

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1. Topografi**

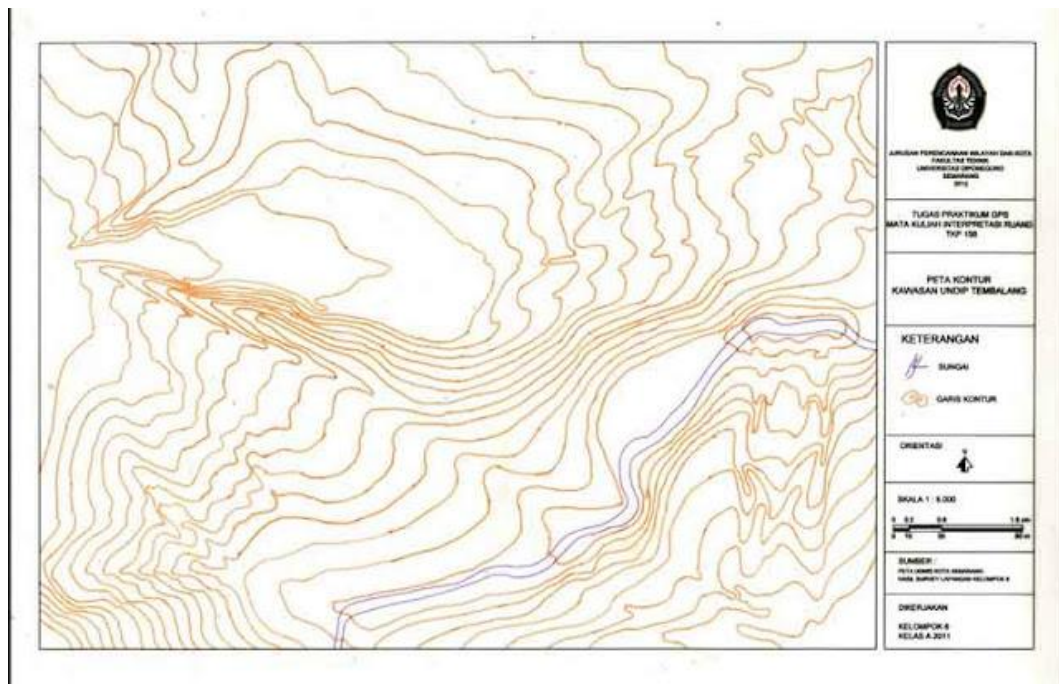
Peta Topografi merupakan salah satu jenis peta yang ditandai dengan skala besar dan detail, biasanya menggunakan garis kontur dalam pemetaan moderen. Sebuah peta topografi biasanya terdiri dari dua atau lebih peta yang tergabung untuk membentuk keseluruhan peta. Sebuah garis kontur merupakan kombinasi dari dua segmen garis yang berhubungan namun tidak berpotongan, ini merupakan titik elevasi pada peta topografi. Karakteristik unik yang membedakan peta topografi dari jenis peta lainnya adalah peta ini menunjukkan kontur topografi atau bentuk tanah di samping fitur lainnya seperti jalan, sungai, danau, dan lain-lain. Karena peta topografi menunjukkan kontur bentuk tanah, maka peta jenis ini merupakan jenis peta yang paling cocok untuk kegiatan outdoor dari peta kebanyakan. Pada peta kontur dilengkapi dengan garis kontur yang juga diberi label ketinggian garis serta interval kontur.

Peta kontur adalah suatu peta yang di dalamnya terdapat (garis-garis kontur) yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai ketinggian yang sama. Garis kontur adalah garis khayal dilapangan yang dibuat dengan cara menghubungkan titik-titik yang mempunyai ketinggian yang sama atau garis kontur adalah garis menerus di atas peta yang megambarkan titik-titik di atas peta dengan ketinggian yang sama. Garis kontur ini merupakan ciri khas yang membedakan peta topografi dengan peta lainnya dan digunakan untuk menggambarkan relief bumi atau tinggi rendahnya permukaan bumi pada peta. Garis kontur dapat juga disebut garis tranches, garis tinggi dan garis tinggi horizontal. Dalam hal ini dapat dimisalkan bahwa garis tinggi horizontal adalah +30 m dari muka air laut, artinya garis kontur ini dihubungkan oleh titik-titik yang mempunyai ketinggian yang sama + 30 m terhadap tinggi dari muka air laut. Garis kontur digambarkan di atas peta untuk menggambarkan tinggi rendahnya permukaan tanah dari muka air laut. Dari garis kontur ini selanjutnya dapat diaplikasikan untuk mendapatkan informasi mengenai *slope* (kemiringan tanah rata-rata), irisan profil memanjang atau melintang permukaan tanah, dalam bidang Teknik Sipil (dalam pembangunan jalan)

[illegible]

**Gambar 2. 1** Contoh peta topografi  
Sumber : Atobasahona.com, 2017

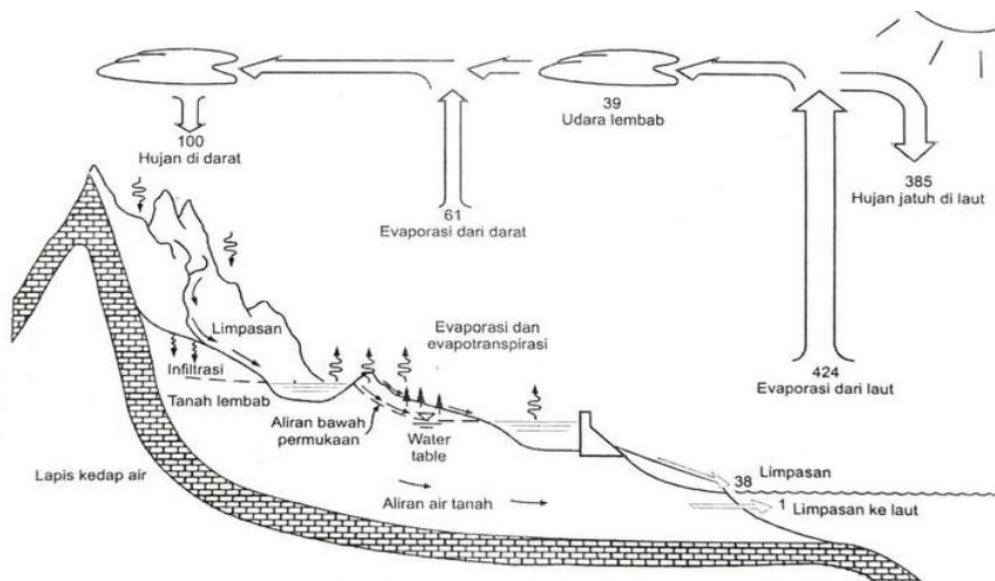
Untuk peta garis konturnya dapat dilihat pada Gambar 2.2 sebagai berikut:



**Gambar 2. 2** Contoh Peta Topografi  
Sumber : Atobasahona.com, 2017

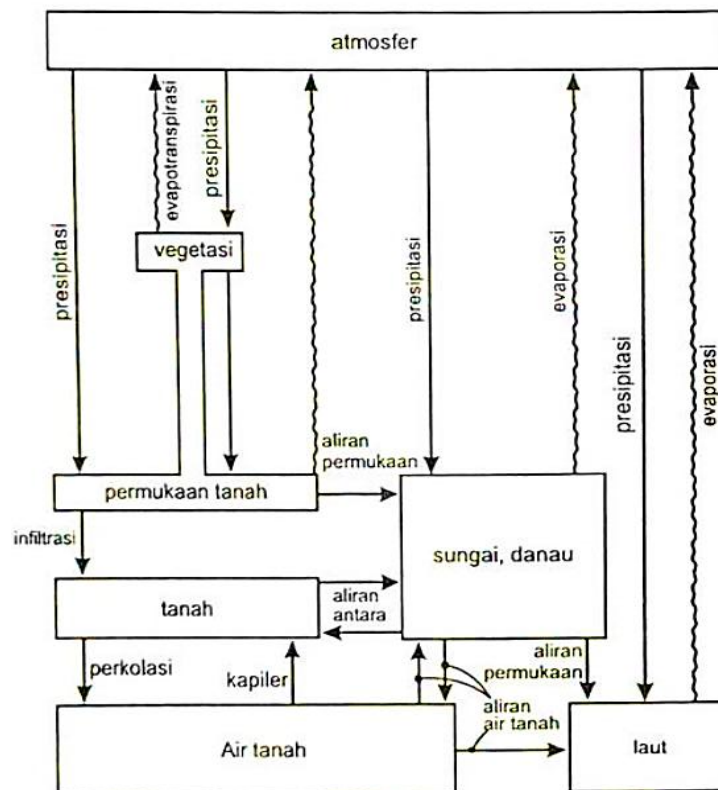
## 2.2. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan proses kontinyu dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi (Chow, I 988). Gambar 2.3 menunjukkan siklus hidrologi



**Gambar 2. 3** Siklus Hidrologi  
Sumber : Bambang Triatmojo, 2019

Dalam Gambar 2.3 ditunjukkan pula komponen-komponen dari siklus hidrologi. Neraca air tahunan diberikan dalam nilai relatif terhadap hujan yang jatuh di daratan (100%). Air di permukaan tanah, sungai, danau dan laut menguap ke udara. Uap air tersebut bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh tumbuh-tumbuhan (*intersepsi*) dan selebihnya sampai ke permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau *surface runoff*) mengisi cekungan tanah, danau, dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Akhirnya aliran air di sungai akan sampai ke laut. Proses tersebut berlangsung terus menerus yang disebut dengan siklus hidrologi. Pada Gambar 2.4 adalah skema siklus hidrologi (Ponce, 1989).



**Gambar 2. 4** Skema Siklus Hidrologi  
Sumber : Triatmojo, 2019

Jumlah air yang ada di bumi dan yang berada dalam berbagai proses dalam siklus hidrologi diberikan dalam Tabel 2.1. Tabel tersebut menunjukkan bahwa jumlah air di bumi adalah 1,386 miliar  $\text{km}^3$  ; yang sebagian besar adalah air laut yaitu sebesar 96,5%. Sisanya sebesar 1, 7% berupa es di kutub; 1,7% sebagai air tanah dan hanya 0,1% merupakan air permukaan dan air di atmosfer. Air di atmosfer yang merupakan sumber air permukaan hanya berjumlah 12. 900 karena atau kurang dari 1/100.000 dari seluruh air di bumi. Dari jumlah air tawar sebesar 35 juta  $\text{km}^3$ , dua per tiganya adalah dalam bentuk es di kutub dan sisanya sebagian besar berupa air tanah pada kedalaman 200 sampai 600 m. Hanya 0,006% berupa air tawar di sungai (Chow, 1988 dalam Triatmojo, 2019).

**Tabel 2. 1** Perkiraan jumlah air di dunia

| Jenis                | Luas<br>( $10^6\text{km}^2$ ) | Volume<br>( $\text{km}^3$ ) | Persen thd<br>total air | Persen thd<br>air tawar |
|----------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Lautan               | 361,3                         | 1.338.000.000               | 96,5                    |                         |
| Air tanah            |                               |                             |                         |                         |
| Air tawar            | 134,8                         | 10.530.000                  | 0,76                    | 30,1                    |
| Air asin             | 134,8                         | 12.870.000                  | 0,93                    |                         |
| Lengas tanah         | 82,0                          | 16.500                      | 0,0012                  | 0,05                    |
| Es di kutub          | 16,0                          | 24.023.500                  | 1,7                     | 68,6                    |
| Es dan salju lainnya | 0,3                           | 340.000                     | 0,025                   | 1,0                     |
| Danau                |                               |                             |                         |                         |
| Air tawar            | 1,2                           | 91.000                      | 0,007                   | 0,26                    |
| Air asin             | 0,8                           | 85.400                      | 0,006                   |                         |
| Rawa                 | 2,7                           | 11.470                      | 0,0008                  | 0,03                    |
| Sungai               | 148,8                         | 2.120                       | 0,0002                  | 0,006                   |
| Air biologis         | 510,0                         | 1.120                       | 0,0001                  | 0,003                   |
| Air atmosfir         | 510,0                         | 12.900                      | 0,001                   | 0,04                    |
| Total air            | 510,0                         | 1.385.984.610               | 100                     |                         |
| Air tawar            | 148,8                         | 35.029.210                  | 2,5                     | 100                     |

Sumber : Triatmojo, 2019

Jumlah air permukaan dan air atmosfer pada suatu waktu relatif kecil. Tetapi karena proses pembentukannya terjadi secara terus menerus sesuai dengan siklus hidrologi, maka jumlahnya dalam satu tahun cukup besar (Triatmojo, 2019).

### 2.3. Definisi Hujan

Apabila awan yang terbentuk di angkasa terus naik akan menjadi butir-butir halus dan berubah menjadi butir-butir air yang besar-besar danakhirnya jatuh ke bumi sebagai air hujan. Jadi hujan dapat di definisikan sebagai peristiwa jatuhnya

butir-butir air dari langit ke permukaan bumi. Hujan juga dapat diartikan sebagai presipitasi yang berbentuk cair (presipitasi : semua bentuk hasil konsumsi uap air yang terkandung di atmosfer). Hujan merupakan salah satu gejala cuaca yang memiliki peranan penting bagi kehidupan di bumi (hujan sebagai sumber air tawar).

Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan 1 (satu) milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter. Intensitas hujan adalah banyaknya curah hujan persatuan jangka waktu tertentu. Apabila dikatakan intensitasnya besar berarti hujan lebat dan kondisi ini sangat berbahaya karena berdampak dapat menimbulkan banjir, longsor dan efek statistik terhadap tanaman.

Jumlah curah hujan yang diterima oleh suatu daerah di samping tergantung sirkulasi uap air, juga tergantung dari statistik-faktor seperti letak garis lintang, ketinggian tempat, jarak dari sumber-sumber air, posisi daerah terhadap benua/daratan, arah angin terhadap sumber-sumber air (menjauhi/mendekati), hubungannya dengan deretan gunung, suhu nisbi tanah dan samudera yang berbatasan (Eagleson dalam Seyhan, 1995).

#### **2.4. Keragaman Hujan**

Curah hujan di Indonesia berkisar antara 2.000-3.000 mm/tahun. Untuk mendapatkan data curah hujan yang akurat maka data lapangan harus diperiksa dan diteliti kebenarannya terlebih dahulu sebelum digunakan untuk keperluan penyelesaian masalah-masalah hidrologis. Pemeriksaan data curah hujan dapat ditanyakan langsung kepada petugas pencatat di stasiun meteorologi.

Untuk mencirikan jumlah curah hujan yang jatuh pada suatu wilayah/daerah, para ahli hidrologi membutuhkan 4 (empat) unsur dibawah ini :

#### **2.5. Derajat hujan dan Intensitas hujan**

Derajat hujan adalah jumlah curah hujan dalam satuan waktu tertentu. Biasanya satuan yang digunakan adalah mm/jam. Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan dalam waktu statistik singkat (biasanya dalam waktu 2 jam). Besarnya curah hujan tidak bertambah sebanding dengan waktu. Jika waktu ditentukan lebih lama, maka penambahan curah hujan itu adalah lebih kecil

dibandingkan dengan penambahan waktu, karena curah hujan dapat berkurang ataupun berhenti.

Derajat curah hujan sangat membantu dalam melihat kondisi suatu wilayah, terutama tentang keadaan tanahnya, sehingga untuk di lapangan perlu antisipasi peralatan yang dibutuhkan. Derajat curahhujan juga berguna untuk melihat keadaan curah hujan yang berlangsung.

Berikut ini disajikan kondisi daerah berdasarkan derajat hujan danintensitas hujan Tabel 2.2 dan keadaan curah hujan berdasarkan intensitas hujan Tabel 2.3, sebagai berikut:

**Tabel 2. 2** Kondisi Daerah Berdasarkan Derajat Dan Itensitas Hujan

| <b>Derajat Hujan</b> | <b>Intensitas hujan (mm)</b> | <b>Kondisi</b>                                                                         |
|----------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Hujan sangat lemah   | < 0,02                       | Tanah agak basah atau bahasi sedikit.                                                  |
| Hujan lemah          | 0,02 – 0,05                  | Tanah menjadi basah semuanya , tetapi sulit mebuat pudel.                              |
| Hujan normal         | 0,05 – 0,25                  | Tanah dapat dibutat pudel dan bunyi curah hujan kedengaran.                            |
| Hujan deras          | 0,25 – 1                     | Air tegnenag diseluruh permukaan tanah dan bunyi keras hujan kedengaran dari genangan. |
| Hujan sangat deras   | >1                           | Hujan seperti ditumpahkan, saluran dan drainase meluap.                                |

(Sumber: Sosrodarsono, 1997)

**Tabel 2. 3** Keadaan Curah Hujan Berdasarkan Itensitas Curah Hujan

| Keadaan Curah Hujan | Intensitas Curah Hujan (mm) |          |
|---------------------|-----------------------------|----------|
|                     | 1 Jam                       | 24 Jam   |
| Hujan Sangat Ringan | <1                          | <5       |
| Hujan Ringan        | 1 – 5                       | 5 – 20   |
| Hujan Normal        | 5 – 20                      | 20 – 50  |
| Hujan Lebat         | 10 – 20                     | 50 – 100 |
| Hujan Sangat Lebat  | >20                         | >100     |

(Sumber: Sosrodarsono, 1997)

## 2.6. Penghitungan Hujan Suatu Daerah

Hasil pengukuran data hujan dari masing-masing alat pengukuran hujan adalah merupakan data hujan suatu titik (*point rainfall*). Padahal untuk kepentingan analisis yang diperlukan adalah data hujan suatu wilayah (*areal rainfall*). Ada beberapa cara untuk mendapatkan data hujan wilayah yaitu :

1. Cara rata-rata aljabar/ matematik
2. Cara *Polighon Thiessen*
3. Cara Isohiyet
4. Cara Perhitungan Curah Hujan Rencana

Beberapa metode diatas kegunaannya sama yaitu untuk menghitung Tabel Kala Ulang dan Debit Banjir suatu wilayah.

### 2.6.1. Cara Rata-rata Aljabar/ Matematik

Cara ini merupakan cara yang paling sederhana yaitu hanya dengan membagi rata pengukuran pada semua stasiun hujan dengan jumlah stasiun dalam wilayah tersebut. Sesuai dengan kesederhanaannya maka cara ini hanya disarankan digunakan untuk wilayah yang relatif mendatar dan memiliki sifat hujan yang relatif homogen dan tidak terlalu kasar. Secara aljabar/ matematik ditulis Persamaan 2.1 seperti berikut :

**Persamaan 2. 1** Rata-rata Aljabar/Matematik

$$\text{Rata-rata CH} = (\sum Ri)/n \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana :

Ri = Besarnya CH pada Stasiun i

n = Jumlah Penakar (stasiun)

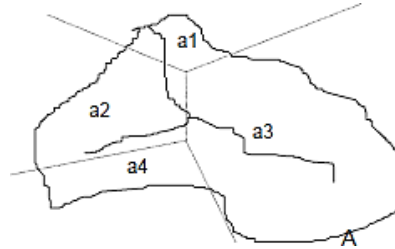
(Sumber : Bria, 2017)

### 2.6.2. Cara *Poligon Thiessen*

Cara ini selain memperhatikan tebal hujan dan jumlah stasiun, juga memperkirakan luas wilayah yang diwakili oleh masing-masing stasiun untuk digunakan sebagai salah satu cara dalam menghitung hujan rata-rata daerah yang bersangkutan. Poligon dibuat dengan cara menghubungkan garis-garis berat diagonal terpendek dari para stasiun hujan yang ada. Cara ini untuk daerah yang tidak seragam dan variasi CH besar. Menurut Shaw (1985) cara *Polygon Thiessen* tidak cocok untuk daerah bergunung dengan intensitas Chtinggi. Dilakukan dengan

membagi suatu wilayah (luasnya A) ke dalam beberapa daerah-daerah membentuk statist (luas masing-masing daerah  $a_i$ ), seperti pada Gambar 2.5 :

Untuk menghitung Curah Hujan rata-rata dengan metode Polygon Thiessen menggunakan Persamaan 2.2 sebagai berikut :



**Gambar 2. 5** Daerah-daerah *Poligon Thiessen* ( $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ,  $a_4$ ) yang dibatasi oleh garis putus-putus pada wilayah  
Sumber : Shaw (1985)

### **Persamaan 2. 2 Cara *Poligon Thiessen***

$$R = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + A_3.R_3 + \dots + A_n.R_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \frac{A_1.R_1 + A_2.R_2 + A_3.R_3 + \dots + A_n.R_n}{A} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana :

- R = Curah hujan daerah (mm)
- $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$  = curah hujan tiap titik pengamatan (mm)
- $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  = Luas wilayah yang dibatasi poligon
- A = Luas daerah penelitian

(Sumber : Sugiyarto, 2017)

### **2.6.3. Cara Isohiet**

Isohiet adalah garis yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai tinggi hujan yang sama. Metode ini menggunakan Isohiet sebagai garis-garis yang membagi daerah aliran sungai menjadi daerah- daerah yang diwakili oleh stasiun-stasiun yang bersangkutan, yang luasnya dipakai sebagai cara koreksi dalam perhitungan hujan rata-rata. Cara ini dipandang paling baik, tetapi bersifat subyektif dan tergantung pada keahlian, pengalaman, pengetahuan pemakai terhadap sifat curah hujan pada daerah setempat. Isohiet adalah garis pada peta yang menunjukkan tempat – tempat dengan curah hujan yang sama.

Dalam metode Isohiet ini wilayah dibagi dalam daerah -daerah yang masing-masing dibatasi oleh dua garis isohet yang berdekatan. Sercara sederhana bisa juga

menggunakan kertas milimeter block dengan cara menghitung kotak yang ada dalam batas daerah yang diukur.

Metode Isohiet berguna terutama berguna untuk mempelajari pengaruh hujan terhadap perilaku aliran air sungai terutama untuk daerah dengan tipe curah hujan orografik (daerah pegunungan). (Sumber: Soewarno, 2000)

#### 2.6.4. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Perhitungan curah hujan rencana digunakan untuk meramal besarnya hujan dengan periode ulang tertentu. Berdasarkan curah hujan rencana tersebut kemudian dicari intensitas hujan yang digunakan untuk mencari debit banjir rencana. Dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan empat macam jenis distribusi yang banyak digunakan dalam bidang hidrologi, yaitu distribusi log-person III, serta distribusi gumbel.

##### a) Metode Gumbel

Rumus – rumus yang digunakan untuk menentukan curah hujan rencana menurut metode Gumbel dari Persamaan 2.3 berikut ini:

#### **Persamaan 2. 3** Curah Hujan Rencana Metode Normal

$$X_i = X_{RT} + s . K \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana:

$X_i$  = Hujan rencana dengan periode ulang  $T$  tahun (mm)

$X_{rt}$  = Nilai tengah Sampel

$S$  = Standar deviasi sampel

$K$  = Faktor Frekuensi

(Sumber : Baskoro *at.al*, 2020)

Untuk mencari faktor frekuensi dapat dilihat pada Permasaan 2.4 dan menentukan standar devisiasi dan variasi dapat dilihat pada Table 2.3 dan Tabel 2.4 sebagai berikut :

#### **Persamaan 2. 4** Faktor Frekuensi

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots 2.4$$

Dimana:

$Y_n$  = Harga Rata – Rata

$S_n$  = Pengurangan Standar Devisiasi

$Y_t$  = Variasi pengurangan

(Sumber : Baskoro *at.al*, 2020)

**Tabel 2. 4** Reduced Standart Deviation

| <i>n</i> | <i>Sn</i> | <i>n</i> | <i>Sn</i> | <i>n</i> | <i>Sn</i> | <i>n</i> | <i>Sn</i> |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| 10       | 0,9496    | 33       | 1,1226    | 56       | 1,1696    | 79       | 1,1930    |
| 11       | 0,9676    | 34       | 1,1255    | 57       | 1,1708    | 80       | 1,1938    |
| 12       | 0,9933    | 35       | 1,1285    | 58       | 1,1721    | 81       | 1,1945    |
| 13       | 0,9971    | 36       | 1,1313    | 59       | 1,1734    | 82       | 1,1953    |
| 14       | 1,0095    | 37       | 1,1339    | 60       | 1,1747    | 83       | 1,1959    |
| 15       | 1,0206    | 38       | 1,1363    | 61       | 1,1759    | 84       | 1,1967    |
| 16       | 1,0316    | 39       | 1,1388    | 62       | 1,1770    | 85       | 1,1973    |
| 17       | 1,0411    | 40       | 1,1413    | 63       | 1,1782    | 86       | 1,1980    |
| 18       | 1,0493    | 41       | 1,1436    | 64       | 1,1793    | 87       | 1,1987    |
| 19       | 1,0565    | 42       | 1,1458    | 65       | 1,1803    | 88       | 1,1994    |
| 20       | 1,0628    | 43       | 1,1480    | 66       | 1,1814    | 89       | 1,2001    |
| 21       | 1,0696    | 44       | 1,1499    | 67       | 1,1824    | 90       | 1,2007    |
| 22       | 1,0754    | 45       | 1,1519    | 68       | 1,1834    | 91       | 1,2013    |
| 23       | 1,0811    | 46       | 1,1538    | 69       | 1,1844    | 92       | 1,2020    |
| 24       | 1,0864    | 47       | 1,1557    | 70       | 1,1854    | 93       | 1,2026    |
| 25       | 1,0915    | 48       | 1,1574    | 71       | 1,1863    | 94       | 1,2032    |
| 26       | 1,1961    | 49       | 1,1590    | 72       | 1,1873    | 95       | 1,2038    |
| 27       | 1,1004    | 50       | 1,1607    | 73       | 1,1881    | 96       | 1,2044    |
| 28       | 1,1047    | 51       | 1,1623    | 74       | 1,1890    | 97       | 1,2049    |
| 29       | 1,1086    | 52       | 1,1638    | 75       | 1,1898    | 98       | 1,2055    |
| 30       | 1,1124    | 53       | 1,1658    | 76       | 1,1906    | 99       | 1,2060    |
| 31       | 1,1159    | 54       | 1,1667    | 77       | 1,1915    | 100      | 1,2065    |
| 32       | 1,1193    | 55       | 1,1681    | 78       | 1,1923    |          |           |

Sumber : Supirin, 2004

**Tabel 2. 5** Reduced Variate

| Periode Ulang | <i>Reduced Variate</i> | Periode Ulang | <i>Reduced Variate</i> |
|---------------|------------------------|---------------|------------------------|
| 2             | 0,3665                 | 100           | 4,6012                 |
| 5             | 1,5004                 | 200           | 5,2969                 |
| 10            | 2,2510                 | 500           | 6,2149                 |
| 20            | 2,9709                 | 1000          | 6,9087                 |
| 25            | 3,1993                 | 5000          | 8,5188                 |
| 50            | 3,9028                 | 10000         | 9,2121                 |

Sumber : Supirin, 2004

Tabel 2. 6 Harga Rata-rata ( $Y_n$ )

| $n$ | $Y_n$  | $n$ | $Y_n$  | $n$ | $Y_n$  | $n$ | $Y_n$  |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 10  | 0,4592 | 34  | 0,5396 | 58  | 0,5518 | 82  | 0,5572 |
| 11  | 0,4996 | 35  | 0,5402 | 59  | 0,5518 | 83  | 0,5574 |
| 12  | 0,5053 | 36  | 0,5410 | 60  | 0,5521 | 84  | 0,5576 |
| 13  | 0,5070 | 37  | 0,5418 | 61  | 0,5524 | 85  | 0,5578 |
| 14  | 0,5100 | 38  | 0,5424 | 62  | 0,5527 | 86  | 0,5580 |
| 15  | 0,5128 | 39  | 0,5430 | 63  | 0,5530 | 87  | 0,5581 |
| 16  | 0,5157 | 40  | 0,5436 | 64  | 0,5533 | 88  | 0,5583 |
| 17  | 0,5181 | 41  | 0,5442 | 65  | 0,5535 | 89  | 0,5585 |
| 18  | 0,5202 | 42  | 0,5448 | 66  | 0,5538 | 90  | 0,5586 |
| 19  | 0,5220 | 43  | 0,5453 | 67  | 0,5540 | 91  | 0,5587 |
| 20  | 0,5236 | 44  | 0,5458 | 68  | 0,5543 | 92  | 0,5589 |
| 21  | 0,5252 | 45  | 0,5463 | 69  | 0,5545 | 93  | 0,5591 |
| 22  | 0,5268 | 46  | 0,5468 | 70  | 0,5548 | 94  | 0,5592 |
| 23  | 0,5283 | 47  | 0,5473 | 71  | 0,5550 | 95  | 0,5593 |
| 24  | 0,5296 | 48  | 0,5477 | 72  | 0,5552 | 96  | 0,5595 |
| 25  | 0,5309 | 49  | 0,5481 | 73  | 0,5555 | 97  | 0,5596 |
| 26  | 0,5320 | 50  | 0,5485 | 74  | 0,5557 | 98  | 0,5598 |
| 27  | 0,5332 | 51  | 0,5489 | 75  | 0,5559 | 99  | 0,5599 |
| 28  | 0,5343 | 52  | 0,5493 | 76  | 0,5561 | 100 | 0,5600 |
| 29  | 0,5353 | 53  | 0,5497 | 77  | 0,5563 |     |        |
| 30  | 0,5362 | 54  | 0,5501 | 78  | 0,5565 |     |        |
| 31  | 0,5371 | 55  | 0,5504 | 79  | 0,5567 |     |        |
| 32  | 0,5380 | 56  | 0,5508 | 80  | 0,5569 |     |        |
| 33  | 0,5388 | 57  | 0,5511 | 81  | 0,5570 |     |        |

Sumber : Supirin, 2004

b) Metode Log Pearson III

Distribusi Log-pearson tipe III banyak digunakan dalam analisis hidrologi terutama dalam analisis data maksimum banjir dan minimum debit minimum dengan nilai ekstrim. Bentuk komulatif dari distribusi Log-pearson tipe III dengan nilai variatnya  $X$  apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik (*logarithmic probability paper*) akan merupakan matematik persamaan garis lurus.

Tahapan untuk menghitung hujan rancangan maksimum dengan metode Log-pearson tipe III adalah sebagai berikut (Suwarno,1995):

1. Hujan harian maksimum diubah dalam bentuk logaritma.
2. Menghitung nilai logaritma rata-rata dengan Persamaan 2.5 sebagai berikut :

**Persamaan 2. 5** Nilai Rata-rata Logaritma

$$\log X_{rt} = \sum_{i=1}^n \frac{\log X_i}{n} \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana:

$X_i$  = titik tetap tiap interval kelas (mm)

$X_{rt}$  = rata – rata hitungan (mm)

$n$  = jumlah kelas

3. Menghitung harga simpangan baku dengan Persamaan 2.6 :

**Persamaan 2. 6** Harga Simpangan Baku

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum (\log x_i - \overline{\log x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots 2.6$$

Dimana:

$S$  = Standar deviasi

$X_i$  = titik tetap tiap interval kelas (mm)

$X_{rt}$  = rata – rata hitungan (mm)

$n$  = jumlah kelas

4. Menghitung harga koefisien asimetri dengan Persamaan 2.7:

**Persamaan 2. 7** Harga Koefisien Asimetri

$$C_s = \frac{n \sum (\log x_i - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2) S_i^3} \dots\dots\dots 2.7$$

Dimana:

$C$  = koefisien kemencengan

$S$  = Standar deviasi

$X_i$  = titik tetap tiap interval kelas (mm)

$X_{rt}$  = rata – rata hitungan (mm)

$n$  = jumlah kelas

5. Menghitung logaritma hujan rancangan dengan kala ulang tertentu dengan Persamaan 2.8:

**Persamaan 2. 8** Log Hujan Rancangan

$$\log X_T = \overline{\log x} + K.S_i \dots\dots\dots 2.8$$

Dimana:

$S$  = Standar deviasi

$X_i$  = titik tetap tiap interval kelas (mm)

$X_{rt}$  = rata – rata hitungan (mm)

$K$  = Variabel Standart(*standarized variable*),  
tergantung  $C_s$

6. Menghitung antilog  $XT$  untuk mendapatkan curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu atau dengan membaca grafik pengeplotan  $XT$  dengan peluang pada kertas logaritma. Tabel 2.7 Nilai  $K$  untuk distribusi Log-Person III dapat dilihat pada tabeld bawah ini :

**Tabel 2. 7** Nilai  $K$  untuk ditribusi Log-Pearson III

| Kemencengan (CS) | Periode Ulang |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                  | 2             | 5     | 10    | 25    | 50    | 100   | 500   | 1000  |
|                  | Peluang (%)   |       |       |       |       |       |       |       |
|                  | 50            | 20    | 10    | 4     | 2     | 1     | 0.5   | 0.1   |
| 3.0              | -0.396        | 0.420 | 1.180 | 2.278 | 3.152 | 4.051 | 4.970 | 7.250 |
| 2.5              | -0.360        | 0.518 | 1.250 | 2.262 | 3.048 | 3.845 | 4.652 | 6.600 |
| 2.2              | -0.330        | 0.574 | 1.284 | 2.240 | 2.970 | 3.705 | 4.444 | 6.200 |
| 2.0              | -0.307        | 0.609 | 1.302 | 2.219 | 2.912 | 3.605 | 4.298 | 5.910 |
| 1.8              | -0.282        | 0.643 | 1.318 | 2.193 | 2.848 | 3.499 | 4.147 | 5.660 |
| 1.6              | -0.254        | 0.675 | 1.329 | 2.163 | 2.780 | 3.388 | 3.990 | 5.390 |
| 1.4              | -0.225        | 0.705 | 1.337 | 2.128 | 2.706 | 3.271 | 3.828 | 5.110 |
| 1.2              | -0.195        | 0.732 | 1.340 | 2.087 | 2.626 | 3.149 | 3.661 | 4.820 |
| 1.0              | -0.164        | 0.758 | 1.340 | 2.043 | 2.542 | 3.022 | 3.489 | 4.540 |
| 0.9              | -0.148        | 0.769 | 1.339 | 2.018 | 2.498 | 2.957 | 3.401 | 4.395 |
| 0.8              | -0.132        | 0.780 | 1.336 | 1.998 | 2.453 | 2.891 | 3.312 | 4.250 |
| 0.7              | -0.116        | 0.790 | 1.333 | 1.967 | 2.407 | 2.824 | 3.223 | 4.105 |
| 0.6              | -0.099        | 0.800 | 1.328 | 1.939 | 2.359 | 2.755 | 3.132 | 3.960 |
| 0.5              | -0.083        | 0.808 | 1.323 | 1.910 | 2.311 | 2.686 | 3.041 | 3.815 |
| 0.4              | -0.066        | 0.816 | 1.317 | 1.880 | 2.261 | 2.615 | 2.949 | 3.670 |
| 0.3              | -0.050        | 0.824 | 1.309 | 1.849 | 2.211 | 2.544 | 2.856 | 3.525 |
| 0.2              | -0.033        | 0.830 | 1.301 | 1.818 | 2.159 | 2.472 | 2.763 | 3.380 |
| 0.1              | -0.017        | 0.836 | 1.292 | 1.785 | 2.107 | 2.400 | 2.670 | 3.235 |
| 0.0              | 0.000         | 0.842 | 1.282 | 1.751 | 2.054 | 2.326 | 2.576 | 3.090 |
| -0.1             | 0.017         | 0.836 | 1.270 | 1.761 | 2.000 | 2.252 | 2.482 | 3.950 |
| -0.2             | 0.033         | 0.850 | 1.258 | 1.680 | 1.945 | 2.178 | 2.388 | 2.810 |
| -0.3             | 0.050         | 0.853 | 1.245 | 1.643 | 1.890 | 2.104 | 2.294 | 2.675 |
| -0.4             | 0.066         | 0.855 | 1.231 | 1.606 | 1.834 | 2.029 | 2.201 | 2.540 |
| -0.5             | 0.083         | 0.856 | 1.216 | 1.567 | 1.777 | 1.955 | 2.108 | 2.400 |
| -0.6             | 0.099         | 0.857 | 1.200 | 1.528 | 1.720 | 1.880 | 2.016 | 2.275 |
| -0.7             | 0.166         | 0.857 | 1.183 | 1.488 | 1.663 | 1.806 | 1.926 | 2.150 |
| -0.8             | 0.132         | 0.856 | 1.166 | 1.488 | 1.606 | 1.733 | 1.837 | 2.035 |
| -0.9             | 0.148         | 0.854 | 1.147 | 1.407 | 1.549 | 1.660 | 1.749 | 1.910 |
| -1.0             | 0.164         | 0.852 | 1.128 | 1.366 | 1.492 | 1.588 | 1.664 | 1.800 |
| -1.2             | 0.195         | 0.844 | 1.086 | 1.282 | 1.379 | 1.449 | 1.501 | 1.625 |
| -1.4             | 0.225         | 0.832 | 1.041 | 1.198 | 1.270 | 1.318 | 1.351 | 1.465 |
| -1.6             | 0.254         | 0.817 | 0.994 | 1.116 | 1.166 | 1.200 | 1.216 | 1.280 |
| -1.8             | 0.282         | 0.799 | 0.945 | 1.035 | 1.069 | 1.089 | 1.097 | 1.130 |
| -2.0             | 0.307         | 0.777 | 0.895 | 0.959 | 0.980 | 0.990 | 1.995 | 1.000 |
| -2.2             | 0.330         | 0.752 | 0.844 | 0.888 | 0.900 | 0.905 | 0.907 | 0.910 |
| -2.5             | 0.360         | 0.711 | 0.771 | 0.793 | 0.798 | 0.799 | 0.800 | 0.802 |
| -3.0             | 0.396         | 0.636 | 0.660 | 0.666 | 0.666 | 0.667 | 0.667 | 0.668 |

Sumber : Soewarno, 1995

## 2.7. Waktu Konsentrasi Hujan

Menurut (Almahera *et al.*, 2020), Waktu konsentrasi untuk saluran air hujan daerah perkotaan terdiri dari waktu yang diperlukan oleh limpasan untuk mengalir dipermukaan tanah untuk mencapai saluran terdekat ( $t_o$ ) dan waktu pengaliran dalam saluran ke titik yang dimaksud ( $t_d$ ). Menurut (Sari, 2014), waktu konsentrasi hujan dapat dihitung dengan Persamaan 2.9 dan 2.10 berikut :

**Persamaan 2. 9** Waktu Konsentrasi Hujan menggunakan Waktu pengaliran

$$T_d = \frac{L}{v} \dots\dots\dots 2.9$$

**Persamaan 2. 10** Waktu Konsentrasi Hujan Menggunakan Waktu Konsentrasi

$$T_c = 0,0195 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385} \dots\dots\dots 2.9 a$$

Dimana:

- $t_c$  = waktu konsentrasi (jam)
- $L$  = panjang saluran dari titik yang terjauh sampai dengan titik yang ditinjau (m)
- $S$  = kemiringan dasar saluran (1%)
- $t_d$  = waktu pengaliran air yang mengalir di dalam saluran sampai titik yang ditinjau.

## 2.8. Sungai

Sungai adalah aliran air di permukaan yang besar dan berbentuk memanjang yang mengalir secara terus-menerus dari hulu (sumber) menuju hilir (muara). Sungai merupakan tempat mengalirnya air secara grafitasi menuju ke tempat yang lebih rendah, Sungai juga merupakan salah satu wadah tempat berkumpulnya air dari suatu kawasan. Apabila aktivitas manusia yang berada di sekitar aliran sungai tidak diimbangi dengan kesadaran melestarikan lingkungan sungai, maka kualitas air sungai akan buruk. Tetapi jika sebaliknya aktivitas manusia diimbangi oleh kesadaran menjaga lingkungan sungai, maka kualitas air sungai akan relatif baik. Arah aliran sungai sesuai dengan sifat air mulai dari tempat yang tinggi ke tempat rendah. Sungai bermula dari gunung atau dataran tinggi menuju ke danau atau lautan. Pada beberapa kasus, sebuah sungai secara sederhana mengalir meresap ke dalam tanah sebelum menemukan badan air lainnya. Melalui sungai merupakan cara yang biasa bagi air hujan yang turun di daratan untuk mengalir ke laut atau tampungan air yang besar seperti danau. Sungai terdiri dari beberapa bagian,

bermula dari mata air yang mengalir ke anak sungai. Beberapa anak sungai akan bergabung untuk membentuk sungai utama. Aliran air biasanya berbatasan dengan saluran dengan dasar dan tebing di sebelah kiri dan kanan. Pengujung sungai di mana sungai bertemu laut dikenali sebagai muara sungai. Sungai merupakan salah satu bagian dari siklus hidrologi. Air dalam sungai umumnya terkumpul dari presipitasi, seperti hujan, embun, mata air, limpasan bawah tanah, dan di beberapa negara tertentu juga berasal dari lelehan es/salju. Selain air, sungai juga mengalirkan sedimen dan polutan.

Sungai juga terdapat kapasitas, tidak semua sungai bisa menampung aliran air dengan debit yang tidak sesuai, berikut ini penjelasan dari kapasitas sungai :

- a. Pengertian Kapasitas Menurut KBBI Kapasitas adalah ruang yang tersedia dan daya tampung. Secara umum kapasitas berarti jumlah maksimum output fisik yang dapat disimpan atau ditampung oleh suatu wadah atau tempat.
- b. Kapasitas Tampungan Sungai

Kapasitas tampungan sungai merupakan kemampuan sungai untuk mengalirkan aliran air. Apabila kapasitas tampungan sungai tidak mampu lagi mengalirkan debit air, maka akan terjadi luapan pada sungai dan menyebabkan genangan pada daerah bantaran banjir. Pengurangan kapasitas tampungan sungai dapat disebabkan oleh pengendapan yang berasal dari erosi tanggul sungai yang berlebihan dan sedimentasi di sungai tersebut (Kodoatie *et al.*, 2002:78).

Analisis kapasitas tampungan sungai diperlukan untuk mengidentifikasi apakah dimensi penampang sungai yang mampu mengalirkan debit banjir rencana. Kapasitas tampungan sungai dianalisis dengan menggunakan software HEC-RAS.

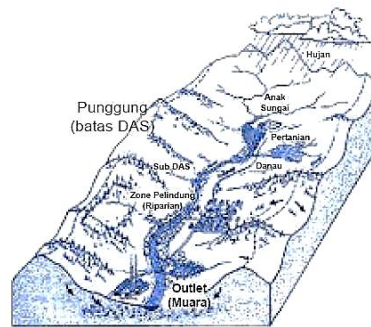
## **2.9. Daerah Aliran Sungai (DAS)**

Daerah Aliran Sungai (DAS) secara umum didefinisikan sebagai suatu hamparan wilayah atau kawasan yang dibatasi oleh pembatas topografi (punggung bukit) yang menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen dan unsur hara serta mengalirkan melalui anak-anak sungai dan keluar pada sungai utama ke laut atau ke danau.

Menurut Asdak (1995), Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi punggung-punggungan gunung dimana air hujan yang jatuh pada daerah

tersebut akan ditampung oleh punggung gunung dan dialirkan melalui sungai kecil ke sungai utama.

Daerah Aliran Sungai (DAS) biasanya dibagi menjadi daerah hulu, tengah, dan hilir. Daerah hulu merupakan daerah konservasi dengan percepatan drainase lebih tinggi dan berada pada kemiringan lebih besar ( $>15\%$ ), bukan merupakan daerah banjir karena pengaturan pemakaian air ditentukan oleh pola drainase. Daerah hilir merupakan daerah dengan kemiringan lereng kecil sampai sangat kecil ( $<8\%$ ), pengaturan pemakaian air ditentukan oleh bangunan irigasi. Daerah tengah DAS merupakan daerah transisi dari dua keadaan DAS yang berbeda tersebut diatas (Asdak,2010), Skema daerah aliran sungai terdapat pada Gambar 2.5 sebagai berikut :



**Gambar 2. 6** Skema Daerah Aliran Sungai

Sumber : (Wordpress.com, diunduh 20 September 2023, 23.19)

Karena air mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah sepanjang lereng maka garis batas sebuah DAS adalah punggung bukit sekeliling sebuah sungai. Garis batas DAS tersebut merupakan garis khayal yang tidak bisa dilihat, tetapi dapat digambarkan pada peta. Batas DAS kebanyakan tidak sama dengan batas wilayah administrasi. Akibatnya sebuah DAS bisa berada pada lebih dari satu wilayah administrasi.

## **2.9. Peningkata Kapasitas Sungai**

Peningkatan kapasitas sungai (*River improvement*) dilakukan terutama berkaitan erat dengan pengendalian banjir, yang merupakan usaha untuk memperbesar kapasitas pengaliran sungai. Hal ini dimaksud untuk menampung debit banjir yang terjadi untuk dialirkan ke hilir atau laut, sehingga tidak terjadi limpasan. Pekerjaan ini pada dasarnya dapat meliputi kegiatan antara lain:

1. Perbaikan bentuk penampang melintang.

2. Mengatur penampang memanjang sungai.
3. Menurunkan angka kekasaran dinding alur sungai.
4. Melakukan sudetan pada alur sungai meander.
5. Melakukan rekonstruksi bangunan di sepanjang sungai yang tidak sesuai dan mengganggu pengaliran banjir.
6. Menstabilkan alur sungai.
7. Pembuatan tanggul banjir. Sistem pengerukan alur saluran bertujuan untuk memperbesar kapasitas tampungan sungai dan memperlancar aliran sungai.

Hal-hal penting dalam *river improvement* diantaranya adalah:

1. Perencanaan penampang melintang sungai.
2. Hidrologi dan hidraulika banjir.
3. Elevasi, talut dan lebar tanggul.
4. Stabilitas terhadap erosi dan longsor,
5. Perkuatan tebing sungai (revetment).
6. Efek pengaruh *back water* akibat bangunan dan pasang surut.

## **2.10. Banjir**

Menurut Suita *et al.*, (2018), banjir adalah peristiwa terbenamnya daratan (yang biasanya kering) karena volume air yang meningkat. Banjir ada dua peristiwa, pertama peristiwa banjir atau genangan yang terjadi pada daerah yang biasanya tidak terjadi banjir. Kedua peristiwa banjir terjadi karena limpasan air banjir dari sungai karena debit banjir tidak mampu dialirkan oleh alur sungai atau debit banjir lebih besar dari kapasitas pengaliran sungai yang ada.

Menurut Kodoatie dan Sugiyanto (Maulana *et al.*, 2017), banjir terjadi karena adanya dua faktor utama, yaitu :

### **1. Faktor Manusia**

Dikarenakan adanya perubahan tata guna lahan seperti perubahan daerah resapan air menjadi pemukiman dan perkebunan. Disamping itu perawatan sistem drainase yang kurang baik dan seringnya masyarakat membuang sampah tidak pada tempatnya. Hal ini menyebabkan air yang harusnya meresap ke dalam tanah menjadi melimpas, erosi dan

sedimentasi menjadi tinggi sehingga tampungan menjadi semakin kecil dan terjadilah banjir.

## 2. Faktor Alam

Dikarenakan oleh curah hujan yang terlalu tinggi, dataran yang rendah, serta pengaruh dari fisiografinya.

### 2.11. Catchment Area

Menurut (Rizki *et al.*, 2017), *catchment area* adalah kawasan yang memiliki fungsi mengalirkan air ke saluran drainase. Daerah tangkapan air dapat dihitung berdasarkan luas jalan. Daerah tangkapan air juga merupakan daerah daratan yang dibatasi oleh punggung bukit atau batas topografi yang berfungsi untuk menerima, menyimpan, dan mengarahkan air hujan yang jatuh di atasnya ke dalam alur sungai dan terus mengalir ke anak-anak sungai dan sungai-sungai utama, yang pada akhirnya bermuara ke danau atau sungai ataupun laut.

### 2.12. Debit Aliran

Debit aliran adalah laju air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam system SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ( $m^3/dt$ ). Sedangkan dalam laporan-laporan teknis, debit aliran biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran. Hidrograf aliran adalah suatu perilaku debit sebagai respon adanya perubahan karakteristik biogeofisik yang berlangsung dalam suatu DAS oleh adanya kegiatan pengelolaan DAS dan / atau adanya perubahan (fluktuasi musiman atau tahunan) iklim lokal. Dalam praktek, sering variasi kecepatan pada tampang lintang diabaikan, dan kecepatan aliran dianggap seragam di setiap titik pada tampang lintang yang besarnya sama dengan kecepatan rerata  $V$ , sehingga debit aliran terdapat pada Persamaan 2.11 sebagai berikut :

#### Persamaan 2. 11 Debit Aliran

$$Q = A \times V \dots\dots\dots 2.9$$

Dimana :

$Q$  = Debit Aliran ( $m^3/s$ )

$A$  = Luas Penampang ( $m^2$ )

$V$  = Kecepatan Aliran ( $m/s$ )

Sumber : Abdul Latheef, 1984

Pada dasarnya debit air yang dihasilkan oleh suatu sumber air ditentukan oleh beberapa faktor - faktor yaitu :

1. Intensitas hujan
2. Penggundulan hutan
3. Pengalihan hutan

Pengukuran debit dapat dilakukan dengan berbagai macam cara yaitu (Arsyad,1989):

1. Pengukuran volume air sungai.
2. Pengukuran debit dengan cara mengukur kecepatan aliran dan menentukan luas penampang melintang sungai.
3. Pengukuran dengan menggunakan bahan kimia yang dialirkan dalam sungai.
4. Pengukuran debit dengan membuat bangunan pengukur debit.

Debit air sungai adalah tinggi permukaan air sungai yang terukur oleh alat ukur permukaan air sungai. Pengukurannya dilakukan setiap hari atau dengan pengertian yang lain debit. Aliran sungai adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan ( $m^3/dt$ ).

Teknik pengukuran debit aliran langsung di lapangan pada dasarnya dapat dilakukan melalui empat katagori (Gordon et al., 1992):

1. Pengukuran volume air sungai
2. Pengukuran debit dengan cara mengukur kecepatan aliran dan menentukan luas penampang melintang sungai.

### **2.13. Unsur-Unsur Geometris Penampang Saluran**

Unsur-unsur penampang saluran dapat dijabarkan dalam penjelasan sebagai berikut ini :

1. Luas penampang melintang (A), adalah luas cairan yg dipotong oleh penampang melintang dan tegak lurus pada arah aliran.
2. Keliling basah (P), adalah panjang dasar dan sisi – sisi sampai permukaan cairan.
3. Jari-jari hidrolis (R), adalah perbandingan luas penampang melintang (A) dan keliling basah (P).

4. Lebar puncak (T), adalah lebar permukaan air bagian atas.
5. Kedalaman hidrolis (D), adalah perbandingan luas Penampang melintang (A) dan lebar puncak (T).
6. Faktor Penampang (Z) untuk aliran kritis, adalah perkalian antara luas penampang melintang (A) dan akar dari kedalaman hidrolis (D).
7. Faktor Penampang (Z) untuk aliran seragam, adalah perkalian antara luas penampang melintang(A) dan pangkat 2/3dari jari-jari hidrolis(R).

#### 2.14. Rumus Chezy

Seperti yang telah diketahui, bahwa perhitungan untuk aliran melalui saluran terbuka hanya dapat dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus empiris, karena adanya banyak variabel yang berubah. Untuk itu berikut ini disampaikan rumus-rumus empiris yang banyak digunakan untuk merencanakan suatu saluran terbuka. Chezy berusaha mencari hubungan bahwa zat cair yang melalui saluran terbuka akan menimbulkan tegangan geser (tahanan) pada dinding saluran, dan akan diimbangi oleh komponen gaya berat yang bekerja pada zat cair dalam arah aliran. Di dalam aliran seragam, komponen gaya berat dalam arah aliran adalah seimbang dengan tahanan geser, dimana tahanan geser ini tergantung pada kecepatan aliran.

Setelah melalui beberapapenurunan rumus, akan didapatkan Persamaan 2.12 umum Rumus Chezy:

#### Persamaan 2. 12 Chezy

$$V = C \sqrt{R} \cdot I \dots\dots\dots 2.10$$

Dimana :

- |   |                                          |
|---|------------------------------------------|
| V | = Kecepatan aliran (m/det),              |
| R | = $A/P$ = adalah Jari-jari Hidraulik (m) |
| A | = luas basah                             |
| P | = keliling basah                         |
| I | = Kemiringan dasar saluran               |
| C | = Koefisien Chezy,                       |

Sumber : Fatmasari *et.al*,2019

Berikut rumus untuk menemukan koefisien metode Chezy, terdapat pada Persamaan 2.13 dan 2.14 :

1. Rumus Kutter :

**Persamaan 2. 13 Kutter**

$$C = \frac{23 + \frac{0,00155}{t} + \frac{1}{n}}{1 + \left(23 + \frac{0,000155}{S}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \dots\dots\dots 2.11$$

2. Rumus Bazin :

**Persamaan 2. 14 Bazin**

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \dots\dots\dots 2.12$$

Dimana :

$n$  = Angka kekasaran manning

$S$  = Kemiringan memanjang saluran

$\gamma$  = Berat jenis bahan lapisan saluran

Sumber : Fatmasari *et.al*,2019

## 2.15. Rumus Manning

Rumus Manning yang banyak digunakan pada pengaliran di saluran terbuka, juga berlaku untuk pengaliran di pipa. Persamaan 2.13 tersebut mempunyai bentuk:

**Persamaan 2. 15 Manning**

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots 2.13$$

Dimana :

$V$  = Kecepatan aliran (m/det)

$n$  = Koefisien Manning

$R$  = Jari-jari Hidraulik

$I$  = Kemiringan dasar saluran.

Sumber : Fatmasari *et.al*, 2019

Untuk menentukan kekasaran manning terdapat pada Tabel 2.8  
Kekasaran Manning Untuk Saluran.

**Tabel 2. 8** Kekasaran Manning untuk Saluran

| Saluran  | Keterangan                              | n Manning     |
|----------|-----------------------------------------|---------------|
| Tanah    | Lurus, baru, seragam, landau dan bersih | 0,016 – 0,033 |
|          | Berkeok, landau dan berlumur            | 0,023 – 0,040 |
|          | Tidak terawat dan kotor                 | 0,050 – 0,140 |
|          | 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    | Halus, sambungan baik dan rata          | 0,014 – 0,018 |
|          | Kurang halus dan sambungan kurang rata  | 0,018 – 0,030 |

Sumber : Darmadi,2016

Untuk menentukan Tipikal Harga Koefisien Kekerasan Manning terdapat pada Tabel 2.9 sebagai berikut:

**Tabel 2. 9** Tipikal Harga Koefisien Kekerasan Manning

| No | Tipe Saluran dan Jenis Bahan                                   | Harga n |        |          |
|----|----------------------------------------------------------------|---------|--------|----------|
|    |                                                                | Minumum | Normal | Maksimum |
| 1. | Beton                                                          |         |        |          |
|    | • Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran                   | 0,010   | 0,011  | 0,013    |
|    | • Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/gangguan | 0,011   | 0,013  | 0,014    |
|    | • Beton dipoles                                                | 0,011   | 0,012  | 0,014    |
| 2. | Saluran pembuang dengan bak control                            | 0,013   | 0,015  | 0,017    |
|    | Tanah, lurus dan seragam                                       |         |        |          |
|    | • Bersih baru                                                  | 0,016   | 0,018  | 0,020    |
|    | • Bersih telah melapuk                                         | 0,018   | 0,022  | 0,025    |
| 3. | • Berkerikil                                                   | 0,022   | 0,025  | 0,030    |
|    | • Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu                  | 0,022   | 0,027  | 0,033    |
|    | Saluran alam                                                   |         |        |          |
|    | • Bersih lurus                                                 | 0,025   | 0,030  | 0,033    |
|    | • Bersih, berkelok-kelok                                       | 0,033   | 0,040  | 0,045    |
|    | • Banyak tanaman pengganggu                                    | 0,050   | 0,070  | 0,080    |
|    | • Dataran banjir berumput pendek-tinggi                        | 0,025   | 0,030  | 0,035    |
|    | • Saluran di belukar                                           | 0,035   | 0,050  | 0,070    |

Sumber : Darmadi, 2016

## 2.16. Rumus Strickler

Rumus Strickler yang banyak digunakan pada pengaliran di saluran terbuka, juga berlaku untuk pengaliran di pipa (Fatmasari *et.al*, 2019). Persamaan 2.16 tersebut mempunyai bentuk:

### Persamaan 2. 16 Strickler

$$V = k. R^{2/3} I^{1/2} \dots\dots\dots 2.13$$

Dimana :

K = Koefisien Strickler

R = Jari-jari Hidrolik,  $R = A/P$

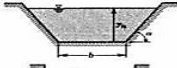
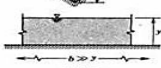
A = Luas Penampang Saluran

P = keliling basah

## 2.17. Dimensi Optimum Saluran Terbuka

Dimensi optimum adalah suatu dimensi saluran yang memberikan energi minimum dan memberikan aliran yang maksimum atau debitnya maksimum terdapat pada Gambar 2.7 sebagai berikut :

Properties of optimum open-channel sections (From Fox and McDonald)

| Shape       | Section                                                                             | Optimum Geometry                                    | Normal Depth, $y_n$                             | Cross-Sectional Area, $A$                       |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Trapezoidal |  | $\alpha = 60^\circ$<br>$b = \frac{2}{\sqrt{3}} y_n$ | $0.968 \left[ \frac{Qn}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$ | $1.622 \left[ \frac{Qn}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$ |
| Rectangular |  | $b = 2y_n$                                          | $0.917 \left[ \frac{Qn}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$ | $1.682 \left[ \frac{Qn}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$ |
| Triangular  |  | $\alpha = 45^\circ$                                 | $1.297 \left[ \frac{Qn}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$ | $1.682 \left[ \frac{Qn}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$ |
| Wide Flat   |  | None                                                | $1.00 \left[ \frac{Qn}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$  | ---                                             |
| Circular    |  | $D = 2y_n$                                          | $1.00 \left[ \frac{Qn}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$  | $1.583 \left[ \frac{Qn}{S^{1/2}} \right]^{3/8}$ |

Gambar 2. 7 Dimensi Optimum Saluran Terbuka  
(Sumber : Fajrin, 2018)

## 2.18. Koefisien Pengaliran

Koefisien Aliran Permukaan (C) merupakan suatu koefisien yang besarnya tergantung pada kondisi permukaan tanah, kemiringan, jenis tanah, serta lamanya hujan di daerah pengaliran. Koefisien Pengaliran terdapat pada Tabel 2.10 sebagai berikut :

**Tabel 2. 10** Koefisien Pengaliran (C)

| <b>Kondisi Permukaan Tanah</b>                                                                                                                                                       | <b>Koefisien Pengaliran (C)</b>                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1. Jalan Beton dan Jalan Aspal                                                                                                                                                       | 0,70 – 0,95                                              |
| 2. Jalan Kerikil dan Jalan Tanah                                                                                                                                                     | 0,40 – 0,70                                              |
| 3. Bahu Jalan : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanah Berbutir Halus</li> <li>• Tanah Berbutir Kasar</li> <li>• Batuan Masif Keras</li> <li>• Batuan Masif Lunak</li> </ul> | 0,40 – 0,65<br>0,10 – 0,20<br>0,70 – 0,85<br>0,60 – 0,75 |
| 4. Daerah Perkotaan                                                                                                                                                                  | 0,70 - 0,95                                              |
| 5. Daerah Pinggiran Kota                                                                                                                                                             | 0,60 – 0,70                                              |
| 6. Daerah Industri                                                                                                                                                                   | 0,60 – 0,90                                              |
| 7. Permukiman Padat                                                                                                                                                                  | 0,60 - 0,80                                              |
| 8. Pemukiman tidak padat                                                                                                                                                             | 0,40 – 0,60                                              |
| 9. Taman dan Kebun                                                                                                                                                                   | 0,20 - 0,40                                              |
| 10. Persawahan                                                                                                                                                                       | 0,45 – 0,60                                              |
| 11. Perbukitan                                                                                                                                                                       | 0,70 – 0,80                                              |
| 12. Pegunungan                                                                                                                                                                       | 0,75 – 0,90                                              |

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga

### 2.19. Drainase

Menurut Silvia (2017), drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dan juga merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya). Drainase juga merupakan suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah serta cara-cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut. Besarnya saluran air ditentukan oleh banyaknya kapasitas debit air buangan (air hujan dan air kotor dari sisa pemukiman) yang dianalisa berdasarkan kondisi topografi dan luas wilayahnya. Drainase yang berasal dari bahasa inggris yaitu drainage memiliki arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalihkan air.

Secara umum, drainase dapat didefinisikan sebagai suatu tindakan teknis untuk mengurangi kelebihan air, baik yang berasal dari air hujan, rembesan,

maupun kelebihan air irigasi dari suatu kawasan atau lahan, sehingga fungsi kawasan atau lahan tidak dapat terganggu. Menurut (Astika *et al*, 2020). Evaluasi sistem drainase merupakan upaya untuk mengukur hasil perencanaan sistem drainase untuk mengalirkan air hujan atau air limbah dari hulu ke hilir.

Faktor-faktor yang mendukung evaluasi sistem drainase tersebut meliputi tata guna lahan, topografi jalan, ukuran saluran, garis besar wilayah, kemiringan saluran, arah aliran, dan badan air lainnya yang akan digunakan sebagai umpan balik untuk perencanaan sistem drainase di masa mendatang. Menurut Setiono (2013). Sistem drainase yang baik juga sangat tergantung pada volume debit yang direncanakan untuk ditentukan. Berikut ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan debit rancangan, antara lain :

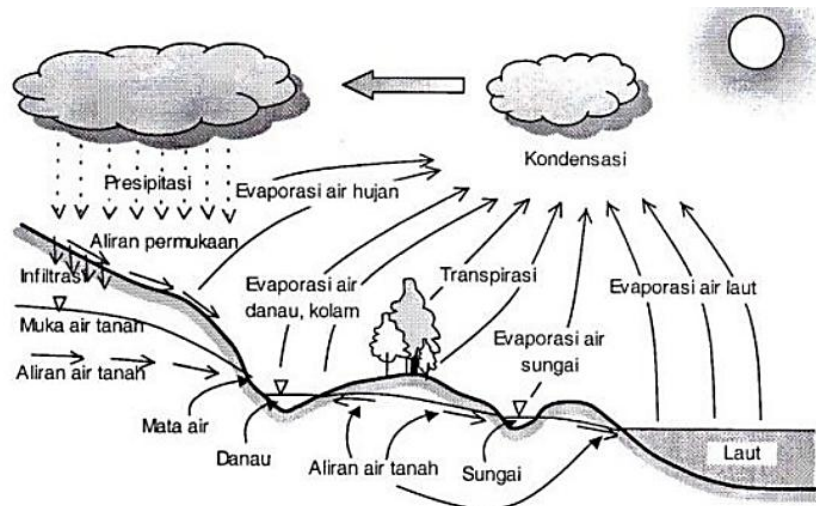
- a. Curah hujan yang sangat tinggi
- b. Kondisi daerah pengaliran (Koefisien Pengaliran)
- c. Kondisi topografi yang terkait dengan waktu konsentrasi aliran.
- d. Luas daerah pengaliran

## **2.20. Jenis Drainase**

Menurut Hasmar (Almahera *et al.*, 2020), drainase memiliki banyak jenis dan jenis drainase tersebut dapat dilihat dari berbagai aspek. Adapun jenis-jenis saluran drainase dapat dibedakan sebagai berikut ini:

1. Menurut sejarah terbentuknya : Drainase menurut sejarahnya terbentuk dalam berbagai cara, berikut ini cara terbentuknya drainase :
  - a. Drainase alamiah (*natural drainage*)

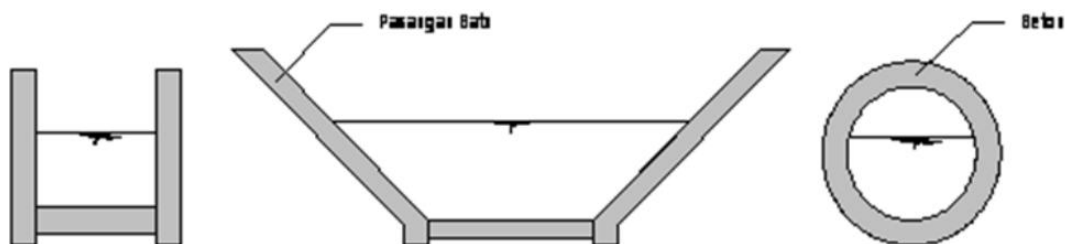
Drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasangan batu/beton, gorong-gorong dan lain-lain. Saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena gravitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai terdapat pada Gambar 2.8 sebagai berikut:



**Gambar 2. 8** Drainase Alamiah  
(Sumber : Selly, 2019)

b. Drainase buatan (*artificial drainage*)

Drainase ini dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu / beton, goronggorong, pipa-pipa dan sebagainya, terdapat pada Gambar 2.9 sebagai berikut:



**Gambar 2. 9** Drainase Buatan  
(Sumber : Selly, 2019)

2. Menurut letak salurannya

Saluran drainase menurut letak bangunannya terbagi dalam beberapa bentuk, berikut ini bentuk drainase menurut letak bangunannya :

a) Drainase permukaan tanah (*surface drainage*)

Saluran yang berada diatas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan.

b) Drainase bawah permukaan tanah (*sub surface drainage*)

Saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah, dikarenakan alasan-alasan tertentu.

3. Menurut fungsi drainasenya

Drainase berfungsi mengalirkan air dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Berikut ini jenis drainase menurut fungsinya :

- a. Single Purpose : Saluran yang berfungsi untuk mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lain.
- b. Multi Purpose : Saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian, misalnya mengalirkan air buangan rumah tangga dan air hujan secara bersamaan.

4. Menurut konstruksi

Dalam merancang sebuah drainase terlebih dahulu harus tahu jenis konstruksi apa drainase dibuat, berikut ini drainase menurut konstruksi :

- a. Saluran terbuka  
Saluran yang konstruksi bagian atasnya terbuka dan berhubungan dengan udara luar. Saluran ini biasanya direncanakan hanya untuk menampung dan mengalirkan air hujan.
- b. Saluran tertutup  
Saluran yang konstruksi bagian atasnya tertutup dan saluran ini tidak berhubungan dengan udara luar. Saluran ini sering digunakan untuk aliran air kotor atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

## 2.21. HEC-RAS

HEC-RAS adalah aplikasi yang diberikan secara *freeware* oleh *Hydrologic Engineering Center Us Army*. Aplikasi HEC-RAS ini menitik beratkan pada analisa Hidraulika pada sebuah Sungai / *River Analysis Sistem*, lain halnya dengan aplikasi serupa yang di keluarkan yaitu HEC-HMS yang menitik beratkan kepada analisa Hidrologinya. Data hujan yang digunakan oleh input HEC-RAS bisa didapatkan

dengan aplikasi HEC-HMS yang fungsinya sebagai analisis Hidrologi. Analisis hidrolika penampang saluran dihitung dengan menggunakan program HEC-RAS. Dengan analisis ini dapat diketahui elevasi muka air pada penampang saluran saat suatu debit air melalui saluran tersebut. Analisis yang dilakukan oleh HEC-RAS adalah analisis Aliran *Steady*, *Unsteady* dan *Sediment Transport*. Aliran *Steady* adalah sebuah aliran di mana jumlah cairan yang mengalir per detik melalui bagian apapun, adalah konstan. Aliran *Steady* pun di bagi menjadi 2, yaitu *Uniform Flow* dan *Non Uniform Flow*. Sedangkan *UnSteady Flow* adalah sebuah aliran di mana jumlah cairan yang mengalir per detik melalui bagian apapun, adalah tidak konstan.

Di dalam program HEC-RAS, kumpulan data tergabung di dalam proyek sistem saluran. Penggunaan program ini dapat dilakukan berbagai macam tipe analisa tentang pemodelan untuk formulasi beberapa rencana yang berbeda. Masing-masing rencana mewakili kumpulan data geometri dan data aliran. Setelah data awal dimasukkan dalam HEC-RAS, pemodelan dapat dengan mudah memformulasikan rencana baru. Setelah simulasi selesai dibuat untuk berbagai macam rencana, hasil simulasi dapat dibandingkan dalam bentuk tabel dan grafik yang berbeda.

Terdapat lima langkah utama dalam pembangunan model hidrolis menggunakan HEC RAS, yaitu :

1. Memulai HEC RAS
2. Pembuatan nama pekerjaan
3. Memasukkan data geometri
4. Memasukkan data debit (*steady flow*) dan kondisi batas
5. Running program (*steady flow*)

(Sumber : Canubry at.al, 2021)

## **2.22. Aliran Permanen HEC-RAS**

Pada aliran permanen HEC-RAS memakai persamaan energi kecuali di tempat-tempat yang kedalaman airnya melewati kedalaman kritis. Di tempat terjadi loncat air, pertemuan alur, dan aliran dangkal melalui jembatan, HEC-RAS menggunakan persamaan (kekekalan) momentum. Di tempat terjunan, aliran melalui peluap, dan aliran melalui bendung, HEC-RAS menggunakan persamaan-

persamaan empiris. Rumus persamaan energi dapat dilihat pada Persamaan 2.16  
Sebagai berikut:

**Persamaan 2. 17** Aliran Permanen HEC-RAS

$$Y_1 + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Y_2 + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_f \dots\dots\dots 2.16$$

Dimana :

- Y1, Y2                   = kedalaman aliran (m)
- Z1, Z2                 = elevasi dasar saluran (m)
- V1, V2                 = kecepatan rata-rata (m/s)
- g                         = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- $\sum h_f$                = total kehilangan energi (m)

Sumber : Canubry *et.al*, 2021

**2.23. Perbandingan Penelitian Terdahulu**

Perbandingan penelitian terdahulu yang menjadi acuan dalam mengerjakan tugas akhir ini, dapat dilihat pada tabel 2.11 sebagai berikut :

**Tabel 2. 11** Perbandingan Penelitian Terdahulu

| No | Penulis                                          | Judul penelitian                                                                                | Tahun | Perbandingan                                                             |
|----|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Deva Canubry<br>Azmeri<br>Nina Shaskia           | Perencanaan saluran drainase perkotaan wilayah kecamatan johan pahlawan dengan aplikasi HEC-RAS | 2021  | Sama menggunakan aplikasi HEC-RAS Saluran yang digunakan drainase primer |
| 2  | Jusatiria<br>M. Gasali M                         | Evaluasi perencanaan drainase menggunakan simulasi HEC-RAS 4.0                                  | 2021  | Menghitung debit menggunakan aplikasi HEC-RAS Simulasi saluran drainase  |
| 3  | Devita Eka<br>Zulfiatus<br>Sholikha,<br>Sutoyo & | Permodelan Sebaran Genangan Banjir Menggunakan HEC-RAS di Sub DAS Ciadane Hilir                 | 2022  | Menggunakan Aplikasi HEC-RAS                                             |

|   |                                                            |                                                                                                                          |      |                                                               |
|---|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------|
|   | Maulana Ibrahim Rau                                        |                                                                                                                          |      |                                                               |
| 4 | Aprizal Arju Meris                                         | Aplikasi HEC-RAS dalam Pengendalian Banjir Sungai Way Kandis - Lampung Selatan                                           | 2020 | Menggunakan Aplikasi HEC-RAS Mengendalikan banjir             |
| 5 | Immanuella Dermawan Winarta                                | Studi Alternatif Pengendalian Banjir Sungai Welang dengan Pendekatan Pemodelan Banjir Aliran 2D                          | 2022 | Menggunakan simulasi HEC-RAS 6.2                              |
| 6 | Tedi Irawan, Zainul Faizien Haza & Lilik Hendro Widaryanto | Analisis Genangan Banjir Menggunakan Sistem Aplikasi Hec-Ras 5.0.7 (Studi Kasus Sub-DAS Sungai Dengkeng).                | 2021 | Menggunakan Sistem Aplikasi Hec-Ras 5.0.7                     |
| 7 | Aidilis Tri Ananda Nasution                                | Evaluasi Sistem Drainase Untuk Menanggulangi Banjir (Studi Kasus Jalan Dr. Mansyur Depan Kampus Usu Fakultas Kedokteran) | 2022 | Mengevaluasi system drainase namun tidak menggunakan aplikasi |
| 8 | Adelia Agustina, Bertarina Dan Kastamo                     | Analisis Karakteristik Aliran Sungai Pada Sungai Cimadur, Provinsi Banten Dengan Menggunakan Hec-Ras                     | 2022 | Menggunakan Aplikasi HEC-RAS                                  |
| 9 | Shiska Fauziah                                             | Evaluasi kapasitas saluran drainase dengan menggunakan software HEC-RAS 4.10 dan EPA SWMM 5.1                            | 2021 | Menggunakan Aplikasi HEC-RAS                                  |

|    |                                                                       |                                                                                                         |      |                                 |
|----|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------|
| 10 | Maeza<br>Nurrisma<br>Astika Dan<br>Okik<br>Hendrianto<br>Cahyonugroho | Evaluasi Sistem Drainase<br>Di Wilayah Kecamatan<br>Waru, Kabupaten Sidoarjo<br>Dengan Software Hec-Ras | 2020 | Menggunakan<br>aplikasi HEC-RAS |
|----|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------|

