

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Hidrologi

#### 1. Pengertian hidrologi

Hidrologi berasal dari bahasa Yunani, Hydrologia, yang berarti "ilmu air". Hidrologi adalah cabang ilmu Geografi yang mempelajari pergerakan, distribusi, dan kualitas air di seluruh Bumi, termasuk siklus hidrologi dan sumber daya air. Orang yang ahli dalam bidang hidrologi disebut hidrolog, bekerja dalam bidang ilmu bumi dan ilmu lingkungan, serta teknik sipil dan teknik lingkungan (wikipedia, 2014).

Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari air dalam segala bentuknya (cairan, padat, gas) pada, dalam atau di atas permukaan tanah termasuk di dalamnya adalah penyebaran daur dan perilakunya, sifat-sifat fisika dan kimia, serta hubungannya dengan unsur-unsur hidup dalam air itu sendiri. Hidrologi juga mempelajari perilaku hujan terutama meliputi periode ulang curah hujan karena berkaitan dengan perhitungan banjir serta rencana untuk setiap bangunan teknik sipil antara lain bendung, bendungan dan jembatan (wikipedia, 2013).

Secara umum Hidrologi adalah ilmu yang mempelajari masalah keberadaan air di bumi (siklus air) dan hidrologi memberikan alternatif bagi pengembangan sumberdaya air bagi pertanian dan industri.

Lebih lanjut, menurut Marta dan Adidarma (1983), bahwa hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang terjadinya, pergerakan dan distribusi air di bumi, baik di atas maupun di bawah permukaan bumi, tentang sifat fisik, kimia air serta reaksinya terhadap lingkungan dan hubungannya dengan kehidupan.

Sedangkan menurut Linsley (1996), menyatakan pula bahwa hidrologi ialah ilmu yang membicarakan tentang air yang ada di bumi, yaitu mengenai kejadian, perputaran dan pembagiannya, sifat-sifat fisik dan kimia, serta reaksinya terhadap lingkungan termasuk hubungannya dengan kehidupan.

Singh (1992), menyatakan bahwa hidrologi adalah ilmu yang membahas karakteristik menurut waktu dan ruang tentang kuantitas dan kualitas air bumi, termasuk di dalamnya kejadian, pergerakan, penyebaran, sirkulasi tampungan, eksplorasi, pengembangan dan manajemen.

Dari beberapa pendapat di atas dapat dikemukakan bahwa hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang air, baik di atmosfer, di bumi, dan di dalam bumi, tentang perputarannya, kejadiannya, distribusinya serta pengaruhnya terhadap kehidupan yang ada di alam ini.

Berdasarkan konsep tersebut, hidrologi memiliki ruang lingkup atau cakupan yang luas. Secara substansial, cakupan bidang ilmu itu meliputi: asal mula dan proses terjadinya air pergerakan dan penyebaran air sifat-sifat air keterkaitan air dengan lingkungan dan kehidupan. Hidrologi merupakan suatu ilmu yang mengkaji tentang kehadiran dan gerakan air di alam. Studi hidrologi meliputi berbagai bentuk air serta menyangkut perubahan-perubahannya, antara lain dalam keadaan cair, padat, gas, dalam atmosfer, di atas dan di bawah permukaan tanah, distribusinya, penyebarannya, gerakannya dan lain sebagainya.

Pembahasan tentang ilmu hidrologi tidak dapat dilepaskan dari siklus hidrologi. Siklus hidrologi sendiri adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi dan transpirasi.

## 2. Siklus hidrologi

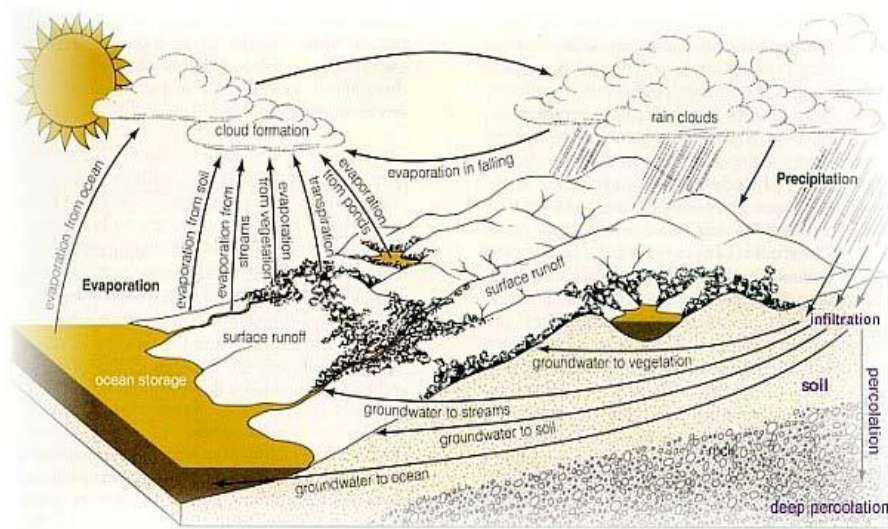
Siklus hidrologi merupakan proses pengeluaran air dan perubahannya menjadi uap air yang mengembun kembali menjadi air yang berlangsung terus-menerus tiada henti-hentinya. Sebagai akibat terjadinya sinar matahari maka timbul panas. Dengan adanya panas ini maka air akan menguap menjadi uap air dari semua tanah, sungai, danau, telaga, waduk, laut, kolam, sawah dan lain-lain dan prosesnya disebut penguapan (*evaporation*). Penguapan juga terjadi pada semua tanaman yang disebut transpirasi (*transpiration*) ( Soedibyo, 2003 ).

Siklus hidrologi dimulai dengan penguapan air dari laut. Uap yang dihasilkan dibawa oleh udara yang bergerak. Dalam kondisi yang memungkinkan, uap tersebut terkondensasi membentuk awan, pada akhirnya dapat menghasilkan presipitasi. Presipitasi jatuh ke bumi menyebar dengan arah yang berbeda-beda dalam beberapa cara. Sebagian besar dari presipitasi tersebut sementara tertahan pada tanah di dekat tempat ia jatuh, dan akhirnya dikembalikan lagi ke atmosfer oleh penguapan (evaporasi) dan pemeluhan (transpirasi) oleh tanaman.

Sebagian air mencari jalannya sendiri melalui permukaan dan bagian atas tanah menuju sungai, sementara lainnya menembus masuk lebih jauh ke dalam tanah menjadi bagian dari air tanah (*groundwater*). Di bawah pengaruh gaya gravitasi, baik aliran air permukaan (*surface streamflow*) maupun air dalam tanah bergerak ke tempat yang lebih rendah yang dapat mengalir ke laut. Namun, sejumlah besar air permukaan dan air bawah tanah dikembalikan ke atmosfer oleh penguapan dan pemeluhan (transpirasi) sebelum sampai ke laut (Linsley,1996).

Secara gravitasi (alami) air mengalir dari daerah yang tinggi ke daerah yang rendah, dari gunung-gunung, pegunungan ke lembah, lalu ke daerah lebih rendah, sampai ke daerah pantai dan akhirnya akan bermuara ke laut. Aliran air ini disebut aliran permukaan tanah karena bergerak di atas muka tanah. Aliran ini biasanya akan memasuki daerah tangkapan atau daerah aliran menuju ke sistem jaringan sungai, sistem danau ataupun waduk.

Gambar proses siklus hidrologi dapat dilihat pada halaman berikut.



Gambar 1. Siklus Hidrologi  
(sumber: wikipedia, 2013)

Sebagian air hujan yang jatuh di permukaan bumi akan menjadi aliran permukaan (*surface run off*). Aliran permukaan sebagian akan meresap ke dalam tanah menjadi aliran bawah permukaan melalui proses infiltrasi (*infiltration*), dan perkolasi (*percolation*), selebihnya terkumpul di dalam jaringan alur sungai (*river flow*). Apabila kondisi tanah memungkinkan sebagian air infiltrasi akan mengalir kembali ke dalam sungai (*river*), atau genangan lainnya seperti waduk, danau sebagai *interflow*. Sebagian dari air dalam tanah dapat muncul lagi ke permukaan tanah sebagai air eksfiltrasi (*exfiltration*) dan dapat terkumpul lagi dalam alur sungai atau langsung menuju ke laut/lautan (Soewarno, 2000).

## **B. Hujan**

### 1. Pengertian hujan

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

Sedangkan menurut Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Hujan merupakan satu bentuk presipitasi yang berwujud cairan. Presipitasi sendiri dapat berwujud padat (misalnya salju dan hujan es) atau aerosol (seperti embun dan kabut). Tidak semua air hujan sampai ke permukaan bumi karena sebagian menguap ketika jatuh melalui udara kering. Hujan jenis ini disebut sebagai virga.

#### a. Jenis-jenis Hujan

Berdasarkan proses terjadinya, hujan dibedakan menjadi empat tipe yaitu:

- 1) Hujan siklonal, yaitu hujan yang terjadi karena udara panas yang naik disertai dengan angin berputar.

- 2) Hujan zenithal, yaitu hujan yang sering terjadi di daerah sekitar ekuator, akibat pertemuan Angin Pasat Timur Laut dengan Angin Pasat Tenggara. Kemudian angin tersebut naik dan membentuk gumpalan-gumpalan awan di sekitar ekuator yang berakibat awan menjadi jenuh dan turunlah hujan.
- 3) Hujan orografis, yaitu hujan yang terjadi karena angin yang mengandung uap air yang bergerak horisontal. Angin tersebut naik menuju pegunungan, suhu udara menjadi dingin sehingga terjadi kondensasi. Terjadilah hujan di sekitar pegunungan. Hujan ini juga terbentuk dari naiknya udara secara paksa oleh penghalang lereng-lereng gunung.
- 4) Hujan frontal, yaitu hujan yang terjadi apabila massa udara yang dingin bertemu dengan massa udara yang panas. Tempat pertemuan antara kedua massa itu disebut bidang front. Karena lebih berat massa udara dingin lebih berada di bawah. Di sekitar bidang front inilah sering terjadi hujan lebat yang disebut hujan frontal.
- 5) Hujan konvektif adalah suatu jenis hujan yang dihasilkan dari naiknya udara yang hangat dan lembab karena mendapat radiasi yang kuat.
- 6) Hujan muson atau hujan musiman, yaitu hujan yang terjadi karena Angin Musim (Angin Muson). Penyebab terjadinya Angin Muson adalah karena adanya pergerakan semu tahunan Matahari antara Garis Balik Utara dan Garis Balik Selatan. Di Indonesia, hujan

muson terjadi bulan Oktober sampai April. Sementara di kawasan Asia Timur terjadi bulan Mei sampai Agustus. Siklus muson inilah yang menyebabkan adanya musim penghujan dan musim kemarau.

- 7) Hujan siklonik adalah hujan yang dihasilkan oleh awan udara yang bergerak dalam skala besar akibat dari pembelokkan konvergensi angin secara secara vertical karena terdapatnya tekanan rendah. (Hasan,U.M.1970).

Menurut Linsley (1996), jenis-jenis hujan berdasarkan ukuran butirnya terdiri dari:

- 1) Hujan gerimis (*drizzle*), yang kadang-kadang disebut *mist* terdiri dari tetes-tetes air yang tipis, biasanya dengan diameter antara 0,1 dan 0,5 mm (0,004 dan 0,002 inci) dengan kecepatan jatuh yang demikian lambatnya sehingga kelihatannya seolah-olah melayang. Gerimis umumnya jatuh dari stratus yang rendah jarang melebihi 1 mm/jam (0,04 inci/jam).
- 2) Hujan (*rain*) terdiri dari tetes-tetes air yang mempunyai diameter lebih besar dari 0,5 mm (0,02 inci).

#### b. 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 millimeter termpat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air setinggi 1 liter.

Sedangkan menurut Handoko (1994), curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan horizontal bila tidak terjadi evaporasi, *runoff* dan infiltrasi. Satuan curah hujan adalah millimeter atau inci.

Menurut Arifin (2010), curah hujan ialah jumlah air yang jatuh pada permukaan tanah selama periode tertentu bila tidak terjadi penghilangan oleh proses evaporasi, pengaliran dan peresapan, yang diukur dalam satuan tinggi. Tinggi air hujan 1 mm berarti air hujan pada bidang seluas 1 m<sup>2</sup> berisi 1 liter. Unsur-unsur hujan yang harus diperhatikan dalam mempelajari curah hujan ialah jumlah curah hujan, dan intensitas atau kekuatan tetesan hujan.

Curah hujan merupakan salah satu unsur iklim selain suhu, kelembapan, radiasi matahari, evaporasi, tekanan udara, dan kecepatan angin. Hujan adalah air yang jatuh ke permukaan bumi sebagai akibat terjadinya kondensasi dari partikel-partikel air di langit. Jumlah curah

hujan diukur sebagai volume air yang jatuh di atas permukaan bidang datar dalam periode tertentu, yaitu harian, mingguan, bulanan, atau tahunan. Tinggi air ini umumnya dinyatakan dengan satuan millimeter (Nawawi, 2001).

Secara umum curah hujan di wilayah Indonesia didominasi oleh adanya pengaruh beberapa fenomena, antara lain sistem Monsun Asia-Australia, El-Nino, sirkulasi Timur-Barat (*Walker Circulation*) dan Utara-Selatan (*Hadley Circulation*) serta beberapa sirkulasi karena pengaruh lokal.

Menurut Linsley (1996) 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.

### **C. Tranformasi Fourier**

Dalam matematika, deret Fourier merupakan penguraian fungsi periodik menjadi jumlahan fungsi-fungsi berosilasi, yaitu fungsi sinus dan kosinus, ataupun eksponensial kompleks. Studi deret Fourier merupakan cabang analisis Fourier. Deret Fourier diperkenalkan oleh Joseph Fourier (1768-1830) untuk memecahkan masalah persamaan panas di lempeng logam.

Pada Tahun 1822, Joseph Fourier, ahli matematika dari Perancis menemukan bahwa setiap fungsi periodik (sinyal) dapat dibentuk dari penjumlahan gelombang-gelombang sinus atau cosinus. Transformasi Fourier dinamakan sesuai dengan penemunya Joseph Fourier adalah sebuah transformasi integral yang menyatakan kembali sebuah fungsi dalam fungsi basis sinusoidal, yaitu sebuah fungsi sinusoidal penjumlahan atau integral dikalikan oleh beberapa koefisien (amplitudo). Ada banyak variasi yang berhubungan dekat dari transformasi ini, tergantung jenis fungsi yang ditransformasikan. Transformasi ini diperoleh dari Integral Fourier dalam bentuk kompleks (Ladini, 2009).

#### 1. Metode *spectral*

Secara umum, metode Analisis *spectral* merupakan salah satu bentuk dari transformasi Fourier. 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).

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 dan Tukey (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).

\

#### D. Komponen periodik

Komponen periodik  $P(t)$  berkenaan dengan suatu perpindahan yang berosilasi untuk suatu interval tertentu (Kottegoda, 1980). Keberadaan  $P(t)$  diidentifikasi dengan menggunakan metode Transformasi Fourier. Bagian yang berosilasi 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 ( $\omega_r$ ). Selanjutnya dapat diekspresikan sebuah persamaan dalam bentuk Fourier sebagai berikut, (Zakaria, 1998) :

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

Persamaan (2) 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)

$\omega_r$  = frekuensi sudut (radian)

$t$  = waktu (hari)

$A_r, B_r$  = koefisien komponen Fourier

$k$  = jumlah komponen signifikan

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

Di dalam 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,

$$S_0 = A_{k+1} \quad (6)$$

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 R- 232 (penelitian sebelumnya oleh ahmad Zakaria, 2012).

#### **E. Metode Stokastik**

Menurut Yevjevich, 2005 dalam jurnal teknik sipil Metode Memperkirakan Debit Air yang Masuk ke Waduk dengan Metode Stokastik Chain Markov (Yeni, 2011), Umumnya proses stokastik dipandang sebagai proses yang tergantung pada waktu. Kebanyakan proses hidrologi termasuk proses stokastik. Menurut Li, 2007 dalam jurnal teknik sipil Metode Memperkirakan Debit Air yang Masuk ke Waduk dengan Metode Stokastik Chain Markov (Yeni, 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.

Menurut Wurbs, 2006 dalam jurnal teknik sipil Metode Memperkirakan Debit Air yang Masuk ke Waduk dengan Metode Stokastik Chain Markov (Yeni, 2011), Dibandingkan dengan pengumpulan data debit, pengumpulan data curah hujan pada umumnya jauh lebih mudah. Jika data curah harian yang tersedia cukup panjang, meskipun deret data debit hariannya hanya pendek, misalnya 3 tahun, maka deret data debit harian tersebut dapat direntang sepanjang deret data curah hujan harian. Hal ini dapat ditempuh dengan cara simulasi yang menggunakan model-model matematik. Dengan cara tersebut bahkan dapat meramal kedepan dalam hal deret data debit bulanan berdasarkan deret data debit bulanan masa lampau. Peramalan debit diperlukan misalnya untuk membuat pola eksploitasi waduk untuk tahun berikutnya.

Secara umum, data seri waktu dapat diuraikan menjadi komponen deterministik, yang mana ini dapat dirumuskan menjadi nilai nilai yang berupa komponen yang merupakan solusi eksak dan komponen yang bersifat stokastik, yang mana nilai ini selalu dipresentasikan sebagai suatu fungsi yang terdiri dari beberapa fungsi data seri waktu. Data seri waktu  $X_t$ , dipresentasikan sebagai suatu model yang terdiri dari beberapa fungsi sebagai berikut: (Rizalihadi, 2002; Bhakar, 2006; dan Zakaria, 2008).

$$X_t = T_t + P_t + S_t \quad (10)$$

dimana,

$T_t$  = komponen trend,  $t = 1, 2, 3, \dots, N$

$P_t$  = komponen



$S_t$  = komponen stokastik

Komponen trend menggambarkan perubahan panjang dari pencatatan data hujan yang panjang selama pencatatan data hujan, dan dengan mengabaikan komponen fluktuasi dengan durasi pendek. Didalam penelitian ini, untuk data hujan yang dipergunakan, diperkirakan tidak memiliki *trend*. Sehingga persamaan ini dapat dipresentasikan sebagai berikut,

$$X_t \approx \hat{P}_t + S_t \quad (11)$$

$$S_t \approx X_t - \hat{P}_t \quad (12)$$

Persamaan (11) adalah persamaan pendekatan untuk mensimulasikan model periodik dan stokastik dari data curah hujan harian.

#### 1. Hidrologi stokastik

Dalam ilmu pengetahuan statistik, kata stokastik sinonim dengan acak, namun dalam hidrologi, kata itu dipakai secara khusus yang menunjuk pada suatu rangkaian waktu, di mana di dalamnya hanya sebagian saja yang bersifat acak (Ross, 2005). Hidrologi stokastik mampu mengisi kekosongan yang ada di antara metode-metode deterministik, dan hidrologi probabilistik (Weilbull, 2005). Dalam penelitian ini akan digunakan pemodelan menggunakan *autoregressive*.

#### 2. Model *Autoregressive* (AR)

*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.

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

Bentuk umum model AR ( $p$ ) adalah :

$$\hat{S}_t = \varepsilon + b_1 S_{t-1} + b_2 S_{t-2} \dots + b_p S_{t-p} + \quad (13)$$

dengan,

$\hat{S}_t$	: nilai variabel waktu ke $-t$
$S_{t-1}, S_{t-2} \dots S_{t-p}$	: nilai masa lalu dari <i>time series</i> yang bersangkutan pada waktu $t-1, t-2, \dots, t-p$
$b_i$	: koefisien regresi $i: 1, 2, 3, \dots, p$
$\varepsilon$	: nilai <i>error</i> pada waktu ke $-t$
$p$	: order AR

#### F. Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara +1 sampai dengan -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).

Rumus korelasi dengan dua variable ganda

$$R_{y \cdot x_1 x_2} = \sqrt{\frac{r^2 y x_1 + r^2 y x_2 - 2 r y x_1 \cdot r y x_2 \cdot r x_1 x_2}{1 - r^2 x_1 x_2}} \quad (4)$$

Dengan :

$r_{yx_1}$  = Koefisien korelasi antara variabel  $x_1$  dengan variabel  $y$

$r_{yx_2}$  = Koefisien korelasi antara variabel  $x_2$  dengan variabel  $y$

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.

## **G. Software dalam pendukung analisis**

### *1. Libre Office*

*Libre Office* adalah sebuah paket aplikasi perkantoran yang kompatibel dengan aplikasi perkantoran seperti *Microsoft Office* atau *Open Office.org* dan tersedia dalam berbagai *platform*. Tujuannya adalah menghasilkan aplikasi perkantoran yang mendukung format ODF (*open document format*) tanpa bergantung pada sebuah pemasok dan keharusan mencantumkan hak cipta. Nama *Libre Office* 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, *Libre Office* bebas untuk diunduh, digunakan, dan didistribusikan. Pada penelitian digunakan *Libre Office* v.4.1.0.

### *2. Ghostscript*

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

- a. Penerjemah untuk bahasa *Post Script* (*Post Script language*), dengan kemampuan mengkonversi data-data berbahasa *Post Script* 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 *Post Script* (*Post Script 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 *Post Script language* dan dalam PDF.

### 3. *GSview*

*GSview* adalah aplikasi untuk menampilkan gambar yang telah diproses oleh *Ghostscript*.

### 4. *Notepad*

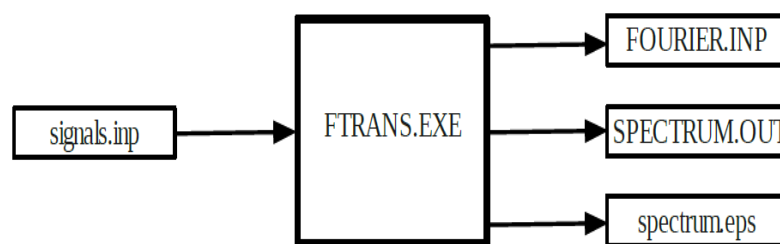
*Notepad* adalah sebuah aplikasi sebuah *text editor* sederhana yang sudah ada sejak *Windows 1.0* di tahun 1985 yang ada di setiap *system windows* baik *xp*, *vista*, *seven* dan sebagainya, tentu kode ini sangat penting dan justru mungkin paling sering di gunakan oleh para pengguna. *Output* dari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

yang dipresentasikan sebagai fourier transform. FTRANS ini sendiri dikembangkan oleh Zakaria (2005a).

Program FTRANS dapat dijalankan baik di *Operating system Windows* maupun di *Operating System Linux*, karena program ini merupakan program *under DOS*. Untuk menjalankan program FTRANS diperlukan 1 buah file input dengan nama “signals.inp”. Hasil running program FTRANS menghasilkan 3 file output yaitu file “FOURIER.INP”, “SPECTRUM.OUT”, dan “spectrum.eps”. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada halaman berikut.



Gambar 2. Skema program FTRANS  
(sumber: FTRANS MANUAL VERSI 1.0, 2013)

File input ini terdiri dari 1 kolom dan  $n+1$  baris. Dimana  $n$  adalah jumlah data. Baris pertama berisi nilai yang merupakan jumlah data ( $n$ ) yang akan dibaca. Baris kedua dan seterusnya sampai ke  $n$  merupakan data yang akan dibaca oleh FTRANS. Contoh isi dari file input (“signals.inp”) dapat dilihat pada gambar berikut :

signals.inp

```

254 ← panjang data
102.0000
108.0000
114.0000
122.0000
...
...
...
82.0000
84.0000
84.0000
92.0000
92.0000

```

jumlah data = 254

Gambar 3. *File input* (signals.inp)

(sumber: FTRANS MANUAL VERSI 1.0, 2013)

Dari gambar di atas ditunjukkan bahwa panjang data yang akan dibaca atau  $n$  adalah berjumlah 254. Jumlah data yang dibaca mulai dari baris ke 2 (dua) sampai dengan baris terakhir (baris ke  $255 = 254 + 1$ ). Jumlah data yang dipergunakan harus mengikuti fungsi  $2^m$ , jadi 254 adalah sama dengan  $2^7$ . Sehingga jumlah data yang dipergunakan dapat mengikuti pola, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 254, 512, 1024, ... ,  $2^m$ .

Bila FTRANS dijalankan akan menghasilkan 3 *file* yaitu, *file* "FOURIER.INP", *file* "SPECTRUM.OUT", dan *file* "spectrum.eps". *File* "FOURIER.INP" merupakan *input* untuk program ANFOR. *File* "spectrum.eps" merupakan *file* gambar yang hanya dapat dilihat dengan menggunakan program *viewer Ghostview* atau yang sejenis. Sedangkan *file* "SPECTRUM.OUT" berisi hasil keluaran spektrum dalam format 2 kolom. Kolom pertama berisi frekuensi sudut ( $\omega$ ) dan kolom kedua berisi amplitudo ( $A$ ).

## 6. ANFOR

Program ANFOR dibuat dengan menggunakan teori Fourier. Program ANFOR merupakan program yang dapat dijalankan baik di Win32 operating system maupun under linux. Untuk menjalankan program ANFOR dibutuhkan 2 input file yaitu “signals.inp” dan “fourier.inp”. Setelah dijalankan, program ANFOR menghasilkan 3 file keluaran (*output*) yaitu, file “fourier.out”, file “signals.out” dan file “signals.eps”.

## 7. AUTOREG / STOC

Program AUTOREG / STOC dibuat berdasarkan metode autoregressive. Input program ini adalah “signals.out”. Hasil keluaran dari program ini adalah berupa file “signalps.out” dan “auto-reg.out”. Isi dari file “signalps.out” adalah berupa orde autoregressive, residu ( $S_t$ ), model stokastik ( $\hat{S}_t$ ), model periodik ( $P$ ), dan model periodik stokastik ( $PS$ ).