

ISSN 0852 7733



# REKAYASA

Jurnal Sipil dan Perencanaan

*Fajriyanto, Armijon, Eko Rahmadi*

**Potensi Bahaya Gempa dan Analisis Regangan di Selat Sunda  
Berdasarkan GPS (Global Positioning System)**

*Yuda Romdania*

**Analisa Transpor Sedimen dan Pengaruhnya terhadap Pengerukan  
Kolam Pelabuhan Batubara di Sukaraja Bandar Lampung**

*Aleksander Purba*

**Menghitung Manfaat Ekonomi Pembangunan Infrastruktur  
Transportasi**

*Tedy Murtejo, Aleksander Purba*

**Sumida, Pengalaman Tatakelola Sungai yang Menginspirasi**

*Ahmad Zakaria*

**Pemodelan Curah Hujan Kumulatif Mingguan dari Data Curah Hujan  
Stasiun Purajaya**

*Novie Winarny*

**Kajian Model Perbaikan Kerusakan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)  
di Provinsi Lampung (Studi Kasus Ruas Jalan Sp. Pematang – Sp.  
Bujung Tenuk)**



REKAYASA

No. 3

Vol. 16

Hal. 141 - 208

Bandar Lampung

ISSN

Desember 2012

0852-7733



# REKAYASA

Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan

Diterbitkan oleh **Jurusan Teknik Sipil** Fakultas Teknik Universitas Lampung

## **Pelindung**

Dekan Fakultas Teknik

## **Penanggung Jawab**

Ketua Jurusan Teknik Sipil

## **Pimpinan Dewan Penyunting**

Dr. Ir. Ahmad Zakaria.

## **Anggota Dewan Penyunting**

Ir. Idharmahadi Adha, M.T.

Tas'an Junaedi, S.T., M.T.

Suyadi, S.T., M.T.

## **Mitra Bestari**

Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A

Dr. Dyah Indriana Kusumaastuti, M.Sc.

Dr. Rahayu Sulistyorini.

Dr. Gatot Eko Susilo, M.Sc.

Dr. Ir. Rahmad Jayadi, M.Eng.

Dr. Ir. Joni Arliansyah.

## **Alamat Redaksi**

Gedung B Fakultas Teknik

Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung. 35145

Telp. 0721-788217 Email : [jurnal.rekayasa@gmail.com](mailto:jurnal.rekayasa@gmail.com)

Faks. 0721-704947 Website : <http://ft-sipil.unila.ac.id/ejournals/>

Jurnal ReKayasa diterbitkan sebagai media komunikasi dan forum pembahasan masalah ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) dalam bidang Teknik SIPIL dan PERENCANAAN. Makalah yang dipertimbangkan pemuatannya berupa hasil penelitian atau telaahan (review) yang belum pernah diterbitkan atau tidak sedang menunggu diterbitkan pada publikasi lain. Dewan Penyunting berhak menyingkat atau memperbaiki naskah yang akan dimuat tanpa mengubah maksud dan isinya. Jurnal ReKayasa terbit tiga kali setahun setiap April, Agustus dan Desember.



# REKAYASA

Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan

## Pengantar Redaksi

Sebuah kebahagiaan bagi kami untuk dapat hadir lagi dengan artikel-artikel ilmiah pada edisi ini. Puji syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, yang telah menganugerahkan kemudahan dalam menerbitkan Jurnal Rekayasa, Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan Vol. 16 No. 3 Desember 2012. Pada edisi ini artikel yang dimuat terdiri dari 6 (enam) artikel; 1 (satu) artikel dari bidang Teknik Geodesi/Struktur, 2 (dua) artikel dari bidang Teknik Hidro, 3 (tiga) artikel dari bidang Teknik Transportasi, 5 (lima) artikel ini ditulis oleh Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung dan 1 (satu) artikel ditulis oleh mahasiswa Magister Teknik Sipil Universitas Lampung. Kami seluruh staf redaksi mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan aktif mendukung untuk perkembangan dan kemajuan Jurnal Rekayasa ini. Kami juga berharap seluruh pendukung dan pemerhati Jurnal Rekayasa ini tetap setia dan senantiasa memberikan kontribusinya, baik berupa kritik maupun saran, demi meningkatkan kualitas Jurnal Rekayasa.

**Redaksi**



# REKAYASA

Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan

## Daftar Isi

<b>Pengantar Redaksi</b>	ii
Fajriyanto, Armijon, Eko Rahmadi <b>Potensi Bahaya Gempa dan Analysis Regangan di Selat Sunda Berbasis GPS (Global Positioning System).</b>	141
Yuda Romdania <b>Analisa Transpor Sedimen dan Pengaruhnya terhadap Pengerukan Kolam Pelabuhan Batubara di Sukaraja Bandar Lampung.</b>	151
Aleksander Purba <b>Menghitung Manfaat Ekonomi Pembangunan Infrastruktur Transportasi.</b>	165
Tedy Murtejo, Aleksander Purba <b>Sumida, Pengalaman Tatakelola Sungai Yang Menginspirasi.</b>	175
Ahmad Zakaria <b>Pemodelan Curah Hujan Kumulatif Mingguan dari Data Curah Hujan Stasiun Purajaya.</b>	182
Novie Winarny <b>Kajian model perbaikan Kerusakan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) di Provinsi Lampung (Studi Kasus Ruas Jalan Sp. Pematang – Sp. Bujung Tenuk).</b>	195

# LEMBAR PENGESAHAN

Judul : **Pemodelan Curah Hujan Kumulatif Mingguan dari Data Curah Hujan Stasiun Purajaya**

Penulis : Ahmad Zakaria

NIP : 19670514 199303 1002

Instansi : Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Publikasi : Jurnal Rekayasa  
**Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung**  
: ISSN: 0852-7733  
: Issue 3, Volume 16, 2012

Penerbit : **[Http://ft-sipil.unila.ac.id/ejournals/](http://ft-sipil.unila.ac.id/ejournals/)**

Bandar Lampung, 21 Maret 2016

Mengetahui,  
a.n. Dekan Fakultas Teknik  
Pembantu Dekan I

Penulis,



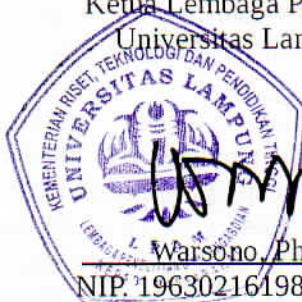
*[Signature]*  
Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.  
NIP 19750928 200112 1 002

*[Signature]*

Ir. Ahmad Zakaria, Ph.D.  
NIP. 19670514 199303 1002

Menyetujui:

Ketua Lembaga Penelitian  
Universitas Lampung



*[Signature]*  
Warsono, Ph.D.  
NIP. 196302161987031003

DOKUMENTASI LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT UNIVERSITAS LAMPUNG	
TGL	24 - maret - 2016
NO. INVEN	0044181B1N/FT/2016
JENIS	Jurnal
PARAF	A

# PEMODELAN CURAH HUJAN KUMULATIF MINGGUAN DARI DATA CURAH HUJAN STASIUN PURAJAYA

Ahmad Zakaria<sup>1)</sup>

## Abstract

*The goal of this research is to study the periodic and stochastic models of data series of the weekly cumulative rainfall. The study was done by using daily rainfall series with long data 25 years (1977-2001) of Purajaya station. Based on the daily rainfall series, a weekly cumulative rainfall series was calculated. The series of rainfall is assumed to be free of trend. Periodicities of periodic rainfall model of the weekly rainfall data series were presented by using 509 periodic components. Stochastic components of the weekly rainfall data are assumed as residues between the rainfall data with the periodic rainfall model. The stochastic components were calculated using the approach of autoregressive model. Stochastic Model presented in this research is using the third order autoregressive model. Validation between rainfall data and the periodic-stochastic rainfall model is done by calculating the correlation coefficient. For this study, the correlation coefficient between the data and the model of the weekly cumulative rainfall is 0,9999. From the results of this study can be inferred that the model of the weekly rainfall from Purajaya station gives very highly accurate approach.*

**Keywords:** weekly cumulative rainfall, periodic-stochastic, FFT, autoregressive model.

## Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari model periodik dan stokastik dari data seri curah hujan kumulatif mingguan. Studi ini dilakukan dengan menggunakan data curah hujan harian dengan panjang data 25 tahun (1977–2001) dari stasiun Purajaya. Berdasarkan data harian, dihitung curah hujan kumulatif mingguan. Seri curah hujan yang digunakan diasumsikan bebas dari pengaruh yang bersifat trend. Keperiodikan dari data curah hujan dipresentasikan dengan menggunakan 509 komponen yang bersifat periodik. Seri stokastik curah hujan dari data curah hujan ini diasumsikan sebagai selisih (residu) antara data curah hujan dengan model periodik curah hujan. Berdasarkan data seri stokastik, komponen stokastik dihitung dengan menggunakan pendekatan model autoregresif. Model stokastik dipresentasikan dengan menggunakan autoregresif model orde tiga. Validasi antara data dan model dilakukan dengan menghitung koefisien korelasinya. Untuk penelitian ini, koefisien korelasi (R) antara data dan model curah hujan kumulatif mingguan adalah sebesar 0,9999. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa model dari curah hujan kumulatif mingguan dari stasiun Purajaya memberikan hasil pendekatan yang sangat akurat.

**Kata kunci:** curah hujan kumulatif mingguan, periodik-stokastik, FFT, model autoregresif.

## 1. PENDAHULUAN

Untuk mendisain kebutuhan air irigasi, informasi detail mengenai curah hujan dalam hubungannya dengan waktu sangat diperlukan. Untuk membuktikan satu seri pencatatan dari data hujan adalah sangat sulit, sehingga terkadang untuk meramal atau menambah data pencatatan hujan, pembuatan simulasi data hujan sintetik diperlukan. Berbagai metode sudah dikembangkan oleh para peneliti dalam bidang teknik dan sains untuk membuktikan informasi ini. Paling banyak dipergunakan metode yang sekarang sudah ada

---

<sup>1)</sup>Staf Pengajar di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Laboratorium Hidrolika dan Mekanika Fluida Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No 1 Bandar Lampung. Surel: ahmadzakaria@unila.ac.id

adalah metode deterministik dan metode stokastik, Kotegoda (1980). Ketika metode yang terdahulu tidak dapat membuktikan pengaruh acak dari parameter data input, metode yang terakhir mengaplikasikan konsep dari probabilitas, dimana karakteristik hujan berdasarkan waktu diabaikan, dan perhitungan ini hanya akan menguntungkan bila data yang diolah cukup panjang. Akan tetapi metode ini tidak banyak lagi dipergunakan karena metode ini tidak cukup untuk menjawab permasalahan yang ada.

Di alam, sifat hujan adalah periodik dan stokastik, sebab hujan dipengaruhi oleh parameter-parameter iklim seperti suhu udara, arah angin, kelembaban udara dan lain sebagainya, yang juga bersifat periodik dan stokastik. Parameter-parameter ini ditransfer menjadi komponen hujan yang bersifat periodik dan stokastik. Selanjutnya curah hujan dapat dihitung untuk menentukan keduanya, komponen periodik dan komponen stokastik. Menentukan semua faktor yang diketahui dan diasumsikan bahwa hujan adalah sebagai sebuah fungsi dari variasi periodik dan stokastik dari iklim. Selanjutnya analisis periodik dan stokastik hujan seri waktu akan menghasilkan sebuah model yang akan menghitung bagian periodik dan stokastik dan juga dapat dipergunakan untuk meramal variasi hujan kumulatif mingguan diwaktu yang akan datang.

Selama beberapa tahun yang lalu, beberapa peneliti sudah melakukan penelitian perkeanaan dengan pemodelan periodik dan stokastik dari data seri waktu, diantaranya adalah Zakaria (1998), Rizalihadi (2002), Bhakar (2006), Zakaria (2008), Zakaria (2010a, 2010b).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan model periodik dan stokastik curah hujan kumulatif mingguan sintetik dari stasiun Purajaya. Dengan model periodik dan stokastik ini, dapat dilakukan simulasi curah hujan kumulatif mingguan sintetik yang lebih akurat dari pada simulasi yang hanya mempergunakan model periodik. Model ini bisa dipergunakan untuk menghasilkan data hujan buatan yang sangat akurat dan realistis dipergunakan untuk perencanaan irigasi atau proyek sumber daya air dimasa yang akan datang untuk daerah Purajaya.

## **2. METODE PENELITIAN**

### **2.1. Wilayah Studi**

Wilayah studi dari penelitian ini adalah daerah Purajaya. Daerah ini merupakan salah satu kecamatan di wilayah Lampung Barat, provinsi Lampung, Indonesia.

### **2.2. Pengumpulan data hujan**

Data hujan harian dari daerah Purajaya diambil dari Badan Meteorologi dan Geofisika Profinsi Lampung. Data hujan yang dipergunakan untuk studi ini dengan periode 25 tahun (1977-2001).

Prosedur matematika yang diambil untuk memformulasikan model yang diprediksi akan didiskusikan selanjutnya. Tujuan yang paling prinsip dari analisis ini adalah untuk menentukan model yang realistis untuk menghitung dan menguraikan data hujan seri waktu menjadi berbagai komponen frekuensi, amplitudo, dan fase hujan yang bervariasi.

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 dkk, 2006; dan Zakaria, 2008, 2010a, 2010b),

$$X(t) = T(t) + P(t) + S(t) \quad [1]$$

dimana,

$T(t)$  = komponen trend,  $t = 1, 2, 3, \dots, N$

$P(t)$  = komponen periodik

$S(t)$  = 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,

$$X(t) \approx P(t) + S(t) \quad [2]$$

Persamaan [2] adalah persamaan pendekatan untuk mensimulasikan model periodik dan stokastik dari data curah hujan kumulatif mingguan.

### 2.3. Metode Spektral

Metode spektrum merupakan salah satu metode transformasi yang umumnya dipergunakan didalam banyak aplikasi. Metode ini dapat dipresentasikan sebagai persamaan Transformasi Fourier sebagai berikut, (Zakaria, 2003, 2008, 2010a, 2010b):

$$P(f_m) = \frac{\Delta t}{2\sqrt{\pi}} \sum_{n=-N/2}^{n=N/2} P(t_n) \cdot e^{\frac{-2 \cdot \pi \cdot i}{M} \cdot m \cdot n} \quad [3]$$

Dimana  $P(t_n)$  adalah data seri curah hujan dalam domain waktu dan  $P(f_m)$  adalah data seri curah hujan dalam domain frekuensi.  $t_n$  adalah variabel seri dari waktu yang mempresentasikan panjang data ke  $N$ ,  $f_m$  variabel seri dari frekuensi.

Berdasarkan pada frekuensi curah hujan yang dihasilkan dari Persamaan [3], amplitudo sebagai fungsi dari frekuensi curah hujan dapat dihasilkan. Amplitudo maksimum dapat ditentukan dari amplitudo yang dihasilkan sebagai amplitudo 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 didalam studi ini dipergunakan untuk menghitung frekuensi sudut dan menentukan komponen periodik curah hujan dengan menggunakan Persamaan [3].

### 2.4. 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  $(\omega_r)$ . Selanjutnya dapat diekspresikan sebuah persamaan dalam bentuk Fourier sebagai berikut, (Rizalihadi, 2002; Bhakar dkk, 2006; Zakaria, 1998, 2008, 2010a, 2010b):

$$\hat{P}(t) = S_o + \sum_{r=1}^{r=k} A_r \sin(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{r=k} B_r \cos(\omega_r \cdot t) \quad [4]$$

Persamaan [4] dapat disusun menjadi persamaan sebagai berikut,

$$\hat{P}(t) = \sum_{r=1}^{r=k+1} A_r \sin(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{r=k} B_r \cos(\omega_r \cdot t) \quad [5]$$

dimana:

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

## 2.5. Komponen Stokastik

Komponen Stokastik dibentuk oleh nilai yang bersifat random yang tidak dapat dihitung secara tepat. Stokastik model, dalam bentuk model autoregresif dapat ditulis sebagai fungsi matematika sebagai berikut (Rizalihadi, 2002; Bhakar dkk, 2006; Zakaria, 2010b),

$$S(t) = \varepsilon + \sum_{k=1}^p b_k \cdot S(t-k) \quad [6]$$

Persamaan [6] dapat diuraikan menjadi,

$$S(t) = \varepsilon + b_1 \cdot S(t-1) + b_2 \cdot S(t-2) + \dots + b_p \cdot S(t-p) \quad [7]$$

dimana,

- $b_r$  = parameter model autoregressif.
- $\varepsilon$  = konstanta bilangan random
- $r = 1, 2, 3, 4, \dots, p$  = order komponen stokastik

Untuk mendapatkan parameter model dan konstanta bilangan random dari model stokastik di atas dapat dipergunakan metode kuadrat terkecil (*least squares method*).

## 2.6. Metode Kuadrat Terkecil (*Least Squares Method*)

### 2.6.1. Analisis komponen periodik

Didalam metode pendekatan curvanya, sebagai suatu solusi pendekatan dari komponen-komponen periodik  $P(t)$ , dan untuk menentukan fungsi  $\hat{P}(t)$  dari Persamaan [5], sebuah prosedur yang dipergunakan untuk mendapatkan model komponen periodik tersebut adalah metode kuadrat terkecil (*Least squares method*). Dari Persamaan [5] dapat dihitung jumlah dari kuadrat error antara data dan model periodik (Zakaria, 1998, 2008, 2010a, 2010b) sebagai berikut,

$$\text{Jumlah Kuadrat Error} = J = \sum_{t=1}^{t=m} [P(t) - \hat{P}(t)]^2 \quad [8]$$

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,

$$\frac{\partial J}{\partial A_r} = \frac{\partial J}{\partial B_r} = 0 \quad \text{dengan } r = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, k \quad [9]$$

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

a. curah hujan rerata,

$$P_o = A_{k+1} \quad [10]$$

b. amplitudo dari komponen harmonik,

$$C_r = \sqrt{A_r^2 + B_r^2} \quad [11]$$

c. Fase dari komponen harmonik,

$$\varphi_r = \arctan\left(\frac{B_r}{A_r}\right) \quad [12]$$

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

$$\hat{P}(t) = S_o + \sum_{r=1}^{r=k} C_r \cdot \text{Cos}(\omega_r \cdot t - \varphi_r) \quad [13]$$

Persamaan [13] adalah model periodik dari curah hujan kumulatif mingguan, dimana yang didapat berdasarkan data curah hujan dari stasiun curah hujan Purajaya.

### 2.6.2. Analisis komponen stokastik

Berdasarkan hasil simulasi yang didapat dari model periodik curah hujan, dapat dihitung komponen stokastik curah hujan. Komponen stokastik merupakan selisih antara data curah hujan dengan hasil simulasi curah hujan yang didapat dari model periodik. Selisih antara seri data curah hujan dan model periodik curah hujan yang didapat merupakan seri stokastik, yang dapat dipresentasikan sebagai berikut,

$$S(t) \approx X(t) - P(t) \quad [14]$$

Persamaan [14] dapat diselesaikan dengan menggunakan cara yang sama dengan cara yang dipergunakan untuk mendapatkan komponen periodik seri curah hujan. Mengikuti persamaan [8], untuk model stokastik dapat disusun menjadi seperti persamaan sebagai berikut (Zakaria, 2010b),

$$\text{Jumlah Kuadrat Error} = J = \sum_{t=1}^{t=m} \{S(t) - \hat{S}(t)\}^2 \quad [15]$$

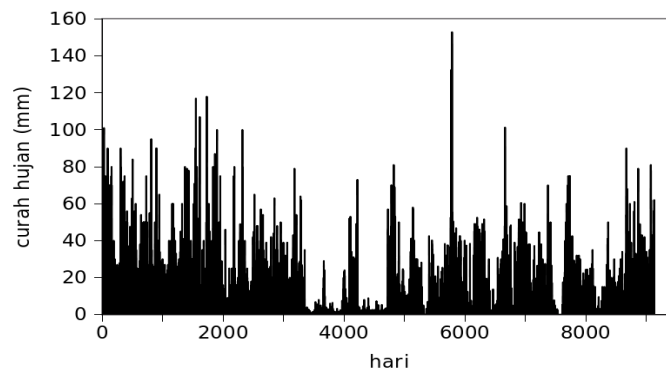
Dimana  $J$  adalah jumlah kuadrat error yang nilainya tergantung pada nilai  $\varepsilon$  dan  $b_r$ . Dimana koefisien  $J$  hanya dapat menjadi minimum bila memenuhi persamaan sebagai berikut,

$$\frac{\partial J}{\partial \varepsilon} = \frac{\partial J}{\partial b_r} = 0 \quad \text{dengan } r = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, p \quad [16]$$

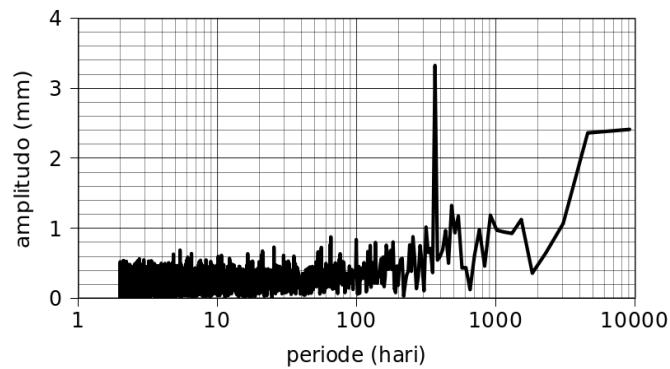
Selanjutnya, dengan menggunakan persamaan [16] parameter stokastik  $\varepsilon$  dan  $b_r$  dari data curah hujan dapat dihitung.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menguji karakteristik secara periodik dari data curah hujan seri waktu, dengan panjang data curah hujan harian 25 tahun (1977-2001) dari stasiun Purajaya dengan panjang 9131 hari, karakteristik periodik dari rerata tahunan dan maksimum dari seri curah hujan harian dapat diperkirakan. Gambar 1 menunjukkan seri waktu curah hujan harian dari stasiun Purajaya.



Gambar 1. Curah hujan harian seri waktu selama 25 tahun dari stasiun Purajaya.



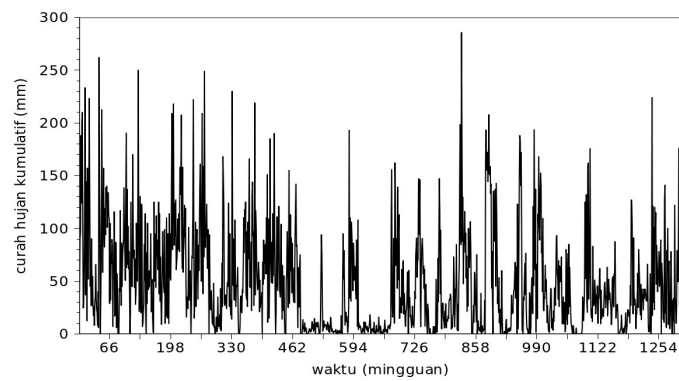
Gambar 2. Spektrum curah hujan harian data 25 tahun dari stasiun Purajaya.

Berdasarkan data curah hujan harian di atas didapat curah hujan harian rerata tahunan bervariasi dari 2,00 mm di tahun 1986 menjadi 12,5 mm di tahun 1977. Curah hujan harian maksimum tahunan bervariasi dari 35 mm in 1986 menjadi 152,9 mm ditahun 1992. Variasi ini kemungkinan disebabkan oleh perubahan di alam akibat perubahan iklim tahunan. Curah hujan kumulatif tahunan dari stasiun Purajaya menunjukkan nilai minimum sebesar 552,5 mm di tahun 1989 dan maksimum sebesar 4308,9 mm di tahun 1996, dengan curah hujan kumulatif tahunan rerata sebesar 2553,5 mm.

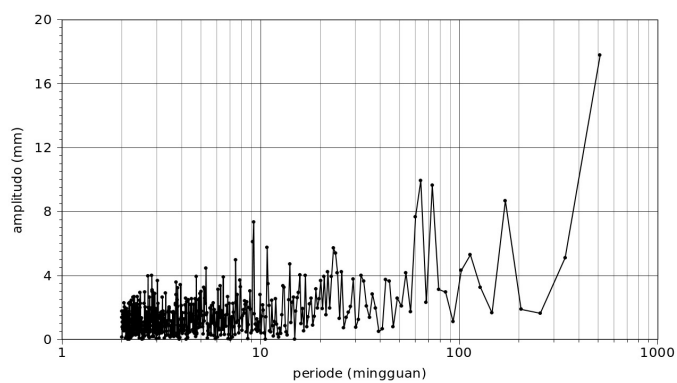
Berdasarkan data curah hujan harian di atas, spektrum dari curah hujan harian seri waktu dapat dihasilkan dengan menggunakan metode FFT (*Fast Fourier Transform*). Untuk data curah hujan harian sepanjang 25 tahun, hasil dari transformasi dengan menggunakan metode FFT ini dipresentasikan di dalam Gambar 2.

Dari Gambar 2 tersebut terlihat bahwa besarnya periode maksimum dari curah hujan harian adalah 3,3255 mm untuk periode 365,2 hari atau satu tahun. Ini menunjukkan bahwa komponen tahunan dari data curah hujan harian adalah sangat dominan dibandingkan dengan periode lainnya. Spektrum di atas dipresentasikan dalam periodik curah hujan sebagai fungsi dari periode. Spektrum yang dipresentasikan di dalam Gambar 2 adalah dihasilkan dengan menggunakan metode FFT dari Matlab.

Untuk menghitung komponen periodik dari curah hujan kumulatif mingguan seri waktu, metode transformasi Fourier dapat diaplikasikan untuk mendapatkan frekuensi-frekuensi dominan curah hujan. Untuk menghasilkan Frekuensi dominan, prosedur yang diaplikasikan adalah dengan menggunakan sebuah algoritma yang diusulkan oleh Cooley dan Tukey (1965) dimana jumlah data  $N$  dianalisis sebagai pangkat dari 2, contohnya  $N = 2^k$ . Berdasarkan data curah hujan harian sepanjang 25 tahun atau 9131 hari dari stasiun Purajaya, dihitung seri curah hujan kumulatif mingguan yang didapat seri data dengan panjang 1304 minggu. Seri curah hujan kumulatif mingguan dapat dilihat seperti pada Gambar 3 berikut,



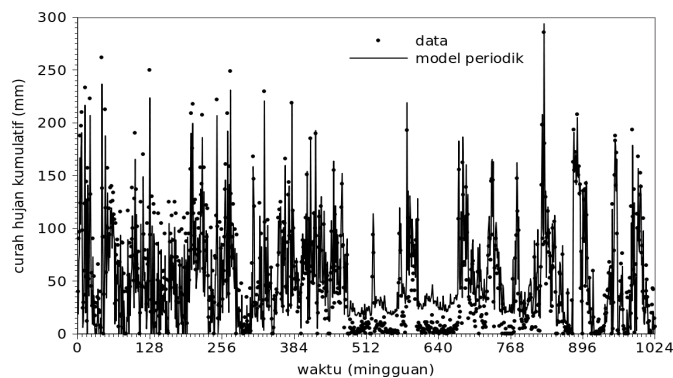
Gambar 3. Curah hujan kumulatif mingguan dari stasiun Purajaya.



Gambar 4. Periode curah hujan kumulatif mingguan dari stasiun Purajaya.

Berdasarkan data curah hujan kumulatif mingguan dengan panjang 1024 minggu atau lebih kecil dari 1304 minggu, dapat dihitung spektrum curah hujan kumulatif mingguan seperti pada Gambar 4. Berdasarkan panjang data 1024 minggu tersebut dihasilkan 509 frekuensi dominan.

Dengan mengaplikasikan 509 frekuensi yang dihasilkan seperti pada Gambar 4, maka dapat dihitung model sintetik atau model periodik curah hujan kumulatif mingguan seperti dipresentasikan pada Gambar 5.



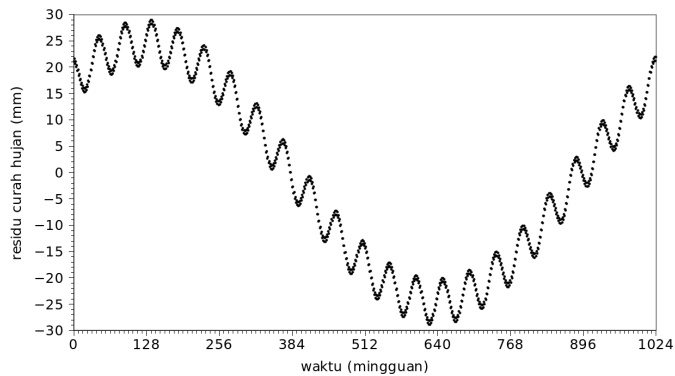
Gambar 5. Variasi curah hujan kumulatif mingguan dari stasiun Purajaya antara yang data terukur dan model periodik yang terhitung.

10 komponen periodik dengan amplitudo paling maksimum dari 509 komponen periodik yang dipergunakan didalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil yang didapat seperti yang ditampilkan dalam Gambar 5, dapat dihitung residu curah hujan antara yang terukur dan terukur dengan menggunakan Persamaan (14). Residu curah hujan ini merupakan kesalahan dari model periodik curah hujan. Kesalahan model periodik curah hujan diasumsikan sebagai komponen stokastik dari curah hujan mingguan. Komponen stokastik curah hujan kumulatif mingguan ini dapat dilihat seperti pada Gambar 6.

Tabel 1. 10 amplitudo maksimum komponen periodik curah hujan kumulatif mingguan

no	amplitudo (mm)	Periode (hari)	Phase (°)
1	20,40	123,51	104,30
2	10,98	229,55	101,55
3	10,84	232,50	341,66
4	10,68	236,06	37,35
5	10,03	251,24	168,70
6	9,58	262,94	121,03
7	9,21	273,68	102,49
8	8,52	295,80	188,12
9	7,74	325,64	229,64
10	7,68	328,25	7,79



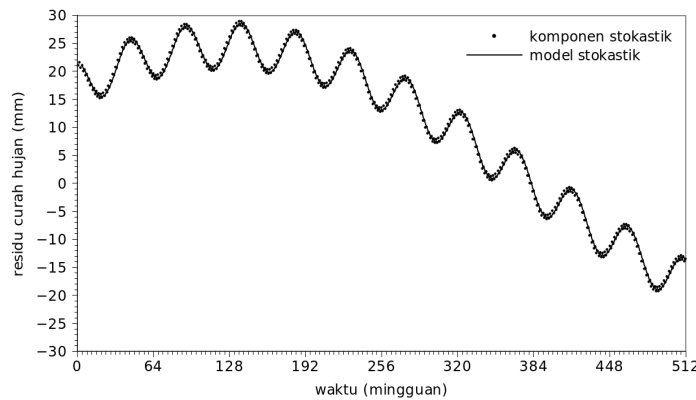
Gambar 6. Variasi komponen stokastik curah hujan kumulatif mingguan dari stasiun Purajaya.

Dengan menggunakan hasil seperti yang ditampilkan pada Gambar 6, dan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil seperti yang dipresentasikan pada Persamaan (15) dan Persamaan (16), dapat dihitung parameter model autoregresif dan konstanta bilangan randomnya. Orde akurasi untuk model stokastik dari residu data curah hujan kumulatif mingguan ini adalah menggunakan orde 3. Parameter model dan konstanta random autoregresif dapat dilihat pada Tabel 2. berikut,

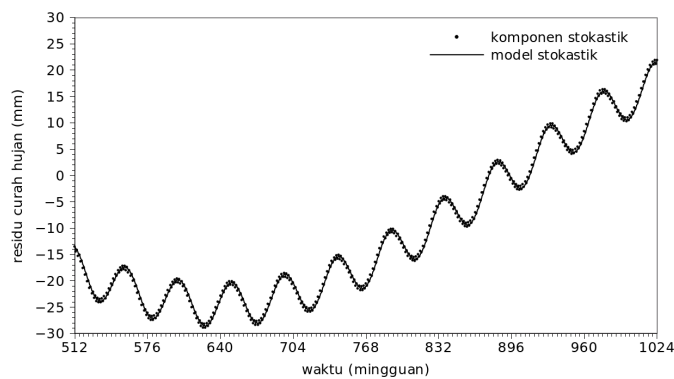
Tabel 2. Parameter model autoregresif orde 3

parameter	nilai
$\varepsilon$	0,0100
$b_1$	0,8573
$b_2$	0,6854
$b_3$	-0,5442

Berdasarkan parameter model stokastik residu curah hujan kumulatif mingguan dari stasiun Purajaya, dapat dipresentasikan variasi komponen stokastik yang terukur dan model stokastik yang terhitung seperti yang dipresentasikan pada gambar berikut,



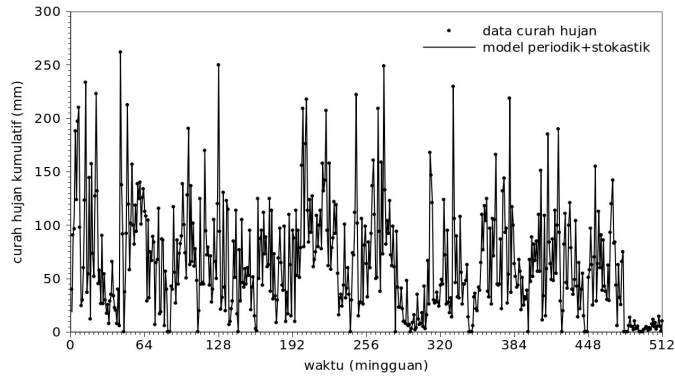
Gambar 7. Variasi perbandingan komponen stokastik dan model stokastik dari curah hujan kumulatif mingguan dari stasiun Purajaya (1 - 512).



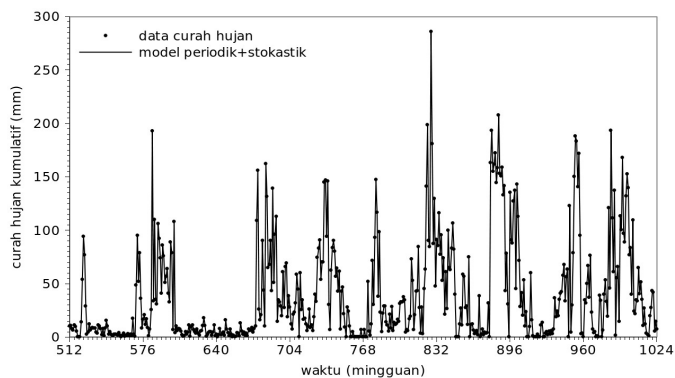
Gambar 8. Variasi perbandingan komponen stokastik dan model stokastik dari curah hujan kumulatif mingguan dari stasiun Purajaya (128 - 256).

Dengan menggunakan model periodik dan stokastik, variasi curah hujan kumulatif mingguan dari stasiun Purajaya antara yang terukur dan terhitung dapat dibandingkan seperti yang dipresentasikan pada Gambar 9.

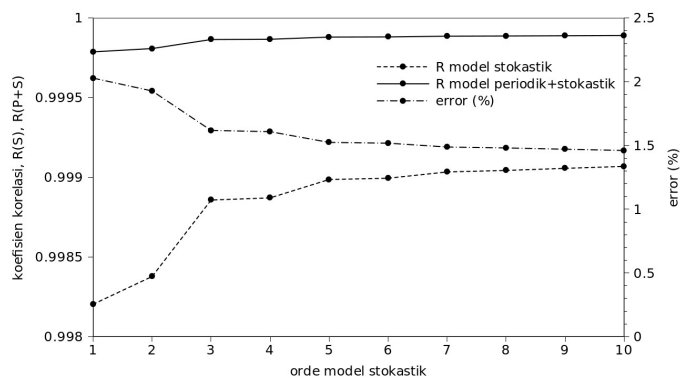
Perbandingan antara curah hujan kumulatif mingguan yang terukur dan curah hujan kumulatif mingguan hasil pemodelan periodik stokastik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10 memperlihatkan bahwa model periodik stokastik untuk curah hujan kumulatif mingguan ini memberikan hasil yang sangat akurat.



Gambar 9. Variasi mingguan data curah hujan kumulatif mingguan yang terukur dengan model periodik + stokastik yang terhitung dari stasiun Purajaya (0 - 512).



Gambar 10. Variasi mingguan antara data curah hujan kumulatif mingguan yang terukur dengan model periodik + stokastik yang terhitung dari stasiun Purajaya (512 - 1024).



Gambar 11. Variasi orde model curah hujan kumulatif mingguan untuk koefisien korelasi model stokastik R(S), model periodik dan stokastik R(P+S), dan error (%) dari model periodik dan stokastik.

Untuk pemodelan periodik curah hujan memberikan nilai korelasi (R) sebesar 0,9389. Untuk pemodelan stokastik yang menggunakan orde 3 memberikan nilai korelasi (R) sebesar 0,9989. Untuk pemodelan periodik dan stokastik curah hujan kumulatif mingguan memberikan nilai korelasi yang menunjukkan hubungan antara data dan model R sebesar 0,9999. Nilai korelasi ini hampir mendekati 1. Ini menunjukkan bahwa model periodik dan stokastik curah hujan kumulatif mingguan ini hampir mendekati pola data curah hu-



jan kumulatif mingguan yang terukur. Variasi orde model stokastik residu curah hujan kumulatif mingguan dapat dilihat pada Gambar 11.

Berdasarkan hasil yang dipresentasikan pada Gambar 11 menunjukkan bahwa akurasi orde 3 dari model autoregresif memberikan hasil yang jauh lebih baik dibandingkan dengan akurasi orde 2. Sedangkan untuk akurasi orde 4 sampai dengan akurasi orde 10 tidak memberikan perbedaan hasil akurasi yang terlalu signifikan dibandingkan dengan akurasi orde 3. Sehingga didalam penelitian ini model stokastiknya cukup mempergunakan akurasi orde 3. Koefisien korelasi ( $R$ ) dan error (%) untuk model periodik memberikan hasil masing-masing sebesar 0,9389 dan 30%. Sedangkan untuk model periodik dan stokastik dapat memberikan nilai koefisien korelasi dan error jauh lebih baik yang masing-masing sebesar 0,9999 dan 1,6%.

Pemodelan curah hujan kumulatif mingguan ini dapat memberikan hasil yang lebih akurat dan lengkap jika dibandingkan dengan pemodelan curah hujan bulanan, seperti yang dilakukan oleh Rizalihadi (2002) dan Bhakar dkk (2006), dimana pemodelan curah hujannya hanya menggunakan beberapa parameter periodik dan stokastik saja. Didalam penelitiannya Rizalihadi (2002) menggunakan sampai dengan 6 komponen harmonik dengan komponen stokastik untuk akurasi orde 3. Sedangkan, Bhakar dkk (2006), didalam penelitiannya hanya menggunakan 3 komponen harmonik dengan komponen stokastik untuk akurasi orde 1.

Walaupun didalam penelitian curah hujan kumulatif mingguan yang dilakukan ini penyelesaiannya jauh lebih kompleks dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, karena menggunakan 509 komponen harmonik, akan tetapi pemodelan curah hujan didalam penelitian ini masih dapat dilakukan dengan cepat. Karena dengan mengaplikasikan metode *Fast Fourier Transform* (FFT), prediksi frekuensi komponen harmonik curah hujan kumulatif mingguan dari model periodiknya dapat dihasilkan dengan cepat.

Perilaku dari komponen stokastik curah hujan kumulatif mingguan dapat dilihat seperti yang dipresentasikan pada Gambar 7 dan Gambar 8. Seri komponen stokastik ini merupakan selisih antara data curah hujan kumulatif mingguan dengan model periodiknya. Dari gambar tersebut terlihat bahwa komponen stokastik nilainya berfluktuasi dari -28,8 mm sampai dengan 28,9 mm. Koefisien korelasi dari model stokastik dengan akurasi orde 3 ini adalah sebesar 0,9989, sedangkan untuk akurasi orde 1 didapat koefisien korelasi sebesar 0,9982. Hasil ini lebih baik bila dibandingkan dengan hasil yang dipresentasikan oleh Bhakar dkk (2006) yang hanya menggunakan model stokastik orde 1 dan menghasilkan koefisien korelasi untuk model stokastiknya sebesar 0,9001.

Dengan menggunakan 509 komponen periodik dan parameter stokastik dengan akurasi orde 3 menghasilkan hasil simulasi model curah hujan kumulatif mingguan sintetik yang sangat baik dan akurat, dengan koefisien korelasinya adalah sebesar 0,9999. Koefisien korelasi yang dipresentasikan pada Gambar 11 merupakan bukti bahwa model periodik dan stokastik (P+S) curah hujan kumulatif mingguan mempunyai korelasi yang sangat baik dan akurat dibandingkan dengan model periodik saja (P) yang menghasilkan koefisien korelasi sebesar 0,9389. Hasil ini juga terlihat jauh lebih baik bila dibandingkan penelitian yang dilakukan Bhakar (2006) yang pemodelannya menggunakan 3 komponen periodik dan komponen stokastik dengan akurasi orde 1 yang menghasilkan koefisien korelasi  $R$  sebesar 0,9961  $\ll$  0,9999.

### 3. SIMPULAN

Spektrum dari curah hujan kumulatif mingguan seri waktu yang dihasilkan dengan menggunakan metode FFT, dipergunakan untuk mensimulasikan curah hujan kumulatif mingguan sintetis. Dengan menggunakan metode FFT dan metode Kuadrat Terkecil, curah hujan kumulatif mingguan sintetis seri waktu dapat dihasilkan akurat. Dengan menggunakan 509 komponen periodik dan memasukkan komponen stokastik orde 3, model curah hujan kumulatif mingguan sintetis yang dihasilkan untuk stasiun Purajaya menjadi sangat akurat dengan koefisien korelasi sebesar  $0,9999 \approx 1$ .

### DAFTAR PUSTAKA

- Bhakar, S.R., Singh, Raj Vir, Chhajed, Neeraj, and Bansal, Anil Kumar, 2006, Stochastic modeling of monthly rainfall at kota region. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 1, No. 3, hal. 36 – 44.
- Cooley, James W. Tukey, John W. 1965, *An Algorithm for the machine calculation of Complex Fourier Series*. Mathematics of Computation, hal.. 199 – 215.
- Kottegoda, N.T. 1980, *Stochastic Water Resources Technology*. The Macmillan Press Ltd., London, hal. 384.
- Rizalihan, M. 2002, The generation of synthetic sequences of monthly rainfall using autoregressive model. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syah Kuala*, Vol. 1, No. 2, hal. 64 – 68.
- Zakaria, A. 1998, *Preliminary study of tidal prediction using Least Squares Method*. Thesis (Master), Bandung Institute of Technology, Bandung, Indonesia.
- Zakaria, A. 2003, *Numerical Modelling of Wave Propagation Using Higher Order Finite Difference Formulas*, Thesis (Doktor), Curtin University of Technology, 247 hal.
- Zakaria, A. 2008, The generation of synthetic sequences of monthly cumulative rainfall using FFT and least squares method. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian & Pengabdian kepada masyarakat*, Universitas Lampung, Vol. 1, hal. 1 – 15.
- Zakaria, A. 2010a, A study periodic modeling of daily rainfall at Purajaya region. *Seminar Nasional Sain & Teknologi III*, Lampung University, Vol. 3, hal. 1 – 15.
- Zakaria, A. 2010b, Studi pemodelan stokastik curah hujan harian dari data curah hujan stasiun Purajaya. *Seminar Nasional Sain Mipa dan Aplikasinya*, Lampung University, Vol. 2, hal. 145 – 155.