit banjir rancangan.

Terdapat empat metode perhitungan banjir rancangan yang dikembangkan berdasarkan prinsip pendekatan rasional, yaitu:

- a) Metode Rasional
- b) Metode Der Weduwen
- c) Metode Melchior
- d) Metode Haspers



## 2.7 Perhitungan Debit Banjir dengan Metode Rasional

Metode rasional merupakan salah satu dari beberapa metode empiris yang sering digunakan untuk memperkirakan debit puncak (*peak discharge*). Asumsi dasar dari metode ini adalah bahwa curah hujan terjadi secara merata di seluruh daerah aliran dan waktu konsentrasi sama dengan durasi hujan. Waktu konsentrasi adalah lamanya waktu yang diperlukan untuk pengaliran air dari yang paling ujung dari suatu DAS sampai ke *outlet*.

Dengan menggunakan asumsi tersebut, secara teoritis formulasi dari metode rasional adalah sebagai berikut:

$$Q = C.I.A..... (2.17)$$

dimana:

$Q$  = Debit Puncak banjir ( $m^3 / dt$ )

$C$  = Koefisien Limpasan ( $0 < C < 1$ ) (koefisien pengaliran yang tergantung pada tata guna lahan, kondisi tanah, kemiringan dan vegetasi penutup lahan)

$I$  = Intensitas hujan maksimum dengan lama hujan sama dengan waktu konsentrasi ( $mm / jam$ )

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

Untuk pendugaan intensitas hujan dengan lama hujan kurang dari 24 jam, digunakan rumus empirik dari dr. Mononobe:

$$I_t = \left( \frac{R_{24}}{24} \right) \left( \frac{24}{T} \right)^{2/3} .....(2.18)$$

dimana:

$I$  = Intensitas hujan dengan  $t$  jam ( $mm/ jam$ ),

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

$T$  = Lama waktu curah hujan/lama waktu konsentrasi aliran ( $jam$ ).

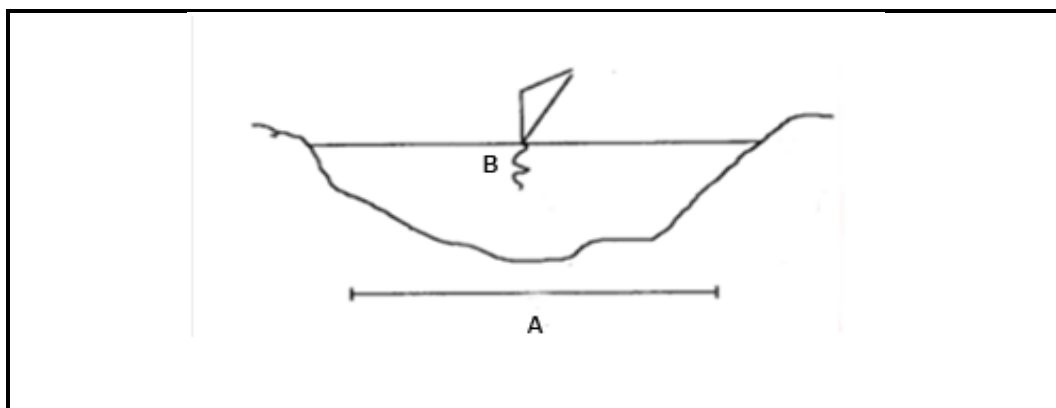
Tabel 2.2 Nilai Koefisien Limpasan (Pengaliran) Mononobe

Kondisi DAS	Harga f
Daerah pegunungan yang curam	0,75 – 0,90
Daerah pegunungan tersier	0,70 – 0,80
Tanah bergelombang dan hutan	0,50 – 0,75
Tanah daratan yang ditanami	0,45 – 0,60
Persawahan yang dialiri	0,70 – 0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75 – 0,85
Sungai di daratan	0,45 – 0,75
Sungai besar yang lebih dari setengah daerah pengalirannya terdiri dari daratan	0,50 – 0,75

(Sumber : Sosrodarsono, S. Kensaku, T. 1987)

## 2.8 Parameter Sungai Pada Jembatan

Nasution (2004) berpendapat, debit ( $Q$ ) sungai merupakan volume air yang melalui suatu tampang sungai persatuan waktu ( $m^3/det$ ). Debit yang berkaitan dengan analisis jembatan adalah debit rencana banjir ( $Q_n$ ) sesuai dengan periode ulang yang diinginkan. Besar debit  $Q_n$  dari hasil perhitungan hidrologi.



Gambar 2.1 : Penampang Melintang Sungai

Sumber : Nasution (2004)

$$B = \frac{Q_n}{A} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

B = Luas limpasan permukaan banjir pada sungai (m<sup>2</sup>)

Q<sub>n</sub> = Debit rancangan (m<sup>3</sup> /dt) dengan kala ulang n tahun

A = Lebar permukaan sungai (m<sup>2</sup>)

## 2.9 Gerusan (*Scouring*)

Hanwar (1999) berpendapat, gerusan sebagai pembesaran dari suatu aliran yang disertai pemindahan material melalui aksi gerakan fluida. Gerusan lokal (*lokal scouring*) terjadi pada suatu kecepatan aliran dimana sedimen ditransport lebih besar dari sedimen yang disuplai. Transport sedimen bertambah dengan meningkatnya tegangan geser sedimen, gerusan terjadi ketika perubahan kondisi aliran menyebabkan peningkatan tegangan geser dasar. Beberapa jenis *scouring* Adalah:

### 2.9.1 Gerusan Umum (*General Scour*)

Hanwar (1999) berpendapat, gerusan umum merupakan suatu proses alami yang terjadi pada sungai sehingga akan menimbulkan degradasi dasar. Gerusan Umum disebabkan oleh energi dari aliran air. Gerusan ini terjadi akibat penyempitan di alur sungai (*contraction scour*)

### 2.9.2 Gerusan Lokal (*Local Scour*)

Hanwar (1999) berpendapat, gerusan lokal pada umumnya diakibatkan oleh adanya bangunan air, misal tiang atau pilar jembatan. Gerusan local disebabkan oleh sistem pusaran air (*vortex system*) karena adanya gangguan pola aliran akibat rintangan.

Ada dua macam gerusan lokal yaitu:

**1. *Clear Water Scour***

Hanwar (1999) berpendapat, pergerakan sedimen hanya terjadi pada sekitar pilar, ada dua macam *clear water scour* yaitu gerusan lokal tidak terjadi dan proses transportasi sedimen tidak terjadi dan gerusan lokal terjadi menerus dan proses transportasi sedimen tidak terjadi.

**2. *Live Bed Scour***

Hanwar (1999) berpendapat *live bed scour* terjadi karena adanya perpindahan sedimen. Yaitu jika gerusan terlokalisir terjadi karena penyempitan penampang sungai oleh adanya penempatan bangunan hidraulika.

**2.9.3 Gerusan Tokal (*Total Scour*)**

Hanwar (1999) berpendapat , gerusan tokal merupakan kombinasi antara gerusan lokal (*local scour*) dan gerusan umum (*general scour*). Bisa juga kombinasi antara gerusan lokal, gerusan umum dan gerusan terlokalisir (*localized scour/contraction scour*).

Berdasarkan pengamatan tentang analisa ini, maka tipe scouring yang terjadi pada struktur bawah jembatan dapat dibedakan menjadi:

1. Gerusan yang terjadi pada pilar yang terletak pada saluran lurus adalah gerusan local.
2. Gerusan yang terjadi pada pilar yang terletak pada bagian tikungan saluran adalah gerusan local ditambah dengan gerusan umum akibat tikungan saluran.
3. Gerusan yang terjadi pada abutmen jembatan adalah gerusan total, yaitu kombinasi antara gerusan local, gerusan umum dan gerusan penyempitan

## 2.10 Perhitungan Debit Aliran Sungai Pada Jembatan Lamkleng

Triatmodjo (2006) berpendapat, Debit sungai adalah volume air mengalir melalui suatu penampang melintang sungai persatuan waktu. Biasanya debit dinyatakan dalam satuan  $m^3/detik$  atau liter/detik. Pada dasarnya untuk mengetahui debit suatu aliran sungai kita harus mengetahui terlebih dahulu kecepatan aliran sungai dan luas penampang sungai. Dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = A \cdot V \dots \dots \dots (2.20)$$

Dimana :

$$Q = \text{Debit } (m^3/detik)$$

$$A = \text{Luas Penampang } (m^2)$$

$$V = \text{Kecepatan Aliran } (m/d)$$

### 2.10.1 Perhitungan Luas Penampang Basah (A)

Triatmodjo (2006) berpendapat, luas penampang basah dihitung dengan interpolasi garis lurus antara elevasi pada kedua tebing saluran/sungai. Luas dihitung dengan cara menjumlahkan hasil perkalian antara kedalaman aliran rata-rata dengan lebar di antara setiap dua titik pengukuran yang berdekatan dalam suatu penampang melintang, dengan rumus sebagai berikut :

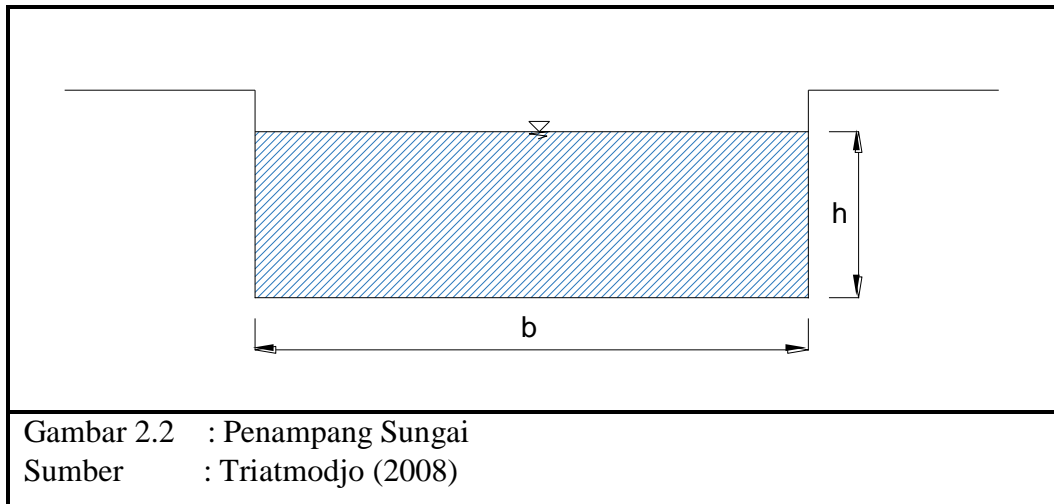
$$A = b \times h \dots \dots \dots (2.21)$$

Dimana :

$$A = \text{Luas penampang basah } (m^2)$$

$$b = \text{Lebar saluran basah } (m)$$

$$h = \text{Kedalaman air } (m)$$



**2.10.2 Perhitungan Keliling Basah (P)**

Triatmodjo (2006) berpendapat, Keliling basah dari penampang sungai/saluran yaitu panjang dasar tebing sungai/saluran yang terkena aliran air pada penampang melintang sungai dari suatu kejadian banjir, dengan rumus sebagai berikut :

$$P = \text{Jumlah keseluruhan penampang yang terkena air} \dots\dots\dots (2.22)$$

**2.10.3 Perhitungan jari-jari hidrolis (R)**

Triatmodjo (2006) berpendapat, Luas penampang melintang atau sub penampang melintang yang dibagi dengan keliling basah, dengan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana :

- R = Jari-jari hidrolis (m)
- A = Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)
- P = Keliling basah (m)

#### 2.10.4 Perhitungan Kecepatan Aliran (V)

Triatmodjo (2006) berpendapat, Kecepatan Aliran merupakan komponen aliran yang sangat penting. Hal ini disebabkan karena pengukuran debit secara langsung tidak dapat dilakukan. Kecepatan diukur dalam dimensi satuan pajang suatu waktu, umumnya dinyatakan dalam satuan meter/detik (m/detik), dengan rumus sebagai berikut :

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (2.24)$$

Dimana :

V = Kecepatan aliran (m/detik)

R = Jari-jari hidrolik (m)

S = Kemiringan sungai

n = Koefisien Manning dapat dilihat pada tabel B.13 halaman 67.