

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Curah Hujan

1. Pengertian Curah Hujan.

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi milimeter (mm) di atas permukaan horizontal. Dalam penjelasan lain curah hujan juga dapat diartikan sebagai ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir. Indonesia merupakan negara yang memiliki angka curah hujan yang bervariasi dikarenakan daerahnya yang berada pada ketinggian yang berbeda-beda. Curah hujan 1 (satu) milimeter, artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air setinggi 1 liter.

Menurut Linsley (1996: 49), jenis-jenis hujan berdasarkan intensitas curah hujan, yaitu:

- 1) hujan ringan, kecepatan jatuh sampai 2,5 mm/jam;
- 2) hujan menengah, dari 2,5-7,6 mm/jam.
- 3) hujan lebat, lebih dari 7,6 mm/jam.

B. Transformasi *Fourier*

1. Metode *Spectral*

Secara umum, metode analisis *spectral* merupakan salah satu bentuk dari transformasi fourier (Himmah dalam Maghfiroh, 2012: 40).

Dalam analisa curah hujan, Analisis *spectral* digunakan untuk mengetahui periodisitas dari berulangnya data hujan. Analisis *spectral* merupakan suatu metode untuk melakukan transformasi sinyal data dari domain waktu ke domain frekuensi, sehingga kita bisa melihat pola periodiknya untuk kemudian ditentukan jenis pola cuaca yang terlibat (Hermawan, 2010: 78).

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

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

Dari Persaman (1) dapat dijelaskan, dimana $p(t_n)$ merupakan data hujan dalam seri waktu (*time domain*) dan $P(f_m)$ merupakan data hujan dalam seri frekuensi (*domain frequency*). t_n merupakan waktu seri yang menunjukkan jumlah data sampai ke N . f_m merupakan hujan dalam seri frekuensi (*domain frequency*).

Awal berkembangnya metode ini kurang begitu diminati karena untuk transformasi dibutuhkan waktu yang cukup lama, sehingga metode ini dirasa kurang efektif. Setelah beberapa tahun penelitian berkembang ke

arah efisiensi perhitungan transformasi untuk mendapatkan metode perhitungan transformasi yang lebih cepat.

Penggunaan *Fourier Transform* menjadi lebih luas setelah diketemukannya metode perhitungan transformasi yang lebih cepat, yang dinamakan FFT (*Fast Fourier Transform*) seperti yang dikembangkan oleh Cooley (1965). Program yang digunakan untuk analisis ini dikembangkan berdasarkan metode tersebut di atas.

Berdasarkan teori di atas dikembangkan metode perhitungan analisis frekuensi dengan nama FTRANS yang dikembangkan oleh Zakaria (2005a). Untuk Peramalan dengan menggunakan metode analisis *Fourier dan Least Squares*, dikembangkan suatu metode perhitungan untuk peramalan dengan nama ANFOR, dikembangkan oleh Zakaria (2005b).

2. Spektrum Curah Hujan.

Spektrum Curah Hujan adalah hubungan hubungan periode curah hujan dengan waktu. Spektrum curah hujan digambarkan dengan PSD (*Power Spectral Density*) yaitu pengkuadratan periode-periode pada spektrum sehingga terlihat perbedaan yang mencolok dalam hubungan nya dengan waktu.

C. Komponen Periodik

Komponen periodik $P(t)$ berkenaan dengan suatu perpindahan yang beresilasi untuk suatu interval tertentu (Kottegoda, 1980). Keberadaan $P(t)$ diidentifikasi dengan menggunakan metode Transformasi Fourier. Bagian yang beresilasi menunjukkan keberadaan $P(t)$, dengan menggunakan periode

P , beberapa periode puncak dapat diestimasi dengan menggunakan analisis Fourier. Frekuensi frekuensi yang didapat dari metode spektral secara jelas menunjukkan adanya variasi yang bersifat periodik. Komponen periodik $P(f_m)$ dapat juga ditulis dalam bentuk frekuensi sudut (ω_r). Selanjutnya dapat diekspresikan sebuah persamaan dalam bentuk Fourier sebagai berikut, (Zakaria, 2005):

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

Persamaan (9) dapat disusun menjadi persamaan sebagai berikut,

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

dimana:

- $P(t)$ = komponen periodik
- $\hat{P}(t)$ = model dari komponen periodik
- $S_o = A_{k+1}$ = rerata curah hujan harian (mm)
- ω_r = frekuensi sudut (radian)
- t = waktu (hari)
- A_r, B_r = koefisien komponen Fourier
- k = jumlah komponen signifikan

1. Metode Kuadrat Terkecil (*Least Squares*)

Didalam metode pendekatan kurvanya, sebagai suatu solusi pendekatan dari komponen-komponen periodik $P(t)$, dan untuk menentukan fungsi $\hat{P}(t)$ dari Persamaan (3), sebuah prosedur yang dipergunakan untuk mendapatkan model komponen periodik tersebut adalah metode kuadrat terkecil (*Least squares*). Dari Persamaan (3) dapat dihitung jumlah dari kuadrat error antara data dan model periodik (Zakaria, 1998) sebagai berikut,

$$J = \sum_{t=1}^{t=m} \{P(t) - \hat{P}(t)\}^2 \quad (4)$$

Dimana J adalah jumlah kuadrat error yang nilainya tergantung pada nilai A_r dan B_r . Selanjutnya koefisien J hanya dapat menjadi minimum bila memenuhi persamaan sebagai berikut,

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

Dengan menggunakan metode kuadrat terkecil, didapat komponen Fourier A_r dan B_r . Berdasarkan koefisien Fourier ini dapat dihasilkan persamaan sebagai berikut,

a. rerata curah hujan harian,

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

b. amplitudo dari komponen harmonik,

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

c. Fase dari komponen harmonik,

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

Rerata dari curah hujan harian, amplitudo dan Fase dari komponen harmonik dapat dimasukkan kedalam sebuah persamaan sebagai berikut,

$$\hat{P}(t) = S_o + \sum_{r=1}^{r=k} C_r \cdot \text{Cos}(\omega_t \cdot t - \varphi_r) \quad (9)$$

Persamaan (9) adalah model harmonik dari curah hujan harian, dimana yang bisa didapat berdasarkan data curah hujan harian dari stasiun curah hujan Purajaya. Dengan mengikuti prosedur dari Persamaan (4) dan (5), konstanta dan parameter komponen model stokastik dapat dihitung.

D. Metode Stokastik

Umumnya proses stokastik dipandang sebagai proses yang tergantung pada waktu. Kebanyakan proses hidrologi termasuk proses stokastik (Yevjevich dalam Nuraeni, 2011). Jika ada diantara variabel-variabel acak (random) yang mempunyai distribusi dan probabilitas maka dinamakan model stokastik, dalam kelompok stokastik variabel-variabel hidrologi yang digunakan lebih ditekankan ketergantungannya kepada waktu. Jika variabel-variabelnya bebas dan keragaman acak, sehingga tidak ada yang mempunyai distribusi dalam probabilitas, maka model tersebut dipandang sebagai model deterministik (Li dalam Nuraeni, 2011).

Pada penelitian kali ini, unsur stokastik dimodelkan dengan menggunakan model *Autoregressive*.

1. Model *Autoregressive*

Autoregressive adalah suatu bentuk regresi tetapi bukan yang menghubungkan variabel tak bebas, melainkan menghubungkan nilai-nilai sebelumnya pada *time lag* (selang waktu) yang bermacam-macam. Jadi suatu model *Autoregressive* akan menyatakan suatu ramalan sebagai fungsi nilai- nilai sebelumnya dari *time series* tertentu (Makridakis, 1993: 513).

Model *Autoregressive* (*AR*) dengan order p dinotasikan dengan *AR* (p).

Bentuk umum model *AR* (p) adalah.

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} \dots + \phi_p X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (10)$$

dengan,

X_t	: nilai variabel waktu ke $-t$
$X_{t-1}, X_{t-2} \dots X_{t-p}$: nilai masa lalu dari <i>time series</i> yang bersangkutan pada waktu $t-1, t-2, \dots, t-p$
ϕ_i	: koefisien regresi $i: 1, 2, 3 \dots p$
ε_t	: nilai <i>error</i> pada waktu ke $-t$
p	: order <i>AR</i>

Pada umumnya, order *AR* yang sering digunakan dalam analisis *time series* adalah $p = 1$ atau $p = 2$, yaitu model *AR* (1) dan *AR* (2).

Bentuk umum model *Autoregressive* order 1 atau *AR* (1), yaitu:

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (11)$$

Bentuk umum model *Autoregressive* order 2 atau *AR* (2),

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \varepsilon_t \quad (12)$$

Model stokastik pada penelitian kali ini merupakan nilai sisa (residu) dari model periodik dan data hujan harian terukur.

E. Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara $+1$ s/d -1 . Koefisien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefisien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah dan sebaliknya.

Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel penulis memberikan kriteria sebagai berikut (Sarwono, 2006):

- a. 0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel
- b. $>0 - 0,25$: Korelasi sangat lemah
- c. $>0,25 - 0,5$: Korelasi cukup
- d. $>0,5 - 0,75$: Korelasi kuat
- e. $>0,75 - 0,99$: Korelasi sangat kuat
- f. 1: Korelasi sempurna

1. Interpretasi Korelasi

Ada tiga penafsiran hasil analisis korelasi, meliputi:

- a. melihat kekuatan hubungan dua variabel.
- b. melihat signifikansi hubungan.
- c. melihat arah hubungan.

Untuk melakukan interpretasi kekuatan hubungan antara dua variabel dilakukan dengan melihat angka koefisien korelasi hasil perhitungan dengan menggunakan kriteria sebagai berikut:

- a. Jika angka koefisien korelasi menunjukkan 0, maka kedua variabel tidak mempunyai hubungan.
- b. Jika angka koefisien korelasi mendekati 1, maka kedua variabel mempunyai hubungan semakin kuat

- c. Jika angka koefisien korelasi mendekati 0, maka kedua variabel mempunyai hubungan semakin lemah
- d. Jika angka koefisien korelasi sama dengan 1, maka kedua variabel mempunyai hubungan linier sempurna positif.
- e. Jika angka koefisien korelasi sama dengan -1, maka kedua variabel mempunyai hubungan linier sempurna negatif.

F. Efisiensi *Nash-Sutcliffe*

Untuk Menguji dan mengkalibrasi pemodelan tidak cukup hanya dengan menggunakan koefisien korelasi saja. Untuk itu digunakan efisiensi *Nash-Sutcliffe* (E_{NS}) untuk mengetahui sejauh mana kemiripan dari pemodelan dengan data yang diuji.

Efisiensi *Nash-Sutcliffe* dirumuskan sebagai berikut :

$$(ENS) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{si} - Q_{Mi})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{si} - \bar{Q}_M)^2} \quad (13)$$

Dimana: E_{NS} = Efisiensi *Nash-Sutcliffe*

Q_{Si} = Nilai simulasi model

Q_{Mi} = Nilai observasi model

\bar{Q}_M = Nilai rata-rata simulasi Model

Hasil simulasi dikatakan baik jika nilai $E_{NS} \geq 0,75$, memuaskan jika $0,5 \leq E_{NS} < 0,75$, kurang baik jika $E_{NS} < 0,36$ (*Nash dan Sutcliffe* dalam Ilhamsyah Yopi, 2012).

G. Pengenalan Software dalam Analisis

1. *LibreOffice*

LibreOffice adalah sebuah paket aplikasi perkantoran yang kompatibel dengan aplikasi perkantoran seperti *Microsoft Office* atau

OpenOffice.org dan tersedia dalam berbagai *platform*. Tujuannya adalah menghasilkan aplikasi perkantoran yang mendukung format ODF (open docement format) tanpa bergantung pada sebuah pemasok dan keharusan mencantumkan hak cipta. Nama *LibreOffice* merupakan gabungan dari kata *Libre* (bahasa Spanyol dan Perancis yang berarti bebas) dan *Office* (bahasa Inggris yang berarti kantor). Sebagai sebuah perangkat lunak bebas dan gratis, *LibreOffice* bebas untuk diunduh, digunakan, dan didistribusikan. Pada penelitian digunakan *LibreOffice* v.4.1.0

2. *Ghostscript*

Ghostscript adalah paket *software* (*package of software*) yang menyediakan :

- a. penerjemah untuk bahasa *PostScript* (*PostScript language*), dengan kemampuan mengkonversi data-data berbahasa *PostScript* ke banyak format, menampilkannya pada *display* komputer dan atau mencetaknya pada *printer* yang tidak memiliki kemampuan membaca bahasa *PostScript*
- b. penerjemah untuk file Portable Document Format (PDF), dengan kemampuan yang sama.
- c. Kemampuan untuk konversi data-data berbahasa *PostScript* (*PostScript language files*) menjadi PDF (dengan beberapa batasan) dan sebaliknya.

Sebuah set dari prosedur-prosedur C (the Ghostscript library) yang mengimplementasikan kemampuan grafik dan *filtering* yang kemudian ditampilkan sebagai operasi-operasi dalam *PostScript language* dan dalam PDF.

3. *GSview*

GSview adalah aplikasi untuk menampilkan gambar yang telah diproses oleh ghostscript.

4. *Notepad*

Notepad adalah sebuah aplikasi sebuah *text editor* sederhana yang sudah ada sejak *Windows 1.0* di tahun 1985 yang ada di setiap *system windows* baik *xp*, *vista*, *seven* dan sebagainya. tentu kode ini sangat penting dan justru mungkin paling sering di gunakan oleh para pengguna. *Output* dari program ini adalah *.txt*.

5. FTRANS

FTRANS merupakan program yang dapat dipergunakan untuk mengolah data *time series (time domain)* menjadi data dalam bentuk frekuensi (*frequency domain*). Program FTRANS dapat dijalankan baik di *Operating system Windows* maupun di *Operating System Linux*, karena program ini merupakan program *under DOS*. Program FTRANS menggunakan algoritma (Cooley dan Tukey, 1965) dimana jumlah data atau N dianalisis sebagai pangkat dari 2, contohnya $N = 2^k$. Jumlah data yang dapat dibaca oleh FTRANS mengikuti algoritma diatas. Untuk data satu tahun (365 hari), oleh FTRANS hanya akan dibaca 256 hari. FTRANS hanya akan membaca file dengan nama

signals.inp. jika disimpan dengan nama file yang lain walaupun dengan format yang sama (.inp), FTRANS tidak dapat mengolah data yang ada. FTRANS akan menghasilkan 3 *output*, yaitu FOURIER.INP, yang berisi data-data yang akan digunakan untuk melakukan pengolahan model periodik. SPECTRUM.OUT yang berisi nilai frekuensi dari data curah hujan dan spectrum.eps yang digunakan untuk melihat grafik frekuensi dari data.

6. ANFOR (FOURIER)

ANFOR adalah program *under* DOS yang dikembangkan oleh Ahmad Zakaria, Ph.D. ANFOR adalah program untuk menganalisis *fourier* dengan menggunakan *least square method*. ANFOR (FOURIER) digunakan untuk menghasilkan model periodik dari data hujan terukur. FOURIER menghasilkan signals.eps yang digunakan untuk melihat grafik model periodik. FOURIER.OUT yang berisi komponen-komponen fourier yang digunakan serta koefisien korelasi dari model periodik. SIGNALS.OUT yang berisi model periodik dari data curah hujan. ANFOR (FOURIER) juga menggunakan algoritma Cooley dan Tukey. Sehingga data yang dihasilkan oleh ANFOR (FOURIER) juga menggunakan pola $N = 2^k$.

7. STOC (ARREG)

STOC merupakan program yang digunakan untuk menganalisa pemodelan stokastik. Program ini menggunakan model Autoregresif dengan menggunakan metode *box Jenkins*. Program ini juga di *coded* oleh Ahmad Zakaria Ph.D. STOC.exe Menghasilkan signalsps.out dan

autoreg.out. signalsps.out merupakan hasil pengolahan data untuk pemodelan stokastik dan periodik stokastik. Sedangkan autoreg.out berisi nilai-nilai yang digunakan dalam *autoregressive* dan koefisien korelasi model stokastik dan periodik stokastik yang dihasilkan.