

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Groundsill*

Groundsill merupakan suatu struktur ambang melintang yang dibangun pada alur sungai yang bertujuan untuk mengurangi kecepatan arus dan meningkatkan laju pengendapan pada bagian hilir tengah struktur. Dikarenakan dapat menjaga agar elevasi lapisan endapan tidak mengalami penurunan, sehingga struktur bangunan yang berada di bagian hulu sungai seperti jembatan tetap dalam keadaan aman (Ichwan Rahmat 2015).

Pada umumnya, struktur *groundsill* dibuat pada bagian hilir suatu bangunan sungai yang rusak atau terancam rusak yang disebabkan oleh gerusan, seperti pada struktur pondasi bangunan jembatan; tebing sungai runtuh; dan longsor akibat dari erosi di alur dan tebing sungai runtuh (Kusumubroto, 2020).

Bangunan *groundsill* dapat ditemui pada wilayah Kabupaten Lebak Provinsi Banten, yaitu pada sungai Cimadur. Bangunan *groundsill* yang telah dibangun pada dasar sungai Cimadur tersebut ditujukan untuk mengurangi masalah erosi di sekitar pondasi jembatan Bantar Karang. Sebagai akibat dari pembangunan struktur *groundsill*, maka perubahan karakteristik aliran pada dasar sungai Cimadur tersebut perlu dikaji. Sebelum adanya bangunan *groundsill*, aliran sungai cukup deras disekitar pondasi jembatan Bantar Karang dimana dasar tanah disekitar

bangunan pondasi struktur jembatan dapat ikut tergerus dan dapat mengancam kestabilan bangunan jembatan itu sendiri.

2.2 Sungai

Sungai merupakan saluran dimana air mengalir dengan menggunakan air bebas. Sungai atau bisa dikatakan saluran alam memiliki variable aliran yang sangat tidak teratur terhadap ruang dan waktu. Variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, belokan debit, aliran debit, kemiringan dasar dan sebagainya (Triadmodjo, 2008).

Hujan sebagian besar akan turun ke permukaan tanah yang mengalir ke tempat-tempat yang lebih rendah. Lalu, setelah mengalami berbagai macam perlawanan akibat adanya gaya berat, pada akhirnya akan melimpah ke danau atau ke laut. Suatu alur panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan juga disebut alur sungai. Sedangkan perpaduan alur sungai dan aliran air yang ada di dalamnya disebut juga dengan sungai (Sosrodarsono, 1985).

2.3 Analisis Curah Hujan

Hujan merupakan proses kondensasi uap air di atmosfer menjadi butir air yang cukup berat untuk jatuh dan biasanya akan tiba di permukaan. Hujan terjadi karena pendinginan suhu udara atau penambahan uap air ke udara. Hal ini yang akan terjadi bersamaan. Turunnya hujan biasanya tidak akan lepas dari pengaruh kelembaban udara yang memacu jumlah titik-titik air yang terdapat pada udara. Indonesia memiliki daerah yang dilalui garis khatulistiwa dan sebagian besar daerah di Indonesia merupakan daerah tropis, walaupun demikian beberapa daerah di Indonesia memiliki intensitas hujan yang cukup besar (Wibowo, H. 2008)

Curah hujan merupakan jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode ulang tertentu yang diukur dengan satuan tinggi milimeter (mm) di atas permukaan horizontal. Dalam perhitungan curah hujan rancangan digunakan analisis frekuensi. Namun demikian, sebelum menggunakan macam analisis frekuensi perlu dikaji sesuai persyaratan. Dalam pengujian sebaran data untuk dapat menggunakan analisis frekuensi yaitu: dihitung parameter-parameter statistic seperti Cs, Cv, dan Ck, untuk dapat menentukan macam analisis frekuensi.

Analisis curah hujan merupakan analisis awal terhadap analisis hidrologi. Data curah hujan rata-rata dianalisis dengan menggunakan beberapa metode yaitu:

a. Metode Rata-rata Aljabar

Dalam pengukuran curah hujan dengan metode rata-rata aljabar ini, pengukuran curah hujan dilakukan pada beberapa stasiun hujan dalam waktu yang bersamaan lalu dijumlahkan, kemudian dibagi dengan jumlah stasiun hujan. Stasiun yang digunakan dalam perhitungan biasanya berada pada DAS dan stasiun DAS yang terdapat diluar tetapi masih dekat dapat dihitung. Metode aritmatika atau rata-rata aljabar dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$P = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

P = Hujan Rerata Kawasan

P₁, p₂, p₃, p_n = Curah Hujan pada Stasiun Hujan 1, 2, 3, n

N = Banyaknya Stasiun Hujan

b. Metode Poligon *Thiessen*

Dalam perhitungan curah hujan dengan menggunakan metode ini, besar curah hujan maksimum pada masing-masing stasiun digunakan untuk mewakili keadaan curah hujan pada luasan tertentu. Pada suatu luasan DAS dianggap bahwa besarnya hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili stasiun yang terdekat. Metode ini dapat digunakan apabila sebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Daerah pengaruh dari setiap stasiun digunakan untuk melakukan perhitungan curah hujan rerata (Triatmodjo, 2013)

Metode Poligon *Thiessen* ini cocok untuk menentukan rata-rata hujan jika stasiun hujan tidak banyak dan hujan tidak merata. Metode ini lebih memberikan hasil yang teliti dibandingkan dengan metode aritmatika atau rata-rata aljabar, tetapi penentuan titik pengamatan akan mempengaruhi ketelitian yang didapat. Cara menghitung rata-rata curah hujan dengan menggunakan metode Poligon *Thiessen* adalah sebagai berikut :

- a. Menggambarkan stasiun pencatat hujan pada peta DAS, termasuk daerah stasiun hujan di luar DAS yang letaknya dekat,
- b. Lalu menghubungkan stasiun tersebut dengan garis lurus (garis putus-putus) sehingga membentuk segitiga yang memiliki sisi dengan panjang sama,
- c. Membuat garis berat pada sisi segitiga
- d. Garis-garis berat tersebut dihubungkan dan membentuk polygon yang mengelilingi tiap stasiun. Pada stasiun yang letaknya berada di dekat batas DAS, garis batas DAS membentuk batas tertutup dari polygon,

- e. Melakukan perhitungan dengan mengalikan luas tiap poligon yang diukur terlebih dahulu dengan kedalaman hujan di stasiun yang berada di dalam poligon.
- f. Hasil dari penjumlahan pada poin e untuk semua stasiun dibagi dengan luas daerah yang dianalisis menggunakan hujan rerata daerah dalam bentuk matematika memiliki bentuk yaitu :

$$P = \frac{A_1p_1 + A_2p_2 + A_3p_3 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \dots\dots\dots (2.2)$$

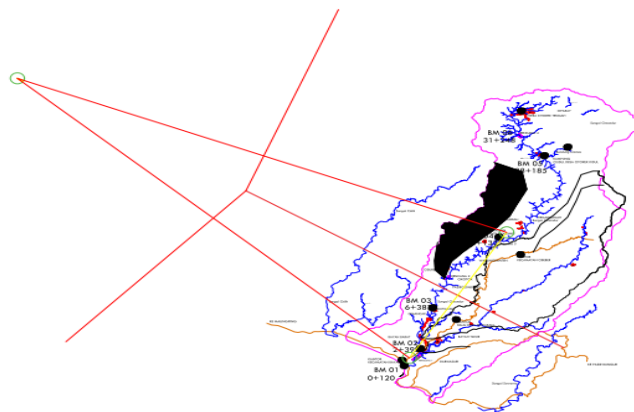
Dimana :

P = Hujan Rerata Kawasan

P₁, p₂, p₃, p_n = Hujan Pada Stasiun 1, 2, 3, n

A₁, A₂, A₃, A_n = Luas daerah Yang Mewakili Stasiun 1, 2, 3, n

Untuk mendeskripsikan tentang penggambaran luasan DAS dalam metode poligon *Thiessen* dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini



Gambar 2.1 Contoh perhitungan luasan DAS Metode Poligon *Thiessen*

c. Metode Rata-Rata *Isohyet*

Metode *Isohyet* adalah metode garis yang menghubungkan titik-titik curah hujan yang sama. Metode ini dianggap bahwa hujan suatu wilayah diantara dua garis *Isohyet* merata dan sama dengan nilai rata-rata dari dua garis *Isohyet* merata dan sama dengan nilai rata-rata dari dua garis *Isohyet*. Rumus yang digunakan dalam metode ini yaitu :

$$\bar{R} = \frac{\frac{R_1+R_2}{2}A_1 + \frac{R_3+R_4}{2}A_2 + \dots + \frac{R_n+R_{n-1}}{2}A_n}{A_1+A_2+\dots+A_n} \dots\dots\dots (2.3)$$

2.4 Analisis Frekuensi Hujan

Frekuensi adalah jumlah kejadian dari sebuah varian, dengan frekuensi interval tertentu, seperti 10 tahun, 100 tahun atau 1000 tahun. Tujuannya untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim dengan frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas (Triadmodjo, 2013).

Dalam statistik, beberapa parameter yang dikenal dan berkaitan dengan analisis data hujan diantaranya adalah nilai rata-rata, simpangan baku, *koefisien Varian*, *Koefisien Skewness*, dan *Koefisien Kurtosis* (Linsley, 1996)

Parameter statistik analisis frekuensi hujan dapat dijelaskan dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

- Rata-Rata (\bar{x})

$$\bar{X} = \bar{X} = \frac{\sum xi}{n} \dots\dots\dots (2.4)$$

- Simpangan Baku (s)

$$S = \frac{\sqrt{(\sum xi - \bar{x})^2}}{n-1} \dots\dots\dots (2.5)$$

- Varians

$$S^2 = \frac{\sum xxi^2 - \frac{(\sum xi)^2}{n}}{n-1} \dots\dots\dots (2.6)$$

- Koefisien Varians

$$Cv = \left(\frac{s}{\bar{x}}\right) \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

Analisis frekuensi atau distribusi hujan dapat dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya adalah sebagai berikut:

2.4.1 Distribusi Gumbel

Dalam distribusi Gumbel dapat menggunakan persamaan yaitu:

$$X = x + s \cdot K \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

x = Nilai Rata-rata

s = Standar Deviasi

K = Faktor Untuk Nilai Ekstrim Gumbel

Cara mencari nilai K :

$$K = \frac{Y_{tr} - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

Y_n = *reduce Mean* Yang Tergantung Dari Sampel Data

S_n = *Reduce Standard Deviation* Yang Tergantung Pada Jumlah Data

T_r = Fungsi Waktu Balik

Mencari nilai Y_{tr} :

$$Y_{tr} = -\ln \left\{ -\ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right\} \dots\dots\dots (2.10)$$

Distribusi Gumbel memiliki ciri *Koefisien Skewness* = 1.396 dengan $C_k = 5.4002$.

2.4.2 Distribusi Normal

Distribusi normal memiliki dua parameter yaitu rerata (μ) dan deviasi (σ), rumus distribusi normal adalah sebagai berikut:

$$P'(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

P' = Fungsi Peluang Normal

X = Variabel Acak *Continue*

μ = Rata-Rata Nilai X

σ = Simpangan Baku X

2.4.3 Distribusi Log Person III

Untuk melakukan analisis frekuensi curah hujan menggunakan metode ini, persamaan yang dapat digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{Log } X_T = \overline{\text{Log } X} + \text{Ktr. } S1 \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana :

$\text{Log } X_T$ = Besarnya Curah Hujan Rancangan Untuk Periode Ulang T Tahun

$\text{Log } X$ = Harga Rata-Rata Dari Data, $\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log xi}{n}$

$S1$ = Standar Deviasi, $S1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log xi - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1}}$

Ktr = Koefisien Frekuensi Berdasarkan nilai C_s Dengan Periode Ulang T .

Mencari nilai C_s menggunakan rumus :

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log xi - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1)(n-2)S1^3} \dots \dots \dots (2.13)$$

2.4.4 Distribusi Log-Normal

Distribusi Log-Normal digunakan untuk analisa frekuensi hujan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Log } X_T = \text{Log } X + k. Sx. \text{Log } X \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana :

$\text{Log } X_T$ = Besarnya Curah Hujan Rancangan Untuk Periode Ulang T Tahun

$\text{Log } X$ = Nilai Rata-Rata Dari Data

$S_x \text{Log } X$ = Standar deviasi

K = Variabel Induksi

Untuk menentukan jenis sebaran yang digunakan, maka parameter statistik data curah hujan wilayah diperiksa dengan kesesuaian data curah hujan terhadap jenis sebaran, sebagaimana dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.1 Kesesuaian Data Curah Hujan Terhadap Jenis Sebaran

No	Jenis distribusi	Syarat
1	Normal	$C_s = 0$
		$C_k = 3$
2	Log Normal	$C_s (\text{InR}) = 0$
		$C_k (\text{InR}) = 3$
3	Gumbel	$C_s = 1.14$
		$C_k = 5.4$
4	Log Person III	Selain dari nilai di atas

2.5 Debit

Debit adalah volume aliran yang mengalir melalui suatu penampang melintang sungai persatuan waktu. Debit dinyatakan dalam satuan m^3/d atau liter/detik. Aliran merupakan pergerakan air di dalam alur sungai. Pada dasarnya perhitungan debit merupakan pengukuran luas penampang, kecepatan aliran, dan tinggi muka air.

Rumus yang digunakan yaitu:

$$Q = A.v \dots \dots \dots (2.1)$$

Yang dimana :

Q = debit (m^3/det)

v = Kecepatan aliran rata-rata (m/det)

A = Luas DAS yang diteliti

Pada umumnya, perhitungan debit dapat dilakukan dengan menggunakan metode rasional yang hanya digunakan untuk menentukan banjir maksimum untuk saluran-saluran dengan aliran kecil. Pada metode rasional dapat dinyatakan secara aljabar dengan persamaan yaitu:

$$Q_t = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \text{ (m}^3\text{/det)} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

Q_t = Debit banjir rencana ($\text{m}^3\text{/det}$)

I = Intensitas hujan rerata (mm/jam)

A = Luas Daerah Aliran Sungai yang akan diteliti (km^2)

C = Koefisien pengaliran (koefisien limpasan)

Untuk nilai koefisien pengaliran (Nilai C) tergantung dari beberapa faktor antara lain jenis tanah (tata guna lahan), luas, kemiringan dan bentuk dari pengaliran sungai. Untuk mendapatkan nilai koefisien pengaliran, kita dapat menggunakan koefisien pengaliran yang telah dikembangkan oleh beberapa peneliti sebelumnya seperti pada Tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Koefisien Pengaliran

Daerah	C
Pegunungan tersier	0,70-0,80
Pegunungan curam	0,75-0,95
Daerah perbukitan	0,70-0,80
Tanah bergelombang dan hutan	0,50-0,75
Daerah pegunungan	0,75-0,90
Persawahan yang diairi	0,45-0,60
Tanah dataran yang ditanami	0,45-0,60
Daerah perkotaan (Urban)	0,70-0,95
Daerah Sub-urban	0,60-0,70

Daerah berpendudukan padat	0,40-0,60
Daerah industri	0,60-0,95
Taman dan kebun	0,20-0,40
Daerah berpenduduk jarang	0,40-0,60

2.6 Perhitungan Kecepatan Pada Saluran Terbuka (*Metode Manning*)

Dalam perhitungan kecepatan untuk saluran terbuka menggunakan rumus *Manning*. Dengan menggunakan tolak ukur acuan yaitu kemiringan dasar saluran, jari-jari hidrolis dan koefisien *Manning* (yang dapat dilihat pada Tabel 2.2, dan *Robert Manning* pada Tabel 2.3) yaitu sebagai berikut :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

R = Jari-jari hidraulik (m)

n = Koefisien kekasaran dinding *Manning*

S = Kemiringan dasar saluran

V = Kecepatan aliran (m/det)

Tabel 2.3 Kekasaran *Manning* untuk saluran

Saluran	Keterangan	n <i>Manning</i>
Tanah	Berkelok, landai dan berumput	0,023-0,040
	Tidak terawat dan kotor	0,050-0,140
	Lurus, baru, seragam, landau dan bersih	0,016-0,033
	Tanah berbatu, kasar dan tidak teratur	0,035-0,045
Pasangan	Batu Kosong	0,023-0,035
	Pasangan batu belah	0,017-0,030
Beton	Kurang halus dan sambungan kurang rata	0,018-0,030
	Halus, sambungan baik dan rata	0,014-0,030

2.7 Software HEC-RAS

Pada penelitian ini menggunakan model matematik untuk menyelesaikan permasalahan hidrolis. Meski hasil output tidak akurat jika digunakan pemodelan fisik tetapi model matematik memiliki kelebihan yaitu dalam hal penghematan waktu, biaya dan tenaga. Dan untuk mengetahui karakteristik aliran sungai, maka diperlukannya suatu model pendekatan yang dapat mewakili permasalahan yang sedang dihadapi semirip mungkin. *Software Hec-Ras* adalah sistem *Software* terintegrasi, yang didesain untuk digunakan secara interaktif pada kondisi tugas yang beraneka macam. *System Hec-Ras* memuat tiga komponen analisa hidrolis satu dimensi yaitu :

- a. Simulasi aliran tidak seragam
- b. Perhitungan transport sedimen dengan batas yang bisa dipindahkan
- c. Perhitungan profil muka air aliran seragam (*Steady Flow*)

Program yang digunakan dalam pemodelan matematik sungai adalah paket program *HEC-RAS* yang dibuat dan dikembangkan oleh *Hydraulic Engineering Center*, salah satu divisi *Institute For Water Resources (IWR)*, *U.S. Army Corps Of Engineer*. Program ini adalah salah satu bagian dari pengembangan *Next Generation (NextGen)* dari software *Hydrologic Engineering*.

Langkah utama pengembangan model hidrolis dengan *Hec-Ras* yaitu :

1. Memulai Proyek Baru (*Starting A New Project*)

Dalam proyek sangat diperlukan untuk pekerjaan-pekerjaan (aplikasi) yang tidak mudah untuk diulang kembali, bersifat kompleks dan banyak memerlukan

dan melibatkan *Resource* (manusia, waktu, data dokumen, analisa dan lain-lain).

Pada proyek ini diberikan nama Sungai Cimadur dengan *Rudyhec.prj*

Dalam langkah ini dapat diselesaikan dengan memilih direktori dimana kita ingin bekerja dan memasukkan judul proyek baru. Untuk memulai proyek baru, lalu kita dapat memilih menu *File* pada *Layer* utama *Hec-Ras* dan pilih *New Project*. sebelum data Geometri aliran data aliran dimasukkan, sistem satuan yang akan digunakan dapat disesuaikan terlebih dahulu (*English or metric*)

1. Memasukkan Data Geometri (*Entering Geometri Data*)

Data Geometri diperlukan untuk menghubungkan informasi untuk sistem sungai seperti jaringan sungai, data *Cross Section*, data tampungan air dan data bangunan hidrolis (jembatan, gorong-gorong, tanggul dan lain-lain)

Data Geometri dimasukkan dengan memilih Geometri data pada menu edit pada tampilan utama *Hec-Ras*. Penggambaran skema sistem sungai (*Drawing The Schematic Of The River System*) harus digambar dari hulu (*upstream*) ke hilir (*Downstream*) sebagai anggapan alur positif. Pada tahap ini terdapat beberapa langkah memasukkan data yaitu, menggambar skema sistem sungai (*Drawing The Schematic Of The River System*), memasukkan data *Cross Section*, dan memasukkan data hidrolis bandung pada sistem sungai.

2. Pemasukkan Data Aliran (*Steady Entering Steady Flow Data*)

Dalam langkah ini kita diminta untuk memasukkan data aliran *Steady*, hal ini dilakukan karena aliran sungai dianggap aliran lunak/tetap. Data aliran yang dimasukkan dari *Upstream To Downstream*, setelah data di masukkan di *Upstream* maka diasumsikan bahwa aliran konstan hingga ada perubahan aliran yang lain. Ini terjadi pada sungai yang bercabang. Data yang diperlukan pada tahap ini adalah

jumlah debit dan kondisi batas (*Boundary Conditions*). Kondisi batas digunakan untuk memulai elevasi muka air pada ujung sistem sungai dan sebagai penentuan jenis aliran yang digunakan. Dalam perhitungan subkritis kondisi batas hanya diminta pada ujung bagian hilir dari sungai, superkritis pada bagian hulu dan jika aliran campuran maka diperlukan kondisi batas pada kedua ujungnya.

3. Tampilan Untuk Melakukan Perhitungan Hidrolika (*Perfoming The Hydraulic Calculations*)

Kemudian pada tahap ini kita mendefinisikan rencana perhitungan yang akan dilakukan dan jenis aliran yang digunakan. Setelah semua data geometric dan data aliran dimasukkan, pemodel dapat memulai untuk melakukan perhitungan hidrolika. Ketentuan awal pada *Hec-Ras* bahwa terdapat dua tipe perhitungan yang dapat dilakukan yaitu, analisa aliran tunak (*Steady Flow*) dan analisa aliran tidak tunak (*Unsteady Flow*) serta fungsi desain hidrolis.

4. Melihat Hasil (*Viewing Results*)

Setelah model selesai menghitung perhitungan dengan sukses, maka kita dapat melihat hasilnya. Terdapat beberapa pilihan yang tersedia untuk melihat hasil perhitungan, yang diantaranya :

- a. Pencetakan *Cross Section (Cross Section Plots)*
- b. Pencetakan penampang memanjang sungai *Profile Plots*
- c. Pencetakan tampak perspektif X-Y-Z (*X-Y-Z Perspective Plot*)
- d. Tabel *Cross Section Tabulator Output At Specific Location (Cross Section Table)*
- e. Tabel profil memanjang (*Profile Table*)
- f. Ringkasan kesalahan, peringatan, dan catatan (*The Summary, Warnings, And Notes*).