

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Hujan

#### 1. Pengertian Hujan

Hujan adalah jatuhnya *hydrometeor* yang berupa partikel-partikel air dengan diameter 0,5 mm atau lebih. Jika jatuhnya air sampai ke tanah maka disebut hujan, namun apabila air tersebut jatuhnya tidak mencapai tanah karena menguap lagi maka jatuhnya air tersebut disebut virga. Hujan juga dapat didefinisikan dengan uap yang mengkondensasi dan jatuh ke tanah dalam rangkaian proses hidrologi.

#### 2. Proses Terjadinya Hujan

Proses terjadinya dan turunnya hujan dapat dijelaskan sebagai berikut :

- ☒ Mula-mula sinar matahari menyinari bumi, energi sinar matahari ini mengakibatkan terjadinya *evaporasi* atau penguapan di lautan, samudra, sungai, danau, dan sumber-sumber air lainnya.
- ☒ Uap-uap air yang naik ini pada ketinggian tertentu akan mengalami kondensasi. Peristiwa *kondensasi* ini diakibatkan oleh suhu sekitar uap air lebih rendah daripada titik embun uap air.
- ☒ Uap-uap air ini kemudian akan membentuk awan. Kemudian, angin (yang terjadi karena perbedaan tekanan udara) akan membawa butir-butir air ini.

- ✎ Butir-butir air ini menggabungkan diri (proses ini dinamakan *koalensi*) dan semakin membesar akibat *turbelensi* udara, butir-butir air ini akan tertarik oleh gaya gravitasi bumi sehingga akan jatuh ke permukaan bumi.
- ✎ Saat jatuh ke permukaan bumi, butir-butir air akan melewati lapisan yang lebih hangat di bawahnya sehingga butir-butir air sebagian kecil menguap lagi ke atas dan sebagian lainnya jatuh ke permukaan bumi sebagai hujan. Untuk lebih memahami proses terjadinya hujan, dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Sumber : <http://www.Google.com/gambar/siklushidrologi/>

**Gambar 2.1** Siklus Hidrologi

Siklus Hidrologi adalah siklus atau daur air dalam berbagai bentuk, meliputi proses evaporasi dari lautan dan badan-badan berair didarat (misalnya : sungai, danau, vegetasi dan tanah lembab) ke udara sebagai reservoir uap air, proses kondensasi kedalam bentuk awan atau bentuk-bentuk pengembunan lain (embun, frost, kabut), kemudian kembali lagi ke daratan dan lautan dalam bentuk presipitasi (hujan).

Komponen siklus hidrologi dari gambar 2.1 :

1. Transpirasi (penguapan dari tumbuhan)

transpirasi merupakan penguapan yang berasal dari embun pernafasan makhluk hidup, misalnya manusia, hewan, dan tumbuhan. Buktinya coba Anda bernafas menempel pada kaca, pasti akan ada embun atau uap hasil pernafasan.

2. Evaporasi (penguapan dari tanah, sungai/danau dan laut)

evaporasi merupakan penguapan yang bersumber dari badan air atau perairan, misalnya penguapan air laut, air sungai, air danau, dan air kolam.

3. Mendung/awan

Mendung/awan merupakan kumpulan titik-titik air atau kristal es yang melayang-layang di atmosfer.

4. Hujan/presipitasi

presipitasi sering juga disebut sebagai hujan. presipitasi merupakan proses jatuhnya butiran-butiran air dari awan ke permukaan bumi.

5. Infiltrasi

Infiltrasi merupakan meresapnya atau masuknya air hujan ke dalam tanah secara vertikal. Air hujan yang akan masuk ke dalam tanah dapat masuk terus ke dalam tanah dan mengalir di bawah tanah.

6. Perkolasi

Perkolasi merupakan aliran air di dalam tanah setelah terjadinya proses infiltrasi. air mengalir menuju tempat yang rendah dan bermuara di laut.

## 7. Aliran air tanah/*Run off*

*Run off* sering juga disebut sebagai aliran permukaan. *Run off* merupakan aliran air hujan yang mengalir di atas permukaan bumi, misalnya melalui sungai, selokan, irigasi, dsb ke tempat yang lebih rendah hingga sampai ke laut.

## **B. Curah Hujan**

### **1. Pengertian Curah Hujan**

Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir (Handoko, 1995). Satuan curah hujan selalu dinyatakan dalam satuan millimeter atau inchi namun untuk di Indonesia satuan curah hujan yang digunakan adalah dalam satuan millimeter (mm). Curah hujan dalam 1 (satu) milimeter memiliki arti 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 negatif terhadap tanaman.

2. Lokasi Stasiun Curah Hujan Negara Ratu, Kandis Karang Anyar dan Way Galih di Wilayah Lampung Selatan.



Gambar 2.2 Lokasi Stasiun Curah Hujan

### 3. Alat Pengukur Curah Hujan



Gambar 2.3 Stasiun Curah Hujan Negara Ratu



Gambar 2.4 Stasiun Curah Hujan Kandis Karang Anyar



Gambar 2.5 Stasiun Curah Hujan Way Galih

Presipitasi/hujan adalah suatu endapan dalam bentuk padat/cair hasil dari proses kondensasi uap air di udara yang jatuh kepermukaan bumi. Satuan ukur untuk presipitasi adalah Inch, millimeters (volume/area), atau  $\text{kg/m}^2$



(mass/area) untuk persipitasi bentuk cair. 1 mm hujan artinya adalah ketinggian air hujan dalam radius  $1 \text{ m}^2$ , dan dimana apabila air hujan tersebut tidak mengalir, meresap atau menguap. Pengukuran curah hujan harian sedapat mungkin dibaca/dilaporkan dalam skala ukur 0.2 mm (apabila memungkinkan menggunakan resolusi 0.1 mm).

Alat Pengukur Curah Hujan berdasarkan prinsip kerja alat terbagi menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Pengukur curah hujan biasa (*observarium*), curah hujan yang jatuh diukur tiap hari dalam kurun waktu 24 jam yang pada umumnya dilaksanakan setiap pukul 00.00 GMT.
2. Pengukur curah hujan otomatis, pengukuran curah hujan yang dilakukan selama 24 jam dengan merekam jejak hujan menggunakan pias yang terpasang dalam jam alat otomatis tersebut dan dilakukan penggantian pias setiap harinya pada pukul 00.00 GMT.
3. Pengukuran curah hujan digital dimana curah hujan langsung terkirim ke monitor komputer berupa data sinyal yang telah diubah kedalam bentuk satuan curah hujan.

Jumlah hujan yang terjadi dalam satu DAS (Daerah aliran sungai) merupakan besaran yang sangat penting dalam sistem DAS tersebut, karena hujan merupakan masukan utama ke dalam satu DAS. Oleh sebab itu pengukuran harus dilakukan secara cermat. Jumlah hujan yang dimaksud tersebut adalah seluruh hujan yang terjadi dalam DAS yang bersangkutan karena hujan ini yang akan menjadi aliran di sungai. Dengan demikian, ini berarti bahwa seluruh hujan yang terjadi setiap saat harus dapat diukur. Konsekuensi dari

kebutuhan ini adalah bahwa di dalam DAS tersebut harus tersedia alat ukur yang mampu menangkap seluruh air hujan yang jatuh.

Untuk memperoleh hasil pengukuran yang baik, beberapa syarat harus dipenuhi untuk pemasangan alat ukur hujan tersebut yaitu antara lain :

1. Tidak dipasang ditempat yang terlalu terbuka (*over exposed*), seperti dipuncak bangunan dan dipuncak bukit.
2. Tidak dipasang di tempat yang terlalu tertutup (*under exposed*), seperti diantara dua bangunan gedung yang tinggi.
3. Paling dekat berjarak 4 x tinggi bangunan/rintangan yang terdekat.
4. Mudah memperoleh tenaga pengamat.

#### **4. Jaringan Pengukuran Hujan**

Untuk memperoleh perkiraan besaran hujan yang baik dalam suatu DAS, maka diperlukan sejumlah stasiun hujan. Semakin banyak jumlah stasiun hujan yang didapat, akan semakin menghasilkan perkiraan terhadap hujan sebenarnya yang terjadi di dalam suatu DAS. Namun, penempatan stasiun dalam jumlah yang sangat banyak akan memerlukan dana yang besar. Mengingat pula bahwa variabilitas hujan yang sangat besar, tidak hanya jumlah stasiun hujan tersebut yang mempunyai peran yang besar. Dengan demikian, di dalam merencanakan jaringan stasiun hujan (*rainfall networks*), terdapat dua hal penting yang harus diperhatikan, yaitu :

1. Jumlah stasiun hujan dinyatakan dalam  $\text{km}^2/\text{stasiun}$  (*network density*).
2. Pola penempatan stasiun didalam suatu DAS.

### C. Penerapan Statistik Dalam Hidrologi

Proses hidrologi merupakan gambaran fenomena hidrologi yang mengalami perubahan terus menerus, terutama terhadap waktu. Jika perubahan variabel selama proses diikuti dengan hukum kepastian, maka proses tersebut tidak tergantung kepada peluang (*change*), ini dinamakan dengan proses *deterministik*. Aliran air tanah merupakan contoh proses *deterministik*, karena laju aliran sebanding dengan gradien hidrolik. Disamping tidak tergantung pada peluang, proses *deterministik* juga merupakan proses yang tidak berubah karena waktu (*time variant*).

Tetapi jika perubahan variabel merupakan faktor peluang, maka prosesnya dinamakan dengan *stokastik* atau *probabilistik*. Pada umumnya proses *stokastik* adalah proses yang tergantung pada waktu, sedangkan proses *probabilistik* adalah proses yang tidak tergantung dengan waktu. Contoh proses *probabilistik* adalah lengkung durasi aliran, kebanyakan proses hidrologi termasuk kedalam proses *stokastik*. Sebenarnya proses hidrologi terdiri atas komponen-komponen *deterministik* dan *stokastik*. Besarnya kadar masing-masing komponen tersebut menentukan apakah proses tersebut dapat diselesaikan secara *deterministik* atau *stokastik*. Karena proses *non-stasioner* secara matematik sangat sulit, maka proses-proses hidrologi diselesaikan secara *stasioner*.

Atas dasar klasifikasi tersebut, maka ilmu hidrologi dapat dibagi menjadi hidrologi parametrik dan hidrologi stokastik. Hidrologi parametrik didefinisikan sebagai pengembangan dan analisis hubungan antara parameter-

parameter fisik yang dimasukkan ke dalam kejadian hidrologi, dan penggunaan hubungan itu untuk menghasilkan atau membuat sintesa kejadian-kejadian hidrologi. Studi dan penelitian hidrologi parametrik dapat melibatkan penggunaan model-model fisik, analog dan digital. Hidrologi stokastik didefinisikan sebagai manipulasi karakteristik statistik dari variabel-variabel hidrologi untuk menyelesaikan persoalan-persoalan hidrologi atas dasar stokastik dari variabel-variabel tersebut. Salah satu penerapan yang penting adalah penataan kembali urutan waktu kejadian-kejadian hidrologi yang historik dan usaha untuk menghasilkan urutan non historik yang representatif.

#### D. Metode Spektral

Metode spektral merupakan metode transformasi yang dipresentasikan sebagai *Fourier Transform* sebagai berikut (Zakaria (2003), Zakaria (2008)):

$$P(f_m) = \frac{\Delta t}{2\sqrt{\pi}} \sum_{n=-N/2}^{n=N/2} p(t_n) \cdot e^{\frac{-2\pi \cdot i \cdot m \cdot n}{M}} \quad (1)$$

Dimana :  $P(t_n)$  = Data hujan dalam domain waktu (*time series*).

$P(f_m)$  = Data hujan dalam domain frekuensi (*frequency domain*).

$t_n$  = Seri waktu yang menunjukkan jumlah data sampai ke N

$f_m$  = Seri frekuensi (*frequency domain*).

$M$  = Jumlah frekuensi

m = Variabel untuk menunjukkan waktu

n = Variabel untuk menentukan frekuensi

Berdasarkan pada frekuensi curah hujan yang dihasilkan, amplitudo sebagai fungsi dari frekuensi curah hujan dapat dihasilkan. Amplitudo maksimum dapat ditentukan dari amplitudo amplitudo yang dihasilkan sebagai amplitudo yang signifikan. Frekuensi curah hujan dari amplitudo yang signifikan digunakan untuk mensimulasikan curah hujan sintetis atau buatan yang diasumsikan sebagai frekuensi curah hujan yang signifikan. Frekuensi curah hujan signifikan yang dihasilkan dalam studi ini merupakan frekuensi sudut dan digunakan untuk menentukan komponen periodik curah hujan harian.

### E. Metode Fourier

Hujan ( $t$ ) dapat dimodelkan sebagai suatu akumulasi dari sejumlah gelombang dengan frekuensi, amplitudo dan *phase* tertentu, yang diformulasikan sebagai berikut (Zakaria, 1998),

$$\hat{\eta}(t) = S_o + \sum_{r=1}^{r=k} A_r \sin(\omega_r.t) + \sum_{r=1}^{r=k} B_r \cos(\omega_r.t) \quad (2)$$

Persamaan (2) dapat disusun menjadi persamaan berikut,

$$\hat{\eta}(t) = \sum_{r=1}^{r=k+1} A_r \sin(\omega_r.t) + \sum_{r=1}^{r=k} B_r \cos(\omega_r.t) \quad (3)$$

Dimana :

$\eta(t)$  = tinggi curah hujan fungsi waktu (t)

$\hat{\eta}(t)$  = model tinggi curah hujan fungsi waktu (t)

$S_o$  = tinggi curah hujan rerata *fourier* (m)

$\omega_r$  = frekuensi sudut (rad)

t = waktu (jam)

$A_r, B_r$  = koefisien komponen fourier

k = jumlah komponen curah hujan

r = 1, 2, 3, 4, 5, ..., k

## F. Metode Kuadrat Terkecil (*Least Squares*)

Dengan menggunakan metode *least squares*, dari persamaan (4) dapat dihitung koefisien A, B dan frekuensi sudutnya (Zakaria,1998) dengan solusi sebagai berikut :

Jumlah kuadrat error =

$$J = \sum \{\eta(t) - \hat{\eta}(t)\}^2 = \text{minimum} \quad (4)$$

J hanya akan minimum bila memenuhi persamaan berikut,

$$\frac{\partial J}{\partial A_r} = \frac{\partial J}{\partial B_r} = 0 \text{ dengan } r = 1,2,3,4,5,\dots,k \quad (5)$$

Dari penyelesaian dengan menggunakan metode *least squares* diatas didapat :

a. Curah hujan harian rerata,

$$S_o = A_{k+1} \quad (6)$$

- b. Amplitudo tiap komponen harmonik,

$$C_r = \sqrt{A_r^2 + B_r^2} \quad (7)$$

- c. Fase dari komponen harmonik,

$$P_r = \arctan\left(\frac{B_r}{A_r}\right) \quad (8)$$

Selanjutnya komponen-komponen tersebut dimasukkan ke persamaan berikut,

$$\hat{\eta}(t) = S_0 + \sum_{r=1}^{r=k} C_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t - P_r) \quad (9)$$

Persamaan (9) adalah model periodik dari curah hujan harian dimana yang Periodik didapat berdasarkan data curah hujan harian dari stasiun curah hujan Negara Ratu, Kandis Karang Anyar dan Way Galih di Wilayah Lampung Selatan.

## G. Koefisien Korelasi

Untuk menghitung hubungan atau korelasi antara model dan data dapat di persentasikan sebagai mana persamaan berikut :

$$R^2 = \frac{D^2 - D_t^2}{D^2} \quad (10)$$

$$D^2 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{t=N} (X(t) - \bar{X})^2 \quad (11)$$

$$D_t^2 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{t=N} (X(t) - \hat{X}(t))^2 \quad (12)$$

Dimana  $0 < R < 1$

$X_{(t)}$  = Data hasil pencatatan curah hujan seri waktu

$\hat{X}_{(t)}$  = Model sintetik seri waktu curah hujan

$\bar{X}$  = Rerata data curah hujan sepanjang seri waktu