

ISBN : 978-979-8510-71-7

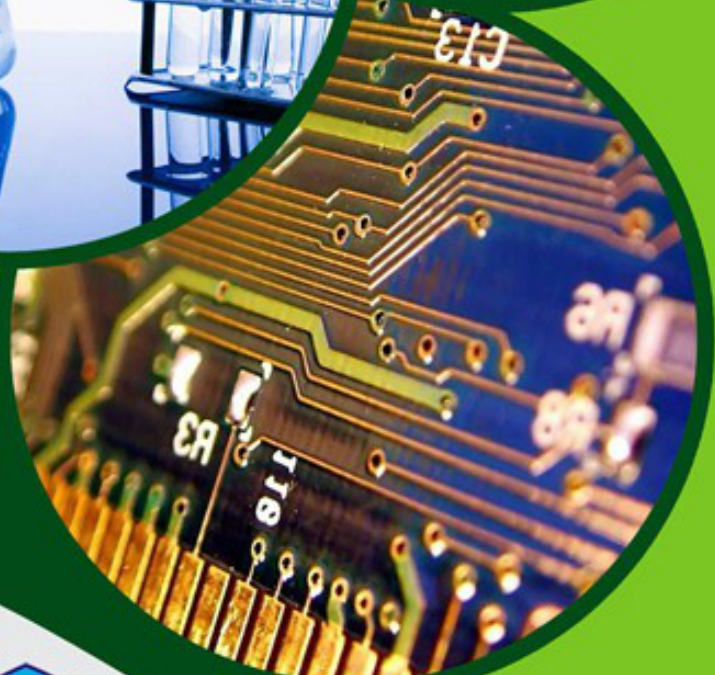
# SEMINAR NASIONAL Sains & Teknologi V SATEK & INDONESIA HIJAU

Lembaga Penelitian  
Universitas Lampung

<http://satek.unila.ac.id/>



## Prosiding



**Bandar Lampung, 19-20 November 2013**

**PROSIDING SEMINAR NASIONAL  
SAINS & TEKNOLOGI V  
SATEK & INDONESIA HIJAU**

**ISBN : 978-979-8510-71-7**



**Bandar Lampung,  
19-20 November 2013**

# **SEMINAR SAINS & TEKNOLOGI V**

**19—20 NOVEMBER 2013**

## **SATEK & INDONESIA HIJAU**

### **PROSIDING**

#### **Penanggung Jawab**

Dr. Eng. Admi Syarif

#### **Dewan Editor**

Sutopo Hadi  
Nyimas Sa'diyah  
Mulyono  
G. Nugroho Susanto  
Erwanto  
Sumaryo G. Saputro  
Dwi Asmi  
Subeki  
Kurnia Muludi  
Asnawi Lubis  
Muhartono  
Warsono  
Yusnita  
Slamet Budi Yuwono  
Asep Sukohar  
Tugiyono

#### **Dewan Pelaksana**

Melya Riniarti  
Jani Master  
Aristoteles  
Favorisen R. Lumbanraja

**LEMBAGA PENELITIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2014**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nyalah maka PROSIDING SEMINAR NASIONAL SAINS & TEKNOLOGI V dapat diselesaikan. SEMNAS SATEK merupakan kegiatan rutin yang dilaksanakan oleh Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Kegiatan ini dimaksudkan sebagai wadah penyebarluasan informasi hasil penelitian, ajang pertemuan ilmiah para peneliti, dan sarana tukar informasi di kalangan peneliti dan masyarakat luas.

Lingkungan hidup merupakan masalah krusial pada dasawarsa ini. Berbagai masalah lingkungan sedang kita hadapi. SATEK memainkan peranan penting dalam pembangunan Indonesia. SATEK dapat digunakan sebagai alat untuk meningkatkan kualitas lingkungan hidup, dan dapat pula menjadi senjata yang menghancurkan lingkungan hidup. SEMNAS SATEK V diharapkan dapat mejadi ajang untuk mengumpulkan dan menyebarluaskan hasil peneitian anak bangsa yang mendukung pembangunan Indonesia hijau, sehingga SEMNAS SATEK ditahun ini adalah "SATEK & INDONESIA HIJAU"

Peserta SEMNAS SATEK V berasal dari seluruh pelosok negeri. Pada tahun ini jumlah peserta sebanyak 180 orang yang berasal dari berbagai institusi, baik perguruan tinggi maupun badan litbang serta praktisi dan institusi pemerintahan. Peserta pemakalah dan poster terbagi ke dalam 10 topik penelitian besar. Perlu menjadi catatan yang mengembirakan adalah tingginya partisipasi mahasiswa pada SEMNAS SATEK V ini. Partisipasi mahasiswa meningkat hampir 70% bila dibandingkan dengan penyelenggaraan sebelumnya.

Saya mengucapkan terima kasih kepada para keynote speaker dan pihak- pihak yang telah membantu pelaksanaan SEMNAS SATEK V. Secara khusus saya mengapresiasi panitian yang telah bekerjakeras sehingga kegiatan ini dapat berjalan dengan lancar.

Bandar Lampung, Januari 2014

Ketua Lembaga Penelitian Universitas Lampung,

Dr. Eng. Admi Syarif

## DAFTAR ISI

### MAKALAH

KODE MAKALAH	JUDUL DAN NAMA PENULIS	Halaman
1-99	<b>ANALISIS FAKTOR KONFIRMATORI GUNA MENGESTIMASI RELIABILITAS MULTIDIMENSI</b> Gaguk Margono	1-18
1-107	<b>PEMETAAN KOROSIFITAS BAJA KARBON YANG DILAPISI POLIMER HIBRID POLI (GLYMO) DALAM KONDISI ATMOSFERIK</b> Khapiza Hasibuan, Sri Suryaningsih, danTuti Susilawati	19-27
1-138	<b>PEMODELAN KEMISKINAN PERDESAAN DAN PERKOTAAN DENGAN PENDEKATAN GARIS KEMISKINAN MENGGUNAKAN MODEL PROBIT BINER BIVARIAT DI PROVINSI BENGKULU</b> Catur Didi Wahyudi, I Nyoman Latra, dan Vita Ratnasari	28-37
1-168	<b>MODEL KLASIFIKASI MENGGUNAKAN METODE REGRESI LOGISTIK DAN <i>MULTIVARIATE ADAPTIVE REGRESSION SPLINES (MARS)</i> (Studi Kasus: Data Survei Biaya Hidup (SBH) Kota Kediri Tahun 2012)</b> Sumarno, dan Bambang Widjanarko Otok	38-49
1-257	<b>MODEL PERIODIK DAN STOKASTIK DATA PASANG SURUT JAM-JAMAN DARI STASIUN TANJUNG PRIOK</b> Ahmad Zakaria	50-72
2-176	<b>RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING SAMBUNGAN <i>INTERNET</i> UNIVERSITAS LAMPUNG BERBASIS <i>MINISINGLE BOARD COMPUTER BCM2835</i></b> Gigih Forda Nama, Hery Dian Septama, Lukmanul Hakim, dan Muhamad Komarudin	73-83
2-236	<b>ANALISA DAN PERANCANGAN PEREKRUTAN KARYAWAN DENGAN METODE AHP PADA SISTEM BERORIENTASI SERVICE STUDI KASUS USAHA JASA SERVICE KENDARAAN</b> Astria Hijriani, Ady Candra, Novi Hardiansyah dan Tubagus Riki Andrian	84-95



---

## **MODEL PERIODIK DAN STOKASTIK DATA PASANG SURUT JAM-JAMAN DARI STASIUN TANJUNG PRIOK**

Ahmad Zakaria

Laboratorium Hidrolika dan Mekanika Fluida,  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung.  
Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro I, Bandar Lampung. 35145.  
surel: ahmadzakaria@unila.ac.id

### **ABSTRACT**

The aim of this study was to compare periodic and stochastic models generated by using FFT frequencies with periodic and stochastic models generated by using astronomic frequencies. Fourier series were used to simulated periodic model, and autoregressive method was employed to simulate stochastic model. In this study, 253 dominant FFT frequencies and 9 astronomic frequencies were used as constituent frequencies to simulate periodic models. 512 hours of data were used for the model.

Results of this study present that the periodic and stochastic models using FFT frequencies gave more accurate results than periodic and stochastic models using the astronomic frequencies.

Keywords: autoregressive method , FFT periodic and stochastic models, tide waves

### **PENDAHULUAN**

Pasang surut air laut merupakan fenomena yang terjadi pada setiap pantai yang ada di planet bumi ini. Penelitian mengenai pergerakan pasang surut air laut sudah dilakukan orang sejak lama. Fenomena kejadian pasang surut air laut yang sering juga disebut dengan pasut merupakan suatu kejadian yang berupa proses naik dan turunnya air laut secara periodik. Pergerakan ini ditimbulkan oleh karena adanya gaya tarik menarik dari benda-benda yang ada di angkasa. Gaya tarik menarik yang paling utama adalah disebabkan oleh gaya tarik matahari dan gaya tarik bulan terhadap massa air di bumi. Proses terjadinya pasang surut laut dapat dilihat secara langsung jika berada di pantai. Adanya gerakan naik turunnya permukaan air di laut juga mempengaruhi aktifitas kehidupan manusia yang ditinggal didaerah pantai. Seperti aktifitas pelayaran, kegiatan pembangunan dermaga di daerah pantai, aktifitas para nelayan, dan lain sebagainya. Pengamatan terhadap pasang surut air laut sudah sejak lama dilakukan oleh manusia. Herodotus (450 BC) sudah sejak lama menulis hasil pengamatannya mengenai fenomena pasang surut air laut yang terjadi di Laut Merah. Juga Aristoteles (350 BC)

yang membuat kesimpulan bahwa naik dan turunnya permukaan air laut selalu terjadi untuk setiap waktu yang relatif tetap, walaupun ternyata belakangan diketahui kesimpulan yang diambilnya ternyata tidak benar.

Teori pasang surut air laut yang dikenal sekarang ini adalah berasal dari teori gravitasi yang dikemukakan oleh Newton (1642 - 1727) dan persamaan gerak yang dikembangkan oleh Euler. Kemudian selanjutnya teori-teori ini dipelajari kembali oleh Laplace (1749 - 1882) yang kemudian menurunkan teori mengenai pasang surut air laut ini secara matematika. Penggunaan data pasang surut, metode pengolahan data pasang surut serta teknologi perekaman data pasang surut semakin meningkat seiring dengan kemajuan peradaban manusia dan kemajuan teknologi.

Metode pengolahan data pasang surut biasanya bertujuan untuk menguraikan komponen pasang surut yang sering disebut juga dengan konstanta harmonik pasang surut. Metode yang sering dipergunakan untuk penguraian komponen pasang surut adalah metode admiralty, metode analisis harmonik yang menggunakan metode kuadrat terkecil, dan metode spektrum. Dengan didapaknya konstanta harmonik pasang surut maka kejadian pasang surut untuk waktu ke depan dapat diperkirakan. Sehingga dengan semakin akuratnya konstanta harmonik pasang surut yang didapat maka akan semakin akurat pula perkiraan kejadian pasang surut.

Para insinyur dan praktisi sering menggunakan analisis Fourier dan metode kuadrat terkecil untuk menguraian komponen harmonik pasang surut. Dengan metode ini dapat dibuat model periodik pasang surut untuk mensimulasikan pergerakan harmonik pasang surut.

Sejalan dengan peningkatan ilmu pengetahuan dan teknologi, metode analisis data seri waktu juga dikembangkan untuk dapat meningkatkan akurasi model. Untuk dapat memodelkan data seri waktu curah hujan yang lebih akurat, model periodik dan stokastik sudah dikembangkan oleh Zakaria (2011). Dengan menggunakan model periodik dan stokastik ini, akurasi pemodelan yang didapat sangat akurat. Pada model ini, metode analisis Fourier dipergunakan untuk model periodik curah hujan dan metode autoregressive dipergunakan untuk model stokastik.

## METODE

### Data Pasang Surut

Data pasang surut jam-jaman dari daerah Tanjung Priok diambil dari Dinas Hidro Oseanografi. Data pasang surut yang dipergunakan untuk studi ini adalah data pasang surut 512 jam (22 hari) dari Januari tahun 1985, tahun 1986, dan tahun 1987.

### Metodologi Penelitian

Secara umum, suatu data dalam bentuk seri waktu dapat diuraikan menjadi komponen deterministik yang dapat dirumuskan menjadi nilai yang berupa komponen yang bersifat periodik dan komponen yang bersifat stokastik, yang mana nilai ini dipresentasikan sebagai suatu fungsi yang terdiri dari beberapa fungsi data seri waktu. Data seri waktu  $X(t)$  dapat dipresentasikan sebagai model yang terdiri dari beberapa fungsi berikut: (Rizalighadi, 2002; Bhakar dkk, 2006; dan Zakaria, 2008, 2010a, 2010b),

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

dimana,

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

$P(t)$  = komponen periodik

$S(t)$  = komponen stokastik

Komponen yang bersifat trend ini menggambarkan perubahan secara linier untuk periode jangka panjang dari hasil pencatatan data pasang surut yang panjang, dan mengabaikan komponen fluktuasi untuk durasi pendek. Di dalam penelitian ini, data data pasang surut yang dipergunakan, diasumsikan tidak memiliki komponen yang bersifat trend. Sehingga selanjutnya Persamaan (1) 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 pasang surut jam-jaman.



## Frekuensi Astronomi

Di dalam memodelkan gerak harmonik pasang surut, frekuensi astronomi dipergunakan untuk mendapatkan konstanta harmonik. Umumnya, didalam memodelkan gerak harmonik pasang surut dipergunakan 9 frekuensi astronomi sebagai berikut,

Tabel 1. 9 komponen harmonik pasang surut

no	constituent	Frekuensi (derajat/jam)	Periode (jam)
1	M2	28,98	12,42
2	S2	30,00	12,00
3	N2	28,44	12,66
4	K1	15,04	23,93
5	O1	13,94	25,82
6	M4	57,97	6,21
7	MS4	58,98	6,10
8	P1	14,96	24,07
9	K2	30,08	11,97

Sumber: Zakaria (1998)

## Frekuensi FFT

Selain frekuensi astronomi, frekuensi harmonik pasang surut juga dapat dihasilkan dengan menggunakan metode FFT. Metode FFT ini adalah suatu metode transformasi yang umum dipergunakan didalam bidang keteknikan untuk mentranformasi data seri waktu menjadi data seri frekuensi. Metode ini dapat dipresentasikan sebagai persamaan Transformasi sebagai berikut, (Zakaria, 2003, 2008, 2010a, 2010b, 2011a, 2011b):

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

Dimana  $P(t_n)$  merupakan data seri pasang surut dalam domain waktu dan  $P(f_m)$  merupakan data seri pasang surut dalam domain frekuensi.  $t_n$  merupakan variabel seri dari waktu yang menunjukkan panjang data ke  $N$ ,  $f_m$  adalah variabel seri dari frekuensi.

Berdasarkan frekuensi pasang surut yang dihitung dengan menggunakan Persamaan (3), amplitudo pasang surut sebagai fungsi dari frekuensi pasang surut dapat dihasilkan. Amplitudo maksimum dari amplitudo-amplitudo pasang surut yang dihasilkan dari hasil transformasi diasumsikan sebagai amplitudo signifikan. Frekuensi pasang surut dari amplitudo signifikan yang dipergunakan untuk mensimulasikan model pasang surut diasumsikan sebagai frekuensi pasang surut yang dominan. Frekuensi pasang surut signifikan yang dihasilkan didalam studi ini dipergunakan untuk menghitung dan menentukan komponen periodik pasang surut.

### Komponen Periodik

Komponen periodik  $P(t)$  berhubungan dengan suatu gerak perpindahan yang berosilasi dalam suatu interval tertentu (Kottegoda, 1980). Frekuensi komponen  $P(t)$  dapat dihasilkan dengan menggunakan Transformasi Fourier. Bagian yang berosilasi menunjukkan adanya komponen  $P(t)$ . Dalam metode ini beberapa periode maksimum dapat diestimasi dengan menggunakan analisis Fourier. Frekuensi yang didapat dari metode spektrum jelas menunjukkan adanya suatu variasi yang bersifat periodik. Komponen periodik pasang surut  $P(f_m)$  dapat ditulis dalam bentuk frekuensi sudut  $\omega_r$ . Ini selanjutnya diekspresikan sebagai suatu persamaan dalam bentuk Fourier sebagai berikut, (Rizalihadi, 2002; Bhakar dkk, 2006; Zakaria, 1998, 2008, 2010a, 2010b):

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

Persamaan (4) dapat disusun menjadi persamaan berikut,

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

dimana:

$\hat{P}(t)$  = komponen periodik pasang surut

$\hat{P}(t)$  = model dari komponen periodik pasang surut

$P_o$  =  $A_{k+1}$  = rerata tinggi pasang surut (cm) = SWL (still water level)

$\omega_r$  = frekuensi sudut (derajat/jam)

$t$  = waktu (jam)

$A_r, B_r$  = koefisien komponen Fourier

$k$  = jumlah komponen yang signifikan

### Komponen Stokastik

Komponen Stokastik diasumsikan terbentuk dari nilai yang bersifat random dan tidak dapat dihitung secara tepat. Persamaan model stokastik, dalam bentuk model autoregresif dapat ditulis sebagai suatu fungsi matematika berikut (Rizalihadi, 2002; Bhakar dkk, 2006; Zakaria, 2010b, 2011a, 2011b),

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

Persamaan (6) dapat diuraikan menjadi persamaan berikut,

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

dimana,

$b_r$  = parameter model autoregressif.

$\varepsilon$  = konstanta bilangan random

$r = 1, 2, 3, 4, \dots, p$  = tingkat order komponen stokastik

Dari data pasang surut, selisih antara data seri waktu pasang surut  $X(t)$  dengan model periodik pasang surut  $P(t)$  dihasilkan residu yang diasumsikan sebagai komponen stokastik  $S(t)$ . Dari komponen stokastik  $S(t)$ , untuk menurunkan parameter model autoregressif dan konstanta bilangan random dari model stokastik dapat dipergunakan metode kuadrat terkecil (*least squares method*).

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

#### Analisis komponen periodik

Sebagai suatu solusi pendekatan dari komponen-komponen periodik  $P(t)$ , dan untuk menentukan fungsi  $\hat{P}(t)$  dari Persamaan (5), prosedur yang dipergunakan untuk menghasilkan komponen model periodik tersebut adalah metode kuadrat terkecil (*Least squares method*). Dari Persamaan (5) dapat dihasilkan jumlah kuadrat error selisih

antara data pasang surut dan model periodik pasang surut (Zakaria, 1998, 2008, 2010a, 2010b) seperti berikut,

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

Dimana  $J$  merupakan jumlah kuadrat error yang nilainya tergantung nilai  $A_r$  dan  $B_r$ . Koefisien  $J$  hanya dapat minimum jika Persamaan (8) memenuhi persamaan sebagai berikut,

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

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

a. elevasi pasang surut 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 elevasi pasang surut, amplitudo dan Fase dari komponen harmonik dapat diinstitusikan kedalam persamaan berikut,

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

Persamaan (13) merupakan model periodik perubahan elevasi pasang surut.

## Analisis komponen stokastik

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

$$S(t) \approx X(t) + P(t) \quad (14)$$

Persamaan (14) dapat diselesaikan menggunakan cara yang sama dengan cara yang dipergunakan untuk mendapatkan komponen periodik seri pasang surut. Dengan mengikuti Persamaan (8), model stokastik pasang surut dapat disusun menjadi persamaan sebagai berikut (Zakaria, 2010b),

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

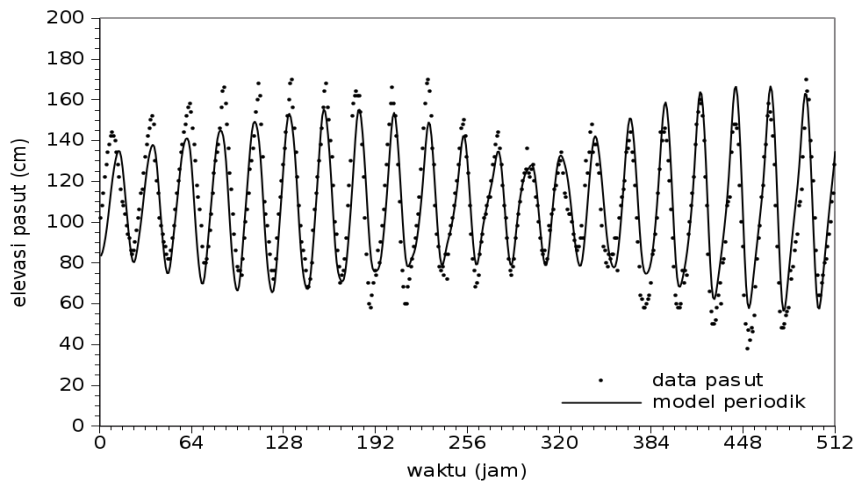
$J$  merupakan jumlah kuadrat error yang nilainya tergantung dari nilai  $\epsilon$  dan  $b_r$ . Dimana koefisien  $J$  hanya dapat menjadi minimum bila memenuhi persamaan berikut,

$$\frac{\partial J}{\partial \epsilon} = \frac{\partial J}{\partial b_r} = 0 \quad \text{dengan } r = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, p \quad (16)$$

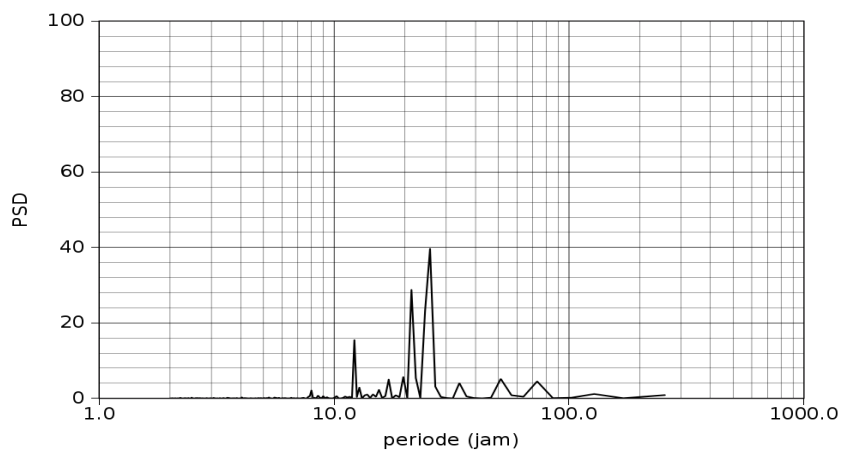
Selanjutnya, dengan menggunakan Persamaan (16) parameter stokastik  $\epsilon$  dan  $b_r$  dari model stokastik pasang surut dapat dihitung.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

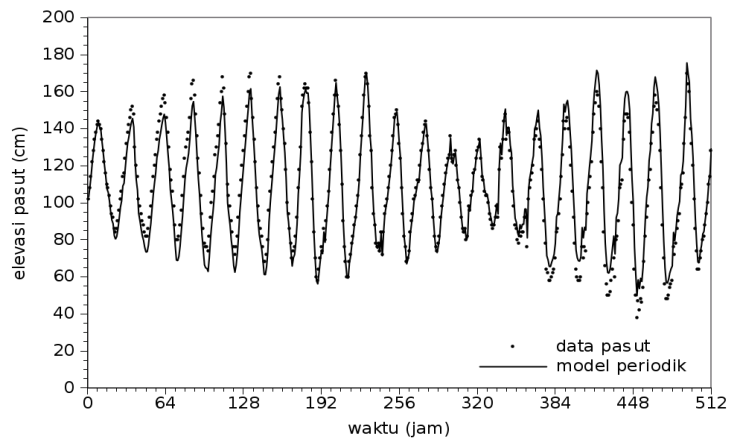
Pemodelan periodik dan stokastik pasang surut dilakukan dengan menggunakan 3 seri data pasang surut yang dipergunakan dari stasiun Tanjung Priok, dengan panjang masing masing data adalah 512 jam (22 hari) yaitu data dari jam 24:00 tanggal 1 Januari 1985 sampai dengan jam 7:00 tanggal 22 Januari 1985, data dari jam 24:00 tanggal 1 Januari 1986 sampai dengan jam 7:00 tanggal 22 Januari 1986, dan data dari jam 24:00 tanggal 1 Januari 1987 sampai dengan jam 7:00 tanggal 22 Januari 1987. Dari analisis yang sudah dilakukan didapat hasil penelitian sebagai berikut,



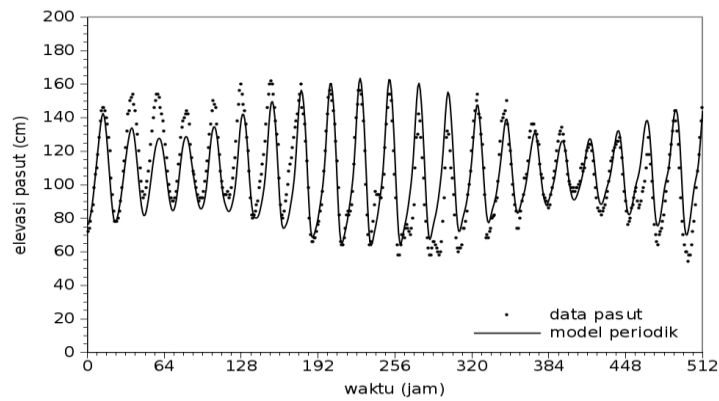
Gambar 1. Data vs model periodik pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1985 (frekuensi astronomi).



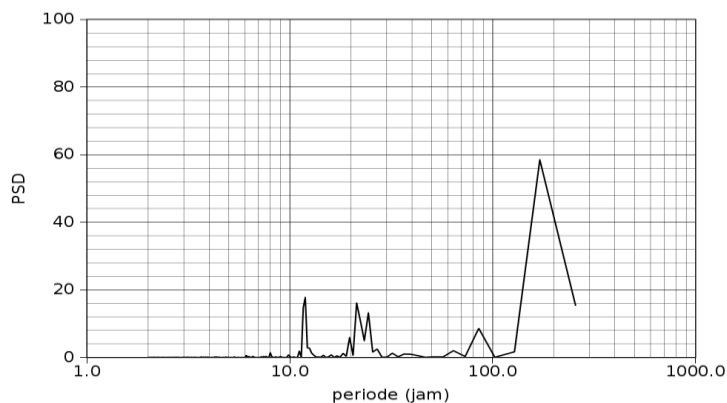
Gambar 2. Spektrum pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1985.



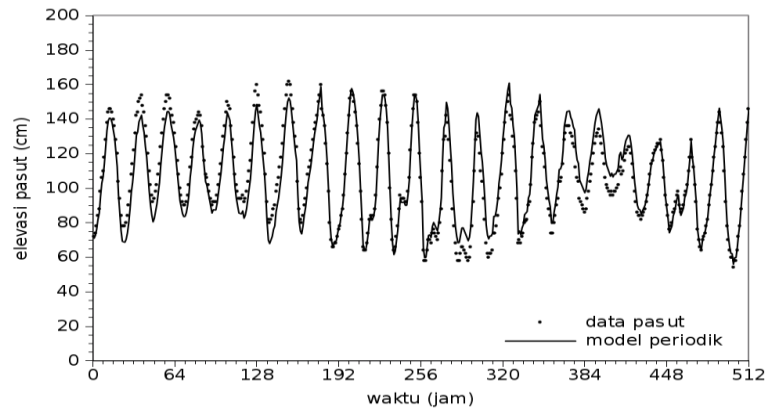
Gambar 3. Data vs model periodik pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1985 (frekuensi FFT).



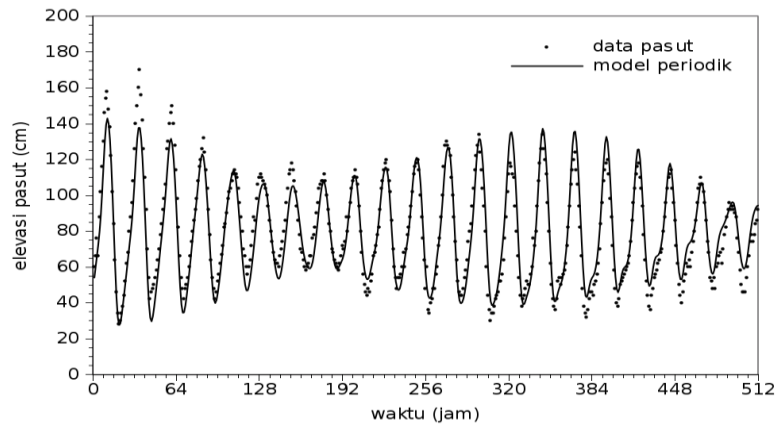
Gambar 4. Data vs model periodik pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1986 (frekuensi astronomi).



Gambar 5. Spektrum pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1986.

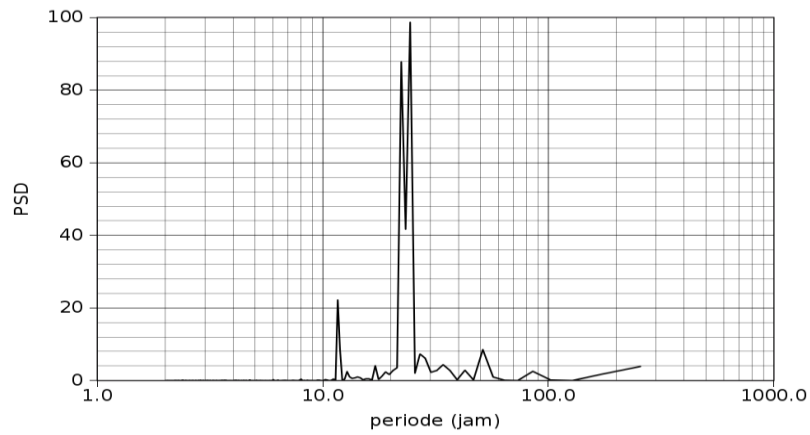


Gambar 6. Data vs model periodik pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1986 (frekuensi FFT).

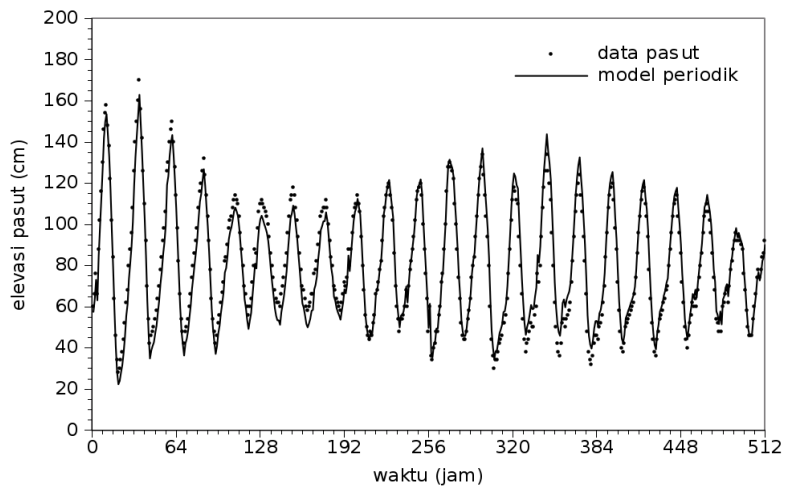


Gambar 7. Data vs model periodik pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1987 (frekuensi astronomi).

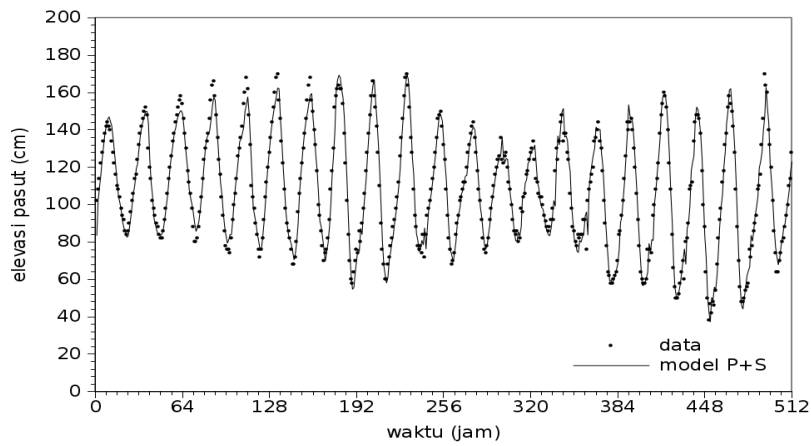




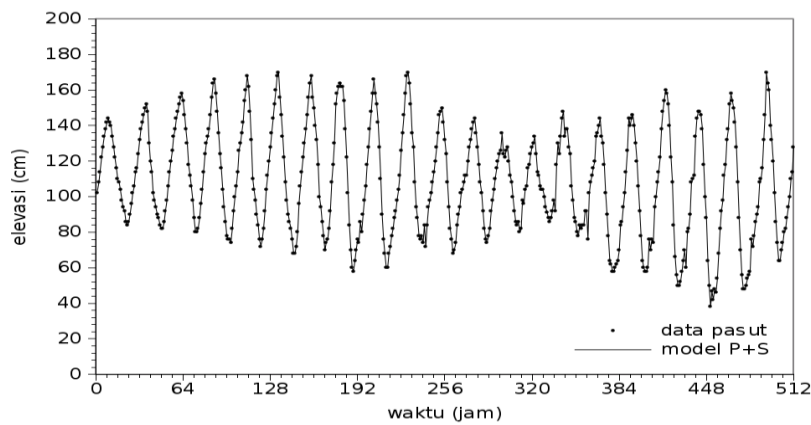
Gambar 8. Spektrum pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1987.



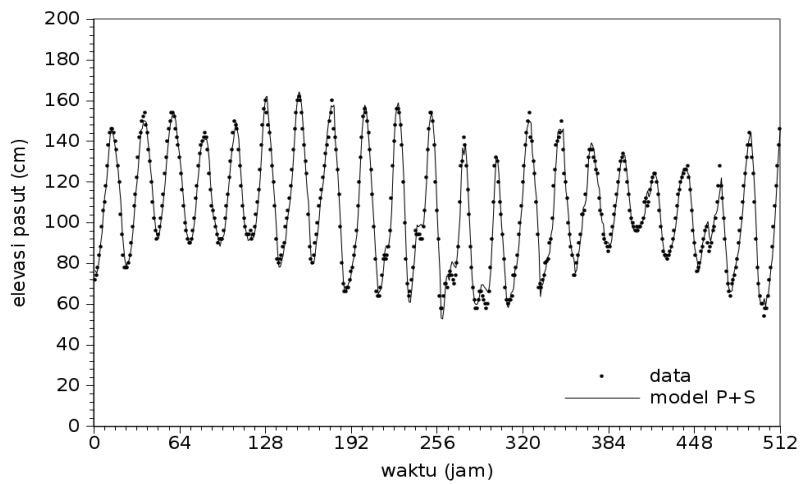
Gambar 9. Data vs model periodik pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1987 (frekuensi FFT).



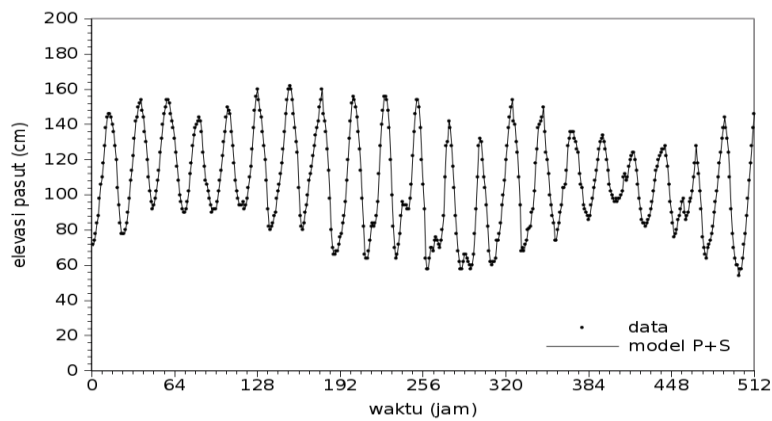
Gambar 10. Data vs model periodik - stokastik pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1985 (frekuensi astronomi).



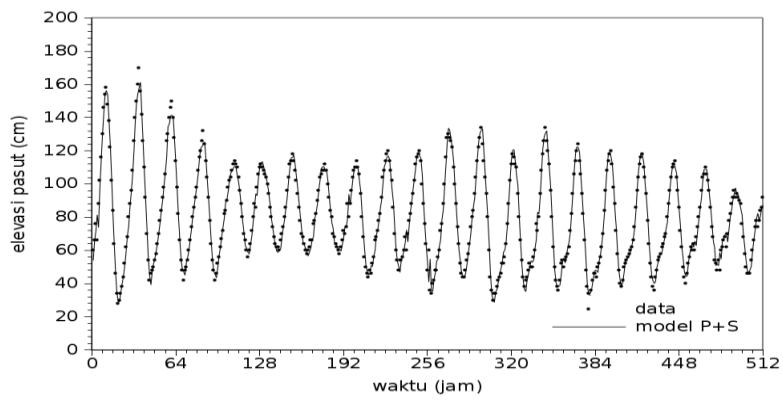
Gambar 11. Data vs model periodik - stokastik pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1985 (frekuensi FFT).



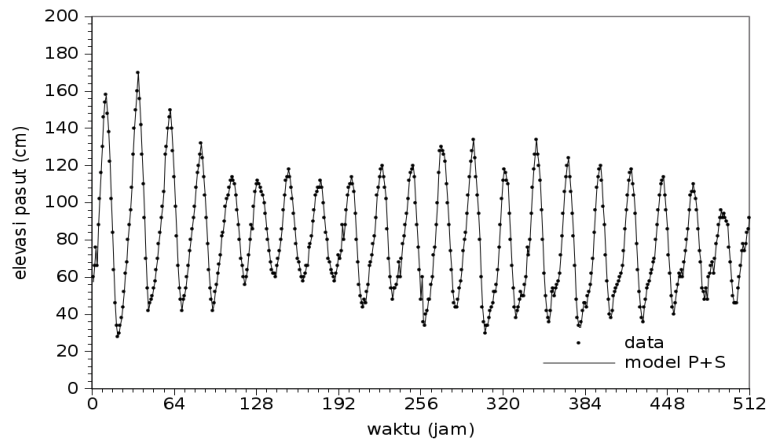
Gambar 12. Data vs model periodik - stokastik pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1986 (frekuensi astronomi).



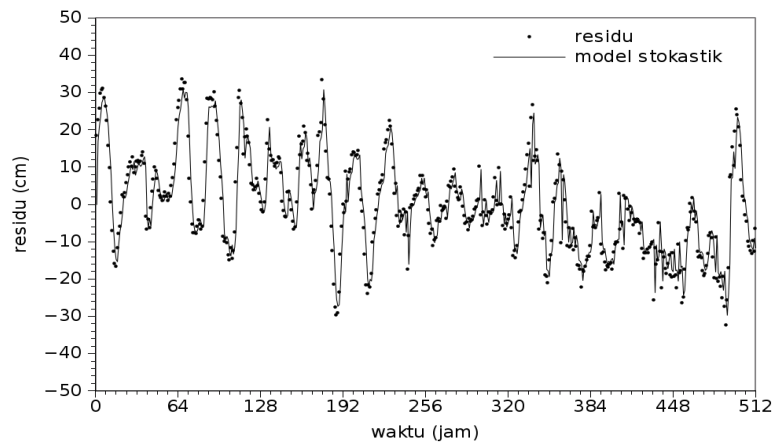
Gambar 13. Data vs model periodik - stokastik pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1986 (frekuensi FFT).



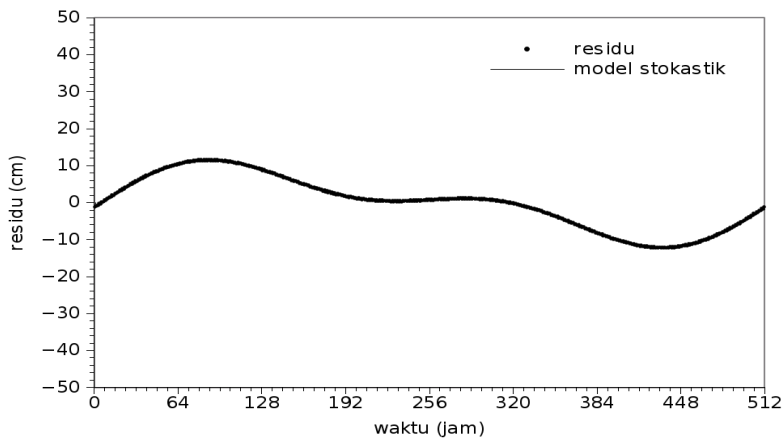
Gambar 14. Data vs model periodik - stokastik pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1987 (frekuensi astronomi).



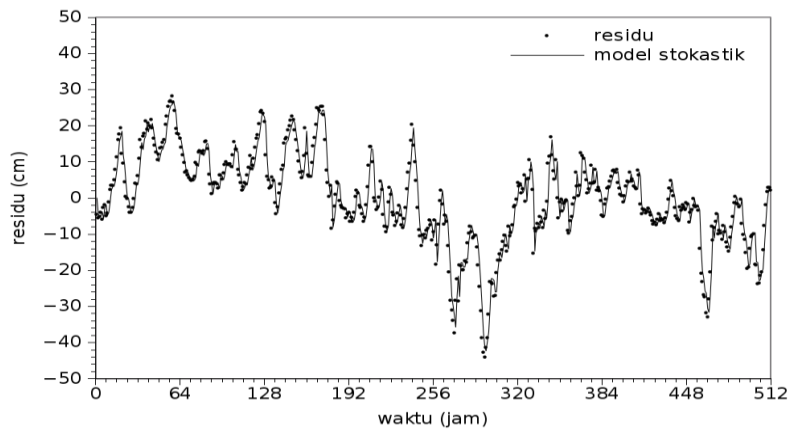
Gambar 15. Data vs model periodik - stokastik pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1987 (frekuensi FFT).



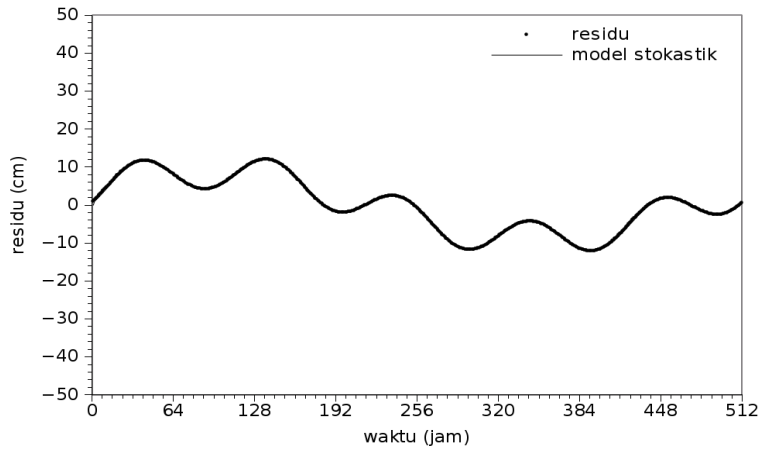
Gambar 16. Residu vs model stokastik pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1985 (frekuensi astronomi).



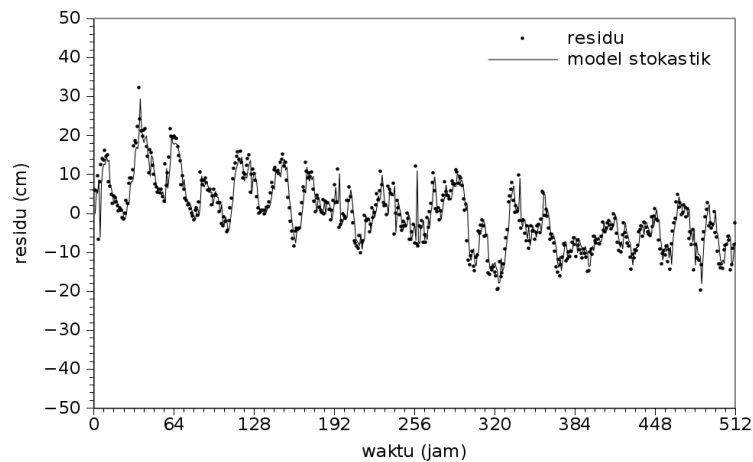
Gambar 17. Residu vs model stokastik pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1985 (frekuensi FFT).



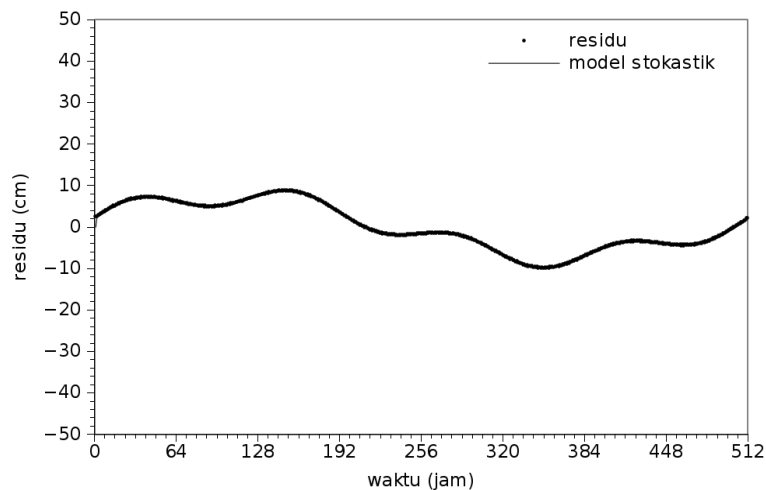
Gambar 18. Residu vs model stokastik pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1986 (frekuensi astronomi).



Gambar 19. Residu vs model stokastik pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1986 (frekuensi FFT).



Gambar 20. Residu vs model stokastik pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1987 (frekuensi astronomi).



Gambar 21. Residu vs model stokastik pasang surut Tanjung Priok tanggal 1 jam 12:00 s/d tanggal 22 jam 7:00 bulan Januari 1987 (frekuensi FFT).

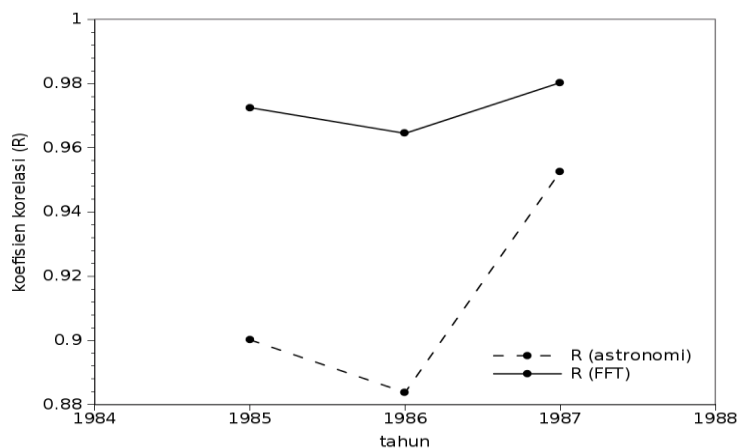
Dari hasil penelitian di atas ditunjukkan perbandingan antara data dan model periodik pasang surut Tanjung Priok yang menggunakan frekuensi astronomi untuk tahun 1985, 1986 dan 1987 yang dipresentasikan dalam Gambar 1, Gambar 4, dan Gambar 7. Untuk perbandingan antara data dan model periodik yang menggunakan frekuensi dari FFT dipresentasikan dalam Gambar 3, Gambar 6, dan Gambar 9. Dimana frekuensi FFT nya dipresentasikan dalam Gambar 2, Gambar 5, dan Gambar 8.

Untuk perbandingan data dengan model periodik-stokastik yang menggunakan frekuensi astronomi dipresentasikan dalam Gambar 10, Gambar 12, dan Gambar 14.

Perbandingan data dengan model periodik-stokastik yang menggunakan frekuensi dari FFT dipresentasikan dalam Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 15.

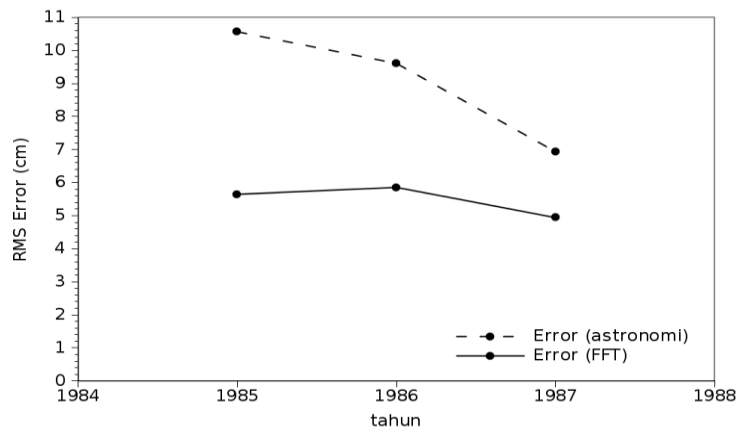
Untuk perbandingan residu dengan model stokastik yang menggunakan frekuensi astronomi dipresentasikan dalam Gambar 16, Gambar 18, dan Gambar 20. perbandingan residu dengan model stokastik yang menggunakan frekuensi dari FFT dipresentasikan dalam Gambar 17, Gambar 19, dan Gambar 21.

Dari hasil simulasi ini menunjukkan bahwa model periodik, periodik-stokastik dan model stokastik yang menggunakan frekuensi dari FFT menghasilkan model yang lebih baik dibandingkan dengan model yang menggunakan frekuensi dari astronomi. Perbandingan hasil ini juga dapat dilihat dari koefisien korelasi (R) dan RMS error model pasang surut yang dipresentasikan dalam Gambar 22 dan Gambar 23 yang mempresentasikan koefisien korelasi (R) dan RMS error dari model periodik pasang surut Tanjung Priok. Koefisien korelasi dari model stokastik pasang surut Tanjung Priok dipresentasikan dalam Gambar 24, koefisien korelasi (R) model periodik - stokastik pasang surut Tanjung Priok dipresentasikan dalam Gambar 25, sedangkan RMS error dari model periodik - stokastik pasang surut Tanjung Priok dipresentasikan dalam Gambar 26 sebagai berikut,

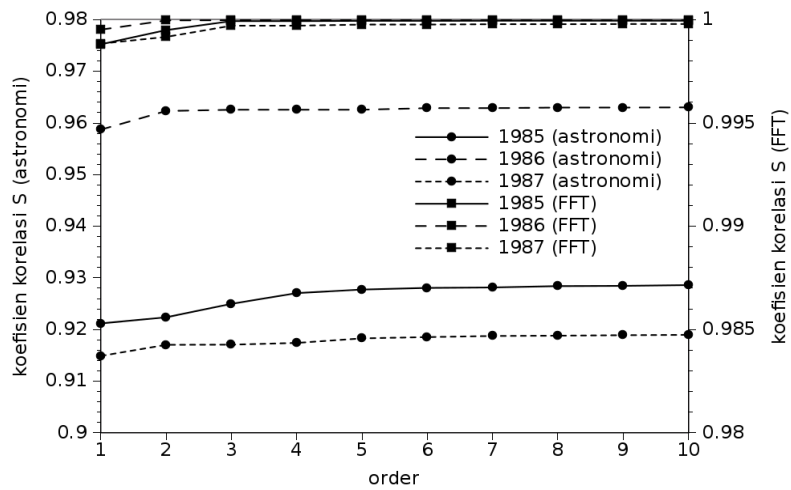


Gambar 22. Koefisien Korelasi (R) model periodik pasang surut Tanjung Priok.

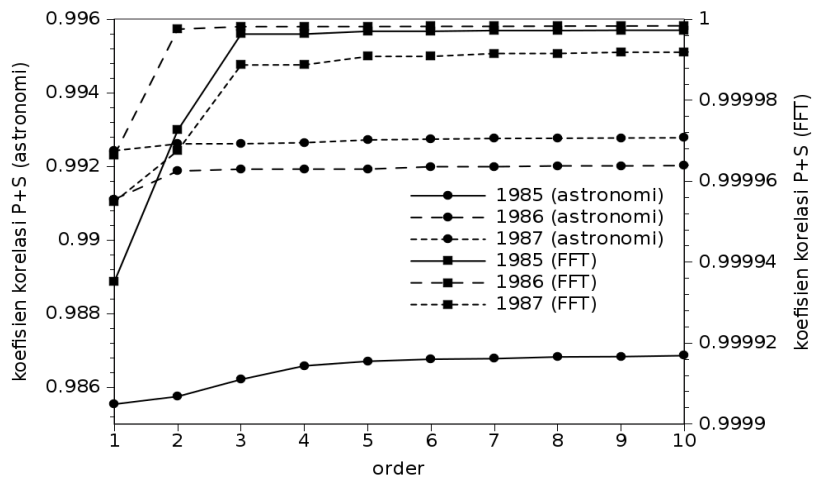




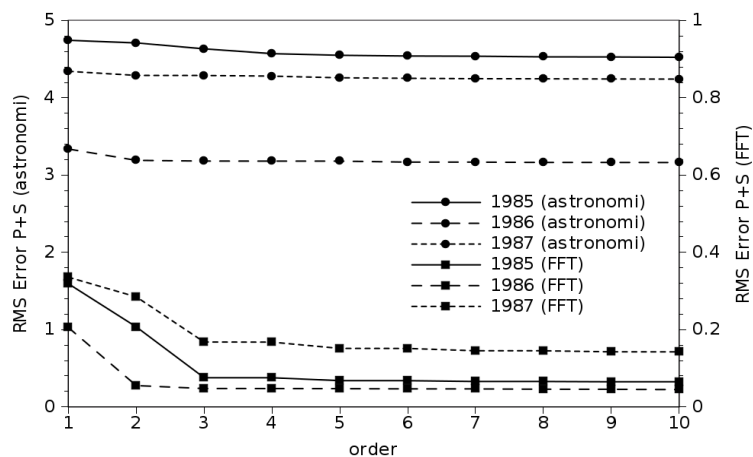
Gambar 23. RMS Error (cm) model periodik pasang surut Tanjung Priok.



Gambar 24. Koefisien korelasi (R) model stokastik (S) pasang surut Tanjung Priok.



Gambar 25. Koefisien korelasi (R) model periodik - stokastik pasang surut Tanjung Priok.



Gambar 26. RMS Error (cm) model periodik – stokastik pasang surut Tanjung Priok.

Pada pemodelan periodik pasang surut dipergunakan 2 tipe frekuensi yaitu, 9 frekuensi dari 9 komponen astronomi dan 253 frekuensi yang didapat dari FFT. Pada pemodelan stokastik, untuk yang menggunakan frekuensi astronomi membutuhkan 5 order konstanta autoregressif, sedangkan untuk pemodelan stokastik yang mempergunakan frekuensi dari FFT hanya membutuhkan 3 order konstanta autoregressif. Oleh karena itu untuk pemodelan periodik yang menggunakan frekuensi dari FFT memberikan koefisien korelasi sebesar 0,97 sedangkan yang menggunakan frekuensi astronomi memberikan koefisien korelasi sebesar 0,91, untuk pemodelan periodik - stokastik, pemodelan yang menggunakan frekuensi dari FFT memberikan

koefisien korelasi sebesar 0,9999. Ini jauh lebih baik dibandingkan dengan koefisien korelasi dari model periodik - stokastik yang menggunakan frekuensi astronomi yaitu sebesar 0,99.

Jika ditinjau dari RMS error nya juga ditunjukkan bahwa untuk pemodelan periodik yang menggunakan frekuensi dari FFT memberikan RMS error sebesar 5,5 cm sedangkan pemodelan periodik yang menggunakan frekuensi dari astronomi memberikan RMS error sebesar 9 cm. Untuk pemodelan periodik-stokastik yang menggunakan frekuensi dari FFT memberikan hasil sebesar 0,1 cm sedangkan pemodelan periodik-stokastik yang menggunakan frekuensi astronomi memberukan RMS error sebesar 4 cm.

Dari hasil pemodelan periodik, pemodelan stokastik, maupun pemodelan periodik-stokastik pasang surut dari stasiun Tanjung Priok ini ditunjukkan bahwa baik pemodelan yang mempergunakan frekuensi dari FFT memberikan hasil yang jauh lebih baik bila dibandingkan dengan pemodelan yang mempergunakan frekuensi astronomi.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemodelan periodik, stokastik, dan periodik dan stokastik pasang surut yang menggunakan frekuensi dari FFT menghasilkan model yang jauh lebih akurat bila dibandingkan dengan model yang menggunakan frekuensi dari astronomi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bhakar, S.R., Singh, Raj Vir, Chhajed, Neeraj, and Bansal, Anil Kumar. 2006. Stochastic modeling of monthly rainfall at kota region. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol.1 (3), pp. 36-44.
- Kottegoda, N.T. 1980. *Stochastic Water Resources Technology*. The Macmillan Press Ltd., London. p. 384.
- Rizalihadi, M. 2002. The generation of synthetic sequences of monthly rainfall using autoregressive model. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syah Kuala*, Vol. 1 (2), pp. 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 hlm.

- 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, pp. 1-15.
- Zakaria, A. 2010a. A study periodic modeling of daily rainfall at Purajaya region. *Seminar Nasional Sain & Teknologi III*, Lampung University, Vol. 3, pp. 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, pp. 145-155.
- Zakaria, A. 2011a, A study modeling of 15 days cumulative rainfall at Purajaya Region, *International of Geology*, Vol. 5(4), pp. 101 – 107.
- Zakaria, A. 2011b, Stochastic characteristics of daily rainfall at Purajaya Region, *ARPJN Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol 6 (6), pp. 23 -30.

