

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### **3.1. Curah Hujan**

Dalam analisis hidrologi, data curah hujan memegang peranan yang sangat penting. Data curah hujan ini diperoleh dari hasil pengukuran curah hujan pada suatu titik tertentu (*point rainfall*) dengan berbagai alat ukur, dimana titik tersebut dianggap dapat mewakili suatu luasan daerah tertentu. Didalam data curah hujan itu sendiri terdapat beberapa unsur penting yang saling terkait. Unsur-unsur tersebut adalah:

1. Intensitas hujan ( $i$ ), merupakan laju hujan = tinggi air persatuan waktu. (mm/menit, mm/jam, mm/hari).
2. Lama waktu (*duration*) ( $t$ ), merupakan lamanya curah hujan yang terjadi dalam menit atau jam.
3. Tinggi hujan ( $d$ ), merupakan jumlah atau banyaknya hujan yang dinyatakan dalam ketebalan air diatas permukaan datar (mm).
4. Frekuensi, merupakan frekuensi kejadian biasanya dinyatakan dalam waktu ulang (*return period*) ( $T$ ), misal sekali dalam  $T$  tahun.
5. Luas ( $A$ ), merupakan luas geografis curah hujan.

#### **3.2. Luas Daerah Pengaruh Masing-masing Stasiun**

Masing-masing stasiun hujan dianggap dapat mewakili suatu areal luasan tertentu, yang nantinya untuk menentukan suatu volume hujan didaerah tersebut.

Ada tiga metode yang dapat dipakai untuk menentukan daerah pengaruh dari masing-masing stasiun tersebut :

### 3.2.1. Metode rata-rata Aljabar (*Arithmetic mean methode*)

Tinggi hujan rata-rata didapat dengan mengambil harga rata-rata hitung (*arithmetic mean*) dari harga tinggi hujan pada masing-masing stasiun dalam suatu areal yang ditinjau.

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n}$$

dimana :  $d$  = tinggi curah hujan rata-rata area yang ditinjau

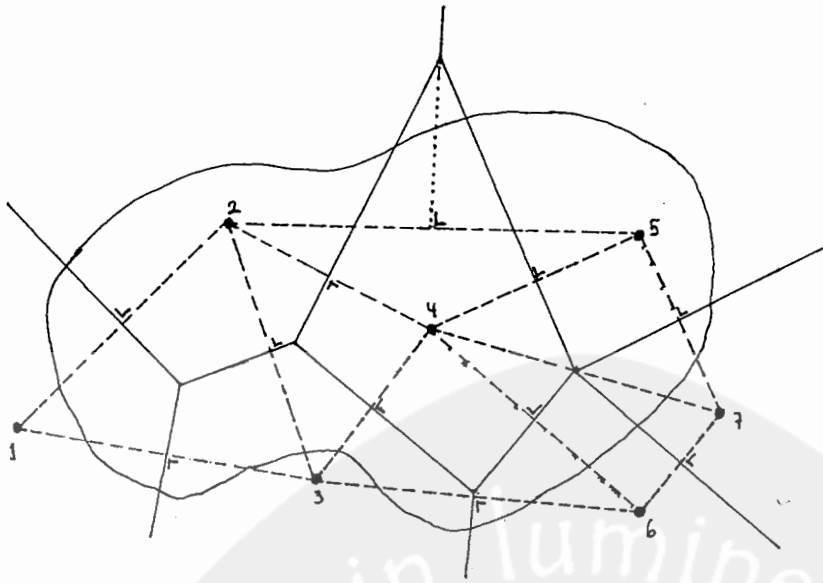
$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$  = tinggi curah hujan pada stasiun 1, 2, 3, ..., n

$n$  = banyaknya stasiun.

Hasil dari metode ini dapat dipercaya bila stasiun-stasiun yang ada tersebar merata pada area yang ditinjau, serta harga tinggi hujan pada masing-masing stasiun tidak jauh menyimpang dari harga tinggi hujan rata-rata seluruh stasiun.

### 3.2.2. Metode Poligon Thiessen

Metode ini didasarkan pada cara rata-rata timbang (*weighted average*). Masing-masing stasiun hujan mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun hujan seperti terlihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 3.1. Metode Poligon Thiessen**

Tinggi curah hujan rata-rata didapat dari persamaan :

$$d = \frac{A_1 \cdot d_1 + A_2 \cdot d_2 + A_3 \cdot d_3 + \dots + A_n \cdot d_n}{A} = \sum_1^n \frac{A_i \cdot d_i}{A}$$

Jika  $\frac{A_i}{A} = P_i$  yang merupakan persentase luas maka :  $d = \sum_1^n P_i \cdot d_i$

dimana :  $A =$  luas area

$d =$  tinggi curah hujan rata-rata areal

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n =$  tinggi curah hujan pada stasiun 1, 2, 3, ..., n

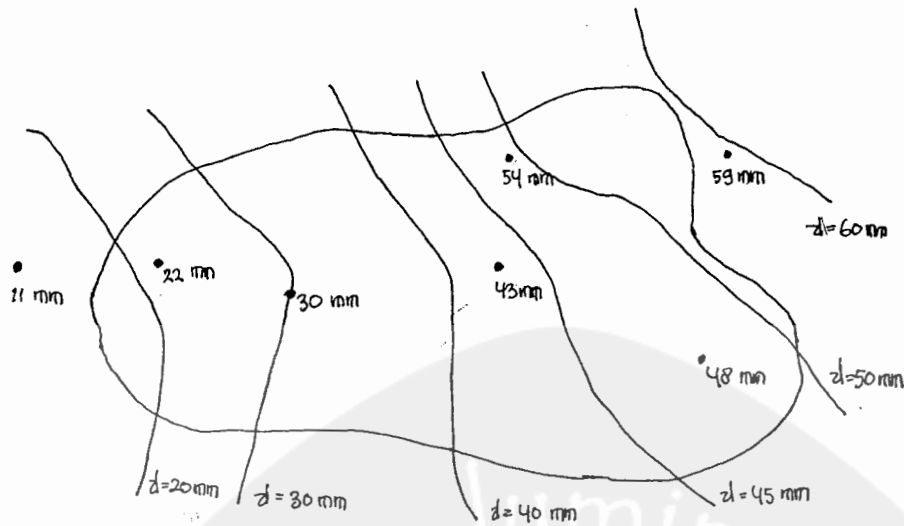
$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n =$  luas daerah pengaruh stasiun 1, 2, 3, ..., n

$$\sum_1^n P_i = \text{jumlah persentase luas} = 100\%$$

Hasil dari metode ini lebih teliti dibandingkan dengan metode sebelumnya.

### 3.2.3. Metode Isohyet

Terlebih dahulu harus digambar kontur dengan tinggi hujan yang sama (*Isohyet*), seperti terlihat pada gambar :



**Gambar 3.2. Metode Isohyet**

Kemudian luas bagian diantara isohyet-isohyet berdekatan diukur dan harga rata-ratanya dihitung sebagai rata-rata timbang dari nilai kontur, seperti berikut ini :

$$d = \frac{\frac{d_0 + d_1}{2} \cdot A_1 + \frac{d_1 + d_2}{2} \cdot A_2 + \frac{d_2 + d_3}{2} \cdot A_3 + \dots + \frac{d_{n-1} + d_n}{2} \cdot A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_{i-1} + d_i}{2} \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

dimana : A = luas areal

$d_0, d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$  = tinggi curah hujan pada isohyet 0, 1, 2, 3, ..., n

$A_0, A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  = luas daerah yang dibatasi oleh isohyet-isohyet

yang bersangkutan

Hasil dari metode ini adalah yang paling teliti, tetapi membutuhkan jaringan stasiun hujan yang relatif lebih padat guna memungkinkan menggambarkan garis-garis isohyet (Sri Harto BR, 2000).

### **3.3. Analisis Data**

Dalam menganalisis data, terdapat beberapa metode yang dapat dipakai.

Metode-metode tersebut antara lain:

1. Dengan metode Persamaan Regresi, dilakukan bila data yang tersedia kurang atau sama dengan tiga tahun.
2. Dengan metode Jumlah diatas batas ambang (POT) *Peaks Over a Threshold series*, yang dilakukan bila data yang tersedia antara satu sampai sepuluh tahun.
3. Dengan metode Serial Data, yang dilakukan bila data yang tersedia berkisar empat sampai dua puluh tahun.
4. Dengan metode Distribusi Peluang, yang dilakukan bila data yang tersedia lebih besar dari sepuluh tahun data (Soewarno, 1995).

#### **3.3.1. Uji homogenitas / kesamaan jenis**

Ada kalanya kita menemukan data curah hujan dari pos pengamatan hujan yang tidak berkesinambungan atau terputus untuk beberapa kali. Data yang terputus tersebut walaupun merupakan data yang berasal dari pos hujan dan dengan alat pengukur yang sama, tetapi merupakan data dengan populasi yang belum tentu sama. Sedangkan dalam menganalisis data hidrologi, kita hanya dapat mengolah data yang homogen. Oleh sebab itu kita harus meneliti terlebih dahulu apakah data yang akan kita analisis merupakan data yang homogen.

Pengujian terhadap homogenitas data tersebut dapat dilakukan dengan metode distribusi Bartlett dan Chi-kuadrat.

Persamaan untuk k kali pos hidrologi terputus / terhenti operasinya adalah:

$$\chi^2 = \frac{dk \cdot \ln \left[ \frac{1}{dk} \sum_{i=1}^{k+1} dki \cdot Si^2 \right] - \left[ \sum_{i=1}^{k+1} dki \cdot \ln \cdot Si^2 \right]}{1 + \frac{1}{3k} \left[ \left( \sum_{i=1}^{k+1} \frac{1}{dki} \right) - \frac{1}{dk} \right]}$$

$$dk = \sum_{i=1}^{k+1} dki$$

i = periode ke 1, 2, ..., n.

ln = logaritma natural

dk = derajat kebebasan

### 3.3.2. Uji kepanggahan / uji konsistensi

Uji konsistensi dilakukan untuk menguji apakah data yang akan kita uji adalah data yang konsisten. Data yang diambil dari pos data yang mengalami perubahan baik tempat / lokasi maupun system pengolahan datanya, harus diuji terlebih dahulu. Kekonsistenan suatu data dapat kita ukur berdasarkan kekonsistennannya terhadap data dari pos-pos data acuan / pos-pos data yang dianggap memiliki keadaan yang kurang-lebih sama dengan pos data yang kita uji.

### 3.3.3. Analisis data dengan metode distribusi peluang

Analisis data dengan metode distribusi peluang ini adalah suatu analisa yang didasarkan pada sifat statistik data yang tersedia, untuk memperoleh probabilitas rekaan data dimasa yang akan datang. Dalam hal ini dianggap bahwa statistik data dimasa yang akan datang masih sama dengan statistik data sekarang. Atau dengan kata lain, sifat klimatologis dan hidrologis daerahnya diharapkan masih sama.

Berikut ini adalah berbagai alternatif sebaran yang digunakan dalam analisis distribusi:

1. Sebaran Normal.

Persamaan umum :  $X = \bar{X} + S.k$

Keterangan :  $X$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan besarpeluang tertentu atau pada periode tertentu

$\bar{X}$  = nilai rata-rata hitung variat

$S$  = deviasi standar nilai variat

$k$  = faktor frekuensi (variable reduksi Gauss), merupakan fungsi dari pada peluang atau periode ulang dan tipe model matematik dari distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang.

Nilai variable reduksi Gauss ( $k$ ) dapat dilihat dalam lampiran 1

2. Sebaran Gumbel Tipe I.

Persamaan umum :  $Y = a.(X - X_0) \gggggggggg X = \left( \frac{Y}{a} + X_0 \right)$

$$a = \frac{1,283}{S}$$

$$X_0 = \bar{X} - \frac{0,577}{a}$$

keterangan :  $Y$  = faktor reduksi Gumbel

$\bar{X}$  = nilai rata-rata

$S$  = deviasi standar

Nilai variable reduksi Gumbel ( $Y$ ) dapat dilihat pada lampiran 2

### 3. Sebaran Log-Pearson Tipe III.

Persamaan umum :  $Y = \bar{Y} + k.S$

keterangan :  $Y$  = nilai logaritmik dari  $X$

$\bar{Y}$  = nilai rata-rata dari  $Y$

$S$  = deviasi standar dari  $Y$

$k$  = karakteristik dari distribusi Log-Pearson tipe III

(lihat lampiran 3)

$$\bullet \quad \overline{\text{Log}X} = \frac{\sum \text{Log}X}{n} \quad , n = \text{jumlah data}$$

$$\bullet \quad S \log X = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \overline{\log X})^2}{n-1}}$$

$$\bullet \quad CS = \frac{n \cdot \sum (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(S \log X)^3}$$

$$\text{Log}X = \overline{\text{Log}X} + k.S \text{Log}X$$

$$X = \text{anti Log}X$$

### 4. Sebaran Log Normal.

Persamaan umum :  $Y = \bar{Y} + k.S$

keterangan :  $Y$  = nilai logaritmik dari  $X$

$\bar{Y}$  = nilai rata-rata dari  $Y$

$S$  = deviasi standar dari  $Y$

$k$  = karakteristik dari distribusi Log-Normal

(lihat variable reduksi Gauss lampiran 1)

$$\text{Log}X = \overline{\text{Log}X} + k.S \log X \quad , X = \text{anti log}X$$



Variabel-variabel yang digunakan untuk menentukan jenis sebaran adalah:

$$C_s = \text{asimetri (skewness)} = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum (x - \bar{x})^3$$

$$C_k = \text{kurtosis} = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} \sum (x - \bar{x})^4$$

$$C_v = \text{koefisien variansi} = \frac{s}{\bar{x}}$$

$$\bar{x} = \text{nilai rata-rata} = \frac{\sum x}{n}$$

$$s = \text{standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}}$$

n = jumlah varian

**Tabel 3.1. Pemilihan jenis sebaran**

No	Sebaran	Syarat
1	Normal	$C_s = 0$
2	Log Normal	$C_s \approx 3 C_v$ atau $\frac{C_s}{C_v} \approx 3$
3	Gumbel Tipe I	$C_s = 1,1396$ $C_k = 5,4$
4	Log Pearson III	Tidak termasuk diatas $C_s < 0$

### 3.3.4. Uji kecocokan

Dari berbagai sebaran diatas, tentunya dari masing-masing sebaran tersebut memiliki tingkat ketelitian yang berbeda. Dan itu tergantung dari sifat data yang diuji. Oleh sebab itu kita tidak boleh sembarangan dalam memilih sebaran untuk menganalisis suatu data. Maka untuk selanjutnya harus diadakan uji kecocokan (*testing of goodness of fit*). Uji kecocokan ini dilakukan untuk mengetahui apakah sebaran yang dipilih telah cocok dengan sifat data yang diuji. Uji kecocokan ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan pengujian Chi-kuadrat dan pengujian Smirnov-Kolmogorov.

Langkah-langkah untuk uji kecocokan adalah sebagai berikut :

1. urutkan data curah hujan (X) dari data yang terbesar sampai yang terkecil.
2. beri peringkat (m) untuk masing-masing data tersebut
3. hitung harga peluang (P) untuk masing-masing data berdasarkan peringkatnya, dimana :  $P = \frac{m}{(N-1)}$  , N = jumlah data
4. hitung pula periode ulang (T) tahun untuk masing-masing data berdasarkan peluangnya, dimana :  $T = \frac{1}{P}$
5. lakukan plotting data pada kertas peluang (*Probability Paper*) dengan data curah hujan pada skala horisontal dan peluangnya pada skala vertikal

Selanjutnya lakukan pengujian Chi-kuadrat atau pengujian Smirnov-Kolmogorov. Langkah-langkah pengujian Chi-kuadrat adalah sebagai berikut :

1. kelompokkan data menjadi G sub group,
2. jumlahkan data sebesar  $O_f$  tiap-tiap sub group,

3. jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar  $E_f$ ,
4. tiap-tiap sub group hitung nilai :  $(O_f - E_f)^2$  dan  $\frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$
5. jumlahkan semua nilai  $\frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$  dari setiap sub group untuk menentukan nilai Chi-kuadrat hitung ( $X^2$  hitung),
6. tentukan derajat kebebasan  $DK = G - R - 1$  (nilai  $R = 2$ , untuk distribusi normal dan binomial, dan nilai  $R = 1$ , untuk distribusi Poisson) dan tentukan derajat kepercayaan ( $\alpha$ ), lalu tentukan nilai Chi-kuadrat teoritis ( $X^2$  teoritis atau  $X^2$  tabel).

Interpretasi hasil dari pengujian Chi-kuadrat ini adalah :

1. Jenis sebaran yang telah digunakan dalam analisis distribusi peluang dapat diterima bila harga  $X^2$  hitung  $\leq X^2$  teoritis.
2. Jenis sebaran yang telah digunakan dalam analisis distribusi peluang tidak dapat diterima bila harga  $X^2$  hitung  $> X^2$  teoritis.

Pengujian kecocokan yang lebih sederhana dilakukan dengan uji Smirnov-Kolmogorov. Uji dilakukan dengan membandingkan kemungkinan / peluang untuk tiap variat dari distribusi empiris dan teoritisnya. Dari perbandingan tersebut, diambil selisih maksimumnya dan kemudian dibandingkan dengan nilai kritis pada tabel untuk uji Smirnov-Kolmogorov. Persamaan distribusi dapat diterima bila selisih maksimum lebih kecil dari nilai kritis pada tabel.

### **3.4. Luas Daerah Tangkapan**

Tinggi curah hujan (mm/hari) yang dapat dimanfaatkan untuk disalurkan kedalam bak PAH sangatlah dipengaruhi oleh besar luasan daerah tangkapannya. Semakin luas daerah tangkapan (dengan tinggi curah hujan yang sama), maka akan semakin banyak pula air hujan yang dapat disalurkan ke bak PAH. Daerah tangkapan dalam hal ini adalah luasan atap rumah penduduk yang dapat diambil rata-ratanya dari data *survey*.

### **3.5. Kebutuhan Air**

Kebutuhan air bersih sangat dipengaruhi oleh pola hidup masyarakatnya. Semakin tinggi tingkat pendidikan dan kesejahteraannya, maka akan semakin tinggi pula kebutuhan akan air. Pada umumnya kebutuhan air bersih untuk pola hidup pedesaan adalah sekitar 60 lt/jiwa/hari sampai 80 lt/jiwa/hari (K.S.B. Pump Hand Book dikutip dari Fajar Hadi, 1978). Namun karena pada Kecamatan Panggang Kabupaten Gunungkidul merupakan daerah yang kekurangan air, maka kebutuhan air penduduknya pun terpaksa harus menyesuaikan dengan kondisi disana. Asumsi kebutuhan air bersih minimal pada musim kemarau akan dicari besarnya melalui data *survey* dan diambil variasi alternatif sebesar 60 lt/jiwa/hari dan 80 lt/jiwa/hari sebagai kebutuhan air pada musim penghujan untuk mencari kapasitas bak PAH. Dan tidak tertutup kemungkinan akan dicari pula kebutuhan maksimal pada musim penghujan, bila volume hujan yang ada tidak dapat mencukupi kebutuhan air dengan asumsi kebutuhan air diatas.

### **3.6. Analisis Kapasitas PAH**

Dengan data curah hujan rata-rata untuk setiap bulan, data jumlah anggota keluarga rata-rata, jumlah kebutuhan air per jiwa per hari, serta luas daerah tangkapan (atap rumah) rata-rata, dapat mulai dianalisis kapasitas bak dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghitung kebutuhan air per bulan untuk satu keluarga pada musim penghujan dan musim kemarau
2. Menghitung volume air yang dapat di tadah untuk tiap bulannya dengan mengalikan luasan daerah tangkapan dengan tinggi curah hujan
3. Dengan demikian dapat diketahui jumlah kelebihan dan kekurangan air dengan mengurangi poin (2) dengan poin (1) diatas
4. Menyimpulkan apakah jumlah kelebihan air total lebih besar dari jumlah kekurangan air total selama satu tahun
5. Bila ya, berarti air hujan dapat mencukupi kebutuhan sehari-hari dan selanjutnya dapat didisain kapasitas bak PAH yang sesuai

Dengan langkah-langkah tersebut diatas, dapat didisain kapasitas bak PAH standar yang optimal untuk dapat memenuhi kebutuhan air pada musim penghujan dan musim kemarau.