

MODEL PERIODIK DAN STOKASTIK DATA PASANG SURUT JAM-JMAN DARI STASIUN MENENG

Ahmad Zakaria¹⁾

Abstract

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

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

Keywords: *Periodic and stochastic models, FFT, autoregressive method, tide waves*

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan model periodik - stokastik pasang surut dari stasiun Meneng, baik model periodik - stokastik yang menggunakan frekuensi FFT, maupun model periodik - stokastik yang menggunakan frekuensi astronomi. Persamaan Fourier dipergunakan untuk menghasilkan model periodik, dan persamaan autoregressive dipergunakan untuk menghasilkan model stokastik. Di dalam penelitian ini, 253 frekuensi FFT dominan dan 9 frekuensi astronomi dipergunakan untuk membuat periodik model. 512 jam panjang data dipergunakan didalam pemodelan ini. Model periodik - stokastik yang merupakan menggunakan frekuensi yang dihasilkan oleh FFT memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan dengan model yang menggunakan frekuensi astronomi.

Kata kunci: Model periodik dan stokastik, FFT, metode autoregressive, pasang surut.

1. PENDAHULUAN

Terjadinya pasang surut permukaan air laut merupakan suatu fenomena yang terjadi pada setiap pantai dan setiap waktu di permukaan bumi ini. Kegiatan penelitian mengenai terjadinya pergerakan pasang surut air laut sudah dilakukan orang sejak dulu. Fenomena kejadian pasang surut air laut yang sering juga disebut dengan pasut. Ini merupakan suatu kejadian alam yang berupa proses naik dan turunnya permukaan air laut secara periodik. Adanya pergerakan ini ditimbulkan oleh karena adanya gaya tarik menarik antara benda-benda yang ada di angkasa. Gaya tarik menarik yang paling besar adalah disebabkan oleh gaya tarik matahari dan gaya tarik oleh bulan terhadap massa air yang ada di bumi. Proses terjadinya pasang surut laut dapat dilihat secara langsung jika kita berada di pantai. Adanya gerakan naik turunnya permukaan air di laut juga mempengaruhi aktifitas kehidupan manusia yang tinggal di daerah pantai. Seperti, aktifitas pelayaran, kegiatan pembangunan bangunan pantai, aktifitas nelayan, dan lain sebagainya.

Kegiatan pengamatan terhadap pasang surut permukaan air laut sudah sejak lama dilakukan oleh manusia. Seperti yang dilakukan oleh Herodotus (450 BC). Dia sudah sejak lama menulis hasil pengamatannya mengenai fenomena pasang surut air laut yang terjadi di Laut Merah. Begitu juga dengan Aristoteles (350 BC), yang membuat kesimpulan bahwa kejadian naik dan turunnya permukaan air laut selalu terjadi untuk setiap waktu

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No 1 Gedong Meneng, Bandar Lampung. Surel: ahmad.zakaria@eng.unila.ac.id.

yang relatif tetap, walaupun belakangan diketahui, ternyata bahwa kesimpulan yang diambilnya tidak benar.

Teori kejadian pasang surut permukaan air laut yang dikenal sekarang ini adalah berasal dari teori gravitasi yang dikemukakan oleh Newton (1642 – 1727), dan juga dari teori persamaan gerak yang dikembangkan oleh Euler. Selanjutnya, teori-teori ini dipelajari kembali oleh Laplace (1749 - 1882) yang kemudian menurunkan persamaan matematika teori pasang surut air laut ini.

Kebutuhan penggunaan data pencatatan pasang surut, metode pengolahan data pasang surut serta teknologi perekaman data pasang surut juga semakin meningkat seiring dengan adanya kemajuan di bidang teknologi.

Penggunaan metode pengolahan data pasang surut ini biasanya bertujuan untuk menguraikan komponen pasang surut yang sering disebut konstanta harmonik pasang surut. Metode lama yang sering dipergunakan untuk penguraian komponen pasang surut adalah metode admiralty. Metode lain untuk menganalisis harmonik pasang surut adalah metode kuadrat terkecil, dan metode spektrum. Dengan bantuan konstanta harmonik pasang surut, maka kejadian pasang surut untuk waktu ke depan dapat diperkirakan. Semakin meningkatnya teknologi komputer maka akan semakin akuratnya konstanta harmonik pasang surut yang didapat, sehingga akan semakin akurat pula perkiraan kejadian pasang surut.

Banyak para insinyur dan ahli sains menggunakan analisis Fourier dan metode kuadrat terkecil untuk menguraian komponen harmonik pasang surut. Karena dengan metode ini dapat dibuat model periodik pasang surut untuk mensimulasikan pergerakan harmonik pasang surut.

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, metode analisis data seri waktu juga dikembangkan untuk dapat meningkatkan akurasi model. Untuk memodelkan data seri waktu curah hujan yang lebih akurat, model periodik dan stokastik sudah dikembangkan oleh Zakaria (2011). Dengan menggunakan model harmonik / periodik dan stokastik ini, akurasi pemodelan yang didapat menjadi akurat. Pada penelitian ini, metode analisis Fourier dipergunakan untuk memodelkan gerak harmonik pasang surut dan metode autoregressive dipergunakan untuk memodelkan residu model pasang surut atau model stokastik pasang surut.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Data Pasang Surut

Data pasang surut yang dipergunakan untuk penelitian ini adalah data pasang surut jam-jaman yang didapat dari stasiun Meneng (daerah Jawa Timur). Data ini didapat dari DISHIDROS (Dinas Hidro Oseanografi). Panjang data pasang surut yang dipergunakan untuk penelitian ini merupakan data pasang surut 512 jam (22 hari), Januari tahun 1987, Januari tahun 1988 dan Januari tahun 1989.

2.2. Fungsi data seri waktu

Umumnya, suatu data seri waktu dapat dipisahkan menjadi bentuk komponen deterministik. Ini dapat berupa komponen yang bersifat periodik dan komponen yang bersifat stokastik. Nilai ini dipresentasikan sebagai suatu fungsi yang terdiri dari beberapa fungsi data seri waktu $X(t)$. Data seri waktu $X(t)$ ini dapat juga dipresentasikan sebagai model yang terdiri dari beberapa fungsi sebagai berikut: (Rizalihan, 2002; Bhakar dkk, 2006; dan Zakaria, 2008, 2010a, 2010b),

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

Dimana,

$X(t)$ = data seri waktu pasang surut (jam-jaman)

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

$P(t)$ = komponen periodik

$S(t)$ = komponen stokastik

Komponen trend ini menggambarkan suatu perubahan yang terjadi secara linier untuk waktu/periode dari hasil pencatatan data pasang surut yang panjang dengan mengabaikan komponen fluktuasi untuk durasi pendek. Didalam penelitian ini, data data pasang surut yang dipergunakan, diasumsikan tidak mengandung komponen yang bersifat trend. Sehingga Persamaan [1] dapat dipresentasikan sebagaimana berikut,

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

Persamaan [2] merupakan persamaan pendekatan untuk mensimulasikan model periodik dan stokastik dari data pasang surut jam-jaman.

2.3. Frekuensi Astronomi

Untuk dapat memodelkan gerak harmonik pasang surut, frekuensi astronomi juga dipergunakan untuk mendapatkan konstanta harmonik. Umumnya, didalam memodelkan gerak harmonik pasang surut umumnya 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)

2.4. Frekuensi FFT

Selain frekuensi astronomi seperti yang dijelaskan di atas, frekuensi harmonik pasang surut juga dapat dihasilkan dengan menggunakan transformasi Fourier (FFT). Metode FFT ini merupakan suatu metode transformasi yang sudah banyak dipergunakan didalam bidang keteknikan untuk mentransformasi data dari domain waktu menjadi data domain frekuensi. Metode ini dipresentasikan sebagai bentuk persamaan transformasi sebagai berikut, (Zakaria, 2003, 2008, 2010a, 2010b, 2011a, 2011b):

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

Dimana $P(t_n)$ merupakan suatu 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.

Dengan menggunakan frekuensi pasang surut yang dihitung dengan mengaplikasikan 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 merupakan amplitudo signifikan. Frekuensi pasang surut amplitudo signifikan yang dipergunakan diasumsikan sebagai frekuensi pasang surut yang dominan. Setiap frekuensi pasang surut signifikan yang dihasilkan untuk setiap seri data yang diolah didalam penelitian ini dipergunakan untuk menghitung dan menentukan komponen harmonik pasang surut dari stasiun Meneng.

2.5. Komponen Periodik

Suatu komponen periodik $P(t)$ digambarkan sebagai suatu gerak perpindahan yang berosilasi dalam suatu interval tertentu (Kottegoda, 1980). Frekuensi komponen $P(t)$ dihasilkan dengan menggunakan metode Transformasi Fourier. Dari bagian yang berosilasi menunjukkan keberadaan komponen $P(t)$. Dalam metode ini beberapa periode maksimum dapat diprediksi menggunakan Transformasi Fourier. Frekuensi yang didapat dari metode spektrum akan menunjukkan adanya suatu perilaku yang bersifat periodik. Komponen periodik pasang surut $P(f_m)$ dapat dipresentasikan dalam bentuk frekuensi sudut (ω_r) . Selanjutnya komponen periodik diekspresikan sebagai suatu persamaan dalam bentuk persamaan 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 sebuah persamaan sebagai 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:

$P(t)$ = komponen periodik pasang surut (cm)

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

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

ω_r = frekuensi sudut (derajat/jam)

t = waktu (jam)

A_r, B_r = koefisien komponen Fourier (cm)

k = jumlah komponen yang signifikan

2.6. Komponen Stokastik

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

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

Persamaan [6] dapat dijabarkan menjadi persamaan sebagai berikut,

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

dimana,

b_r = parameter model autoregressif (cm).

ε = konstanta bilangan random (cm).

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

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

2.7. Metode Kuadrat Terkecil (*Least Squares Method*)

2.7.1. Komponen periodik

Metode kuadrat terkecil adalah suatu solusi pendekatan dari komponen-komponen periodik $P(t)$, dan untuk menentukan fungsi $\hat{P}(t)$. Dengan mengaplikasikan metode kuadrat terkecil (*Least squares method*) pada Persamaan (5), maka dapat dihasilkan jumlah kuadrat error, yang merupakan selisih antara data pasang surut dan model periodik pasang surut (Zakaria, 1998, 2008, 2010a, 2010b) seperti persamaan berikut,

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

J merupakan jumlah kuadrat error, yang nilainya tergantung dari nilai A_r dan B_r . Dimana koefisien J 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 mengaplikasikan metode kuadrat terkecil, komponen harmonik Fourier A_r dan B_r dapat dihasilkan dengan cepat. Berdasarkan koefisien Fourier tersebut, dapat diturunkan beberapa persamaan sebagai berikut,

a. elevasi pasang surut rerata,

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

b. amplitudo dari komponen periodik/harmonik pasang surut,

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

c. Fase dari komponen harmonik pasang surut,

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

Rerata dari elevasi pasang surut, amplitudo dan Fase dari komponen harmonik dapat disubstitusikan 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 harmonik perubahan elevasi pasang surut.

2.7.2. Komponen stokastik

Setelah model periodik dihitung, berdasarkan hasil perhitungan yang didapat dari model periodik pasang surut tersebut 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 seri model periodik pasang surut merupakan seri komponen stokastik, yang dapat dipresentasikan sebagai berikut,

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

Selanjutnya Persamaan [14] dapat diselesaikan dengan mempergunakan cara yang sama dengan cara yang dipergunakan untuk mendapatkan komponen periodik seri pasang surut. Berdasarkan Persamaan [8], model gerak harmonik pasang surut dapat disusun menjadi persamaan sebagai berikut (Zakaria, 2010b),

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

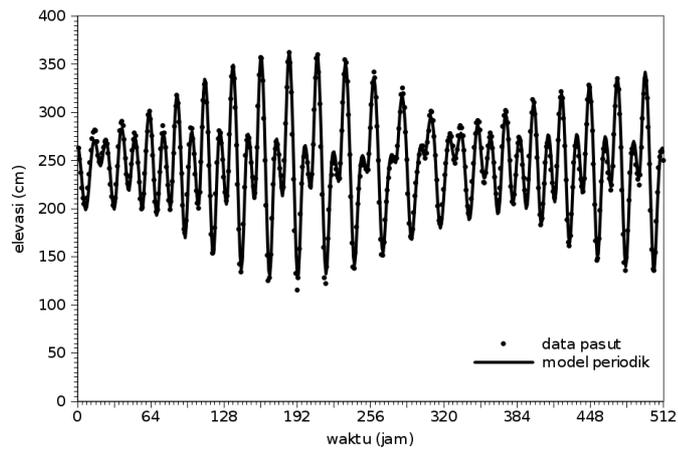
J merupakan jumlah kuadrat error yang nilainya tergantung dari nilai ε dan b_r . Dimana koefisien J akan minimum bila memenuhi persamaan berikut,

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

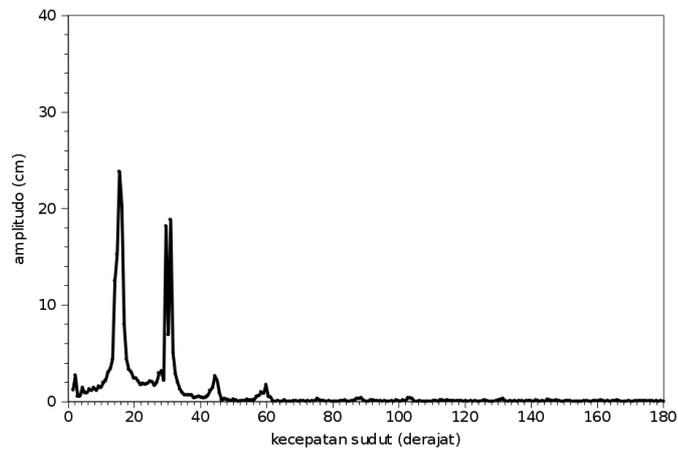
Selanjutnya, menggunakan Persamaan [16], parameter stokastik ε dan b_r model stokastik untuk seri data pasang surut dari stasiun Meneng dapat dihitung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

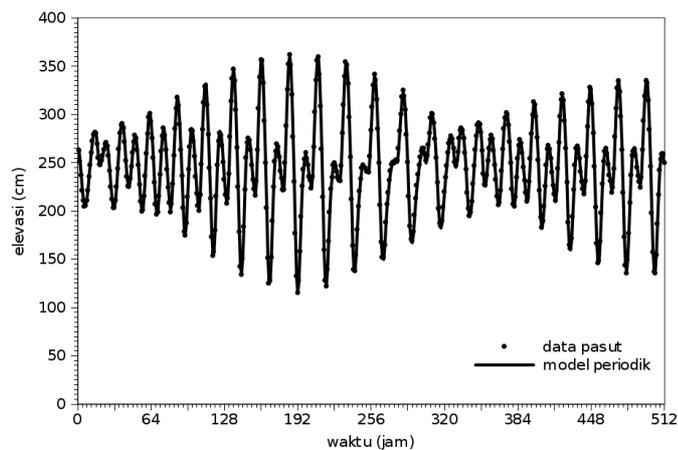
Di dalam penelitian ini, pemodelan periodik dan stokastik pasang surut dilakukan dengan menggunakan 3 seri data pasang surut dari 3 tahun yang dipergunakan dari stasiun Meneng, dengan panjang masing masing data adalah 512 jam (22 hari), yaitu data dari jam 17:10 tanggal 7 Mei 1987 sampai dengan jam 00:10 tanggal 29 Mei 1987, data dari jam 00:10 tanggal 1 Januari 1988 sampai dengan jam 7:10 tanggal 22 Januari 1988, untuk data tahun 1989 dimulai jam 00:10 tanggal 1 Januari 1989 sampai jam 7:10 tanggal 22 Januari 1989. Dari analysis yang sudah dilakukan didapat hasil penelitian sebagai berikut,



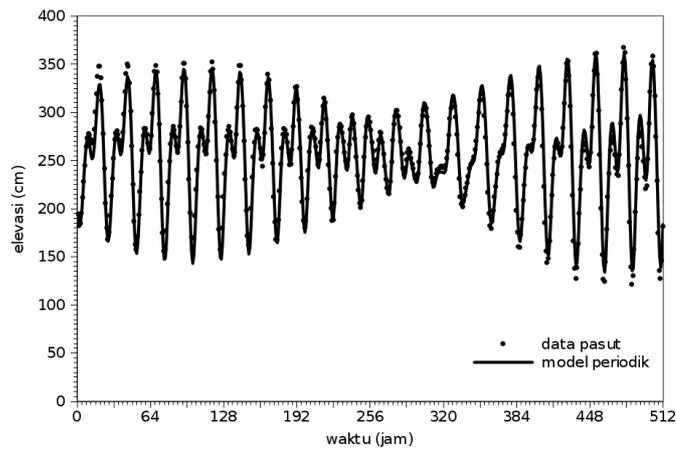
Gambar 1. Data vs model periodik pasang surut Meneng tanggal 7 jam 17:10 s/d tanggal 29 jam 00:10 bulan Mei 1987 (frekuensi astronomi).



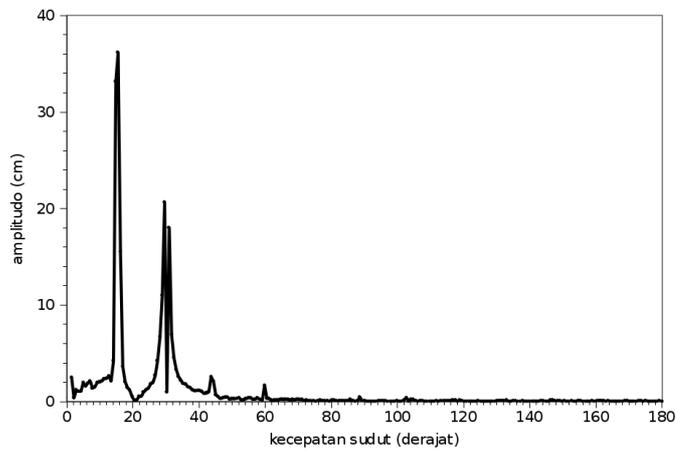
Gambar 2. Spektrum pasang surut Meneng tanggal 7 jam 17:10 s/d tanggal 29 jam 00:10 bulan Mei 1987.



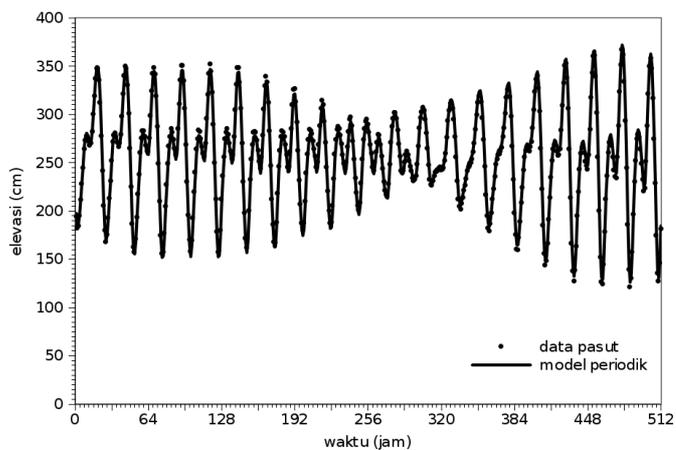
Gambar 3. Data vs model periodik pasang surut Meneng tanggal 7 jam 17:10 s/d tanggal 29 jam 00:10 bulan Mei 1987 (frekuensi FFT).



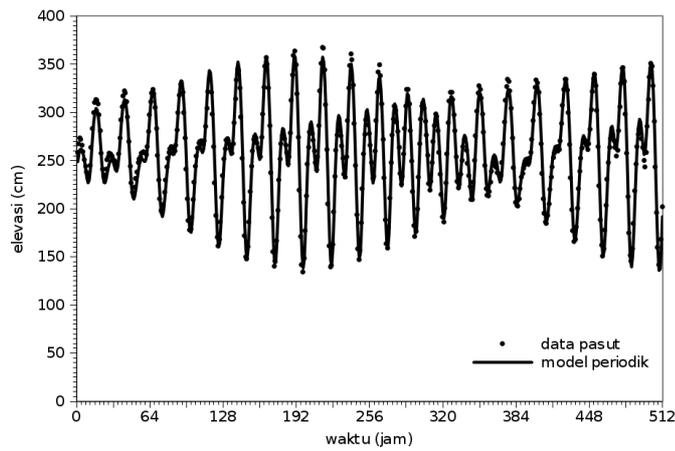
Gambar 4. Data vs model periodik pasang surut stasiun Meneng tanggal 1 jam 00:10 s/d tanggal 22 jam 7:10 bulan Januari 1988 (frekuensi astronomi).



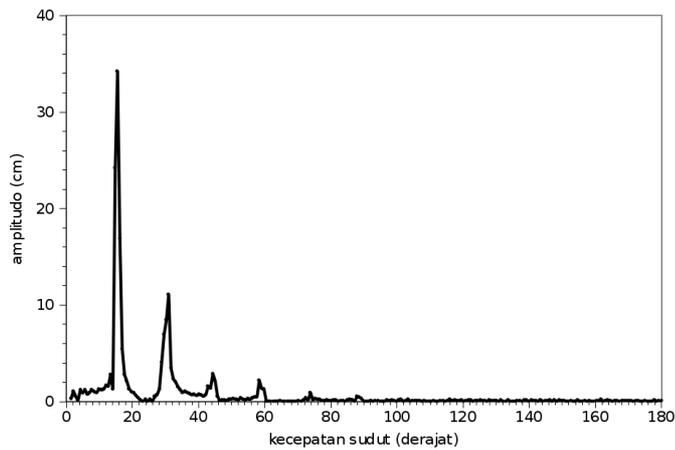
Gambar 5. Spektrum pasang surut Meneng tanggal 1 jam 00:10 s/d tanggal 22 jam 7:10 bulan Januari 1988.



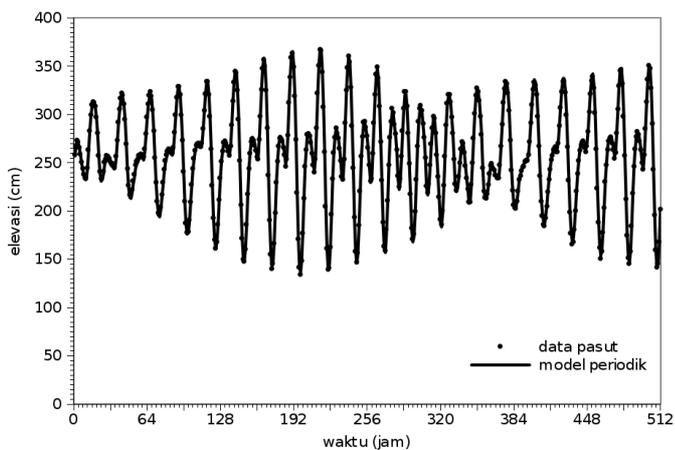
Gambar 6. Data vs model periodik pasang surut Meneng tanggal 1 jam 00:10 s/d tanggal 22 jam 7:10 bulan Januari 1988 (frekuensi FFT).



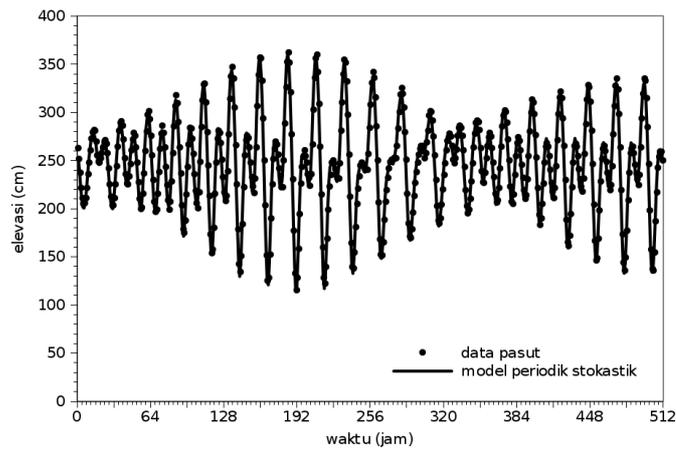
Gambar 7. Data vs model periodik pasang surut Meneng tanggal 1 jam 00:10 s/d tanggal 22 jam 7:10 bulan Januari 1989 (frekuensi astronomi).



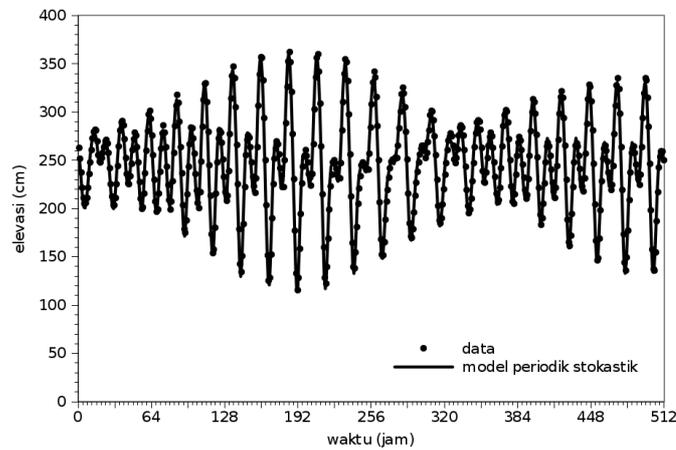
Gambar 8. Spektrum pasang surut Meneng tanggal 1 jam 00:10 s/d tanggal 22 jam 7:10 bulan Januari 1989.



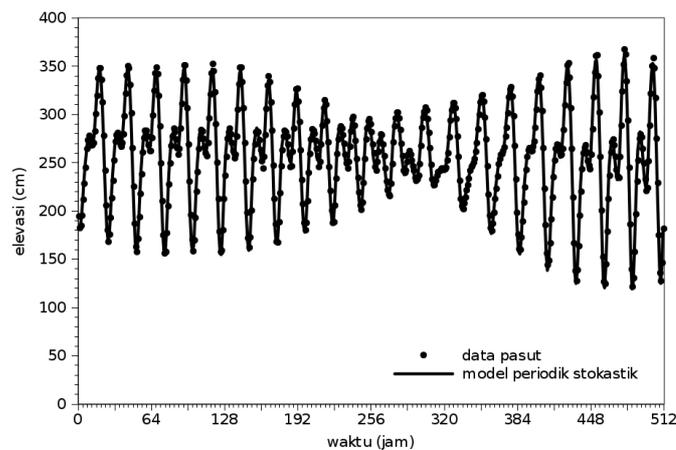
Gambar 9. Data vs model periodik pasang surut Meneng tanggal 1 jam 00:10 s/d tanggal 22 jam 7:10 bulan Januari 1989 (frekuensi FFT).



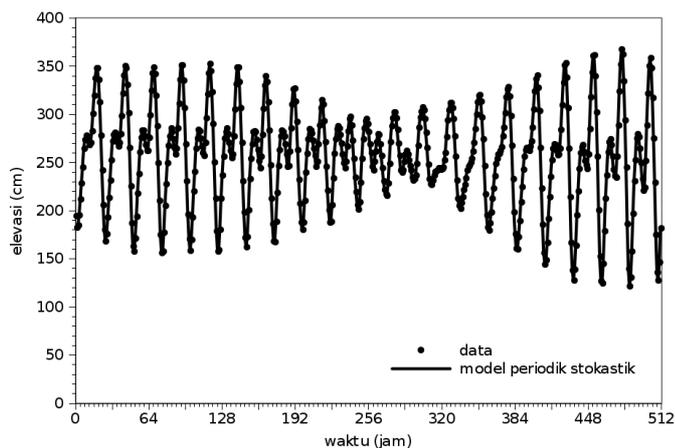
Gambar 10. Data vs model periodik - stokastik pasang surut Meneng tanggal 7 jam 17:10 s/d tanggal 29 jam 00:10 bulan Mei 1987 (frekuensi astronomi).



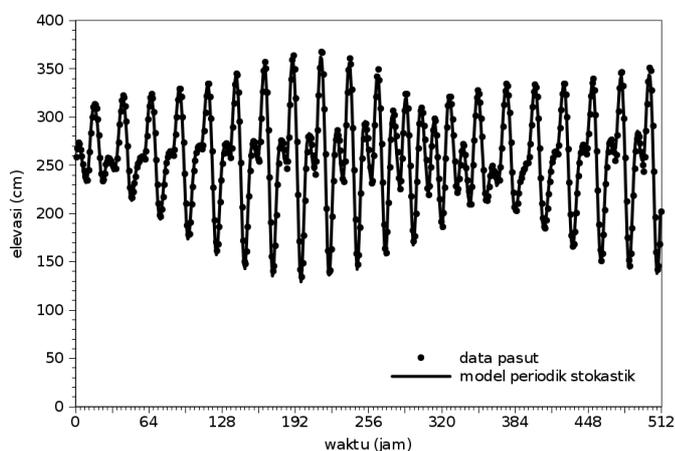
Gambar 11. Data vs model periodik - stokastik pasang surut Meneng tanggal 7 jam 17:10 s/d tanggal 29 jam 00:10 bulan Mei 1987 (frekuensi FFT).



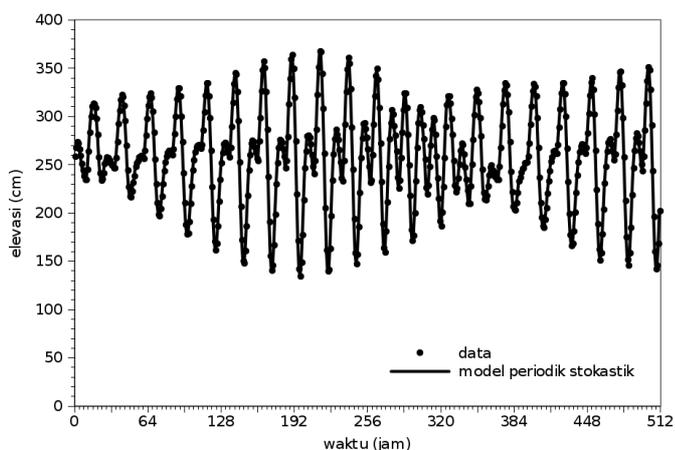
Gambar 12. Data vs model periodik - stokastik pasang surut Meneng tanggal 1 jam 00:10 s/d tanggal 22 jam 07:10 bulan Januari 1988 (frekuensi astronomi).



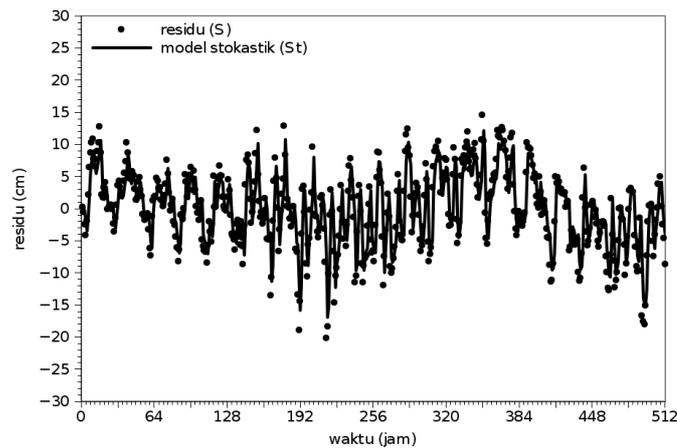
Gambar 13. Data vs model periodik - stokastik pasang surut Meneng tanggal 1 jam 00:10 s/d tanggal 22 jam 7:10 bulan Januari 1988 (frekuensi FFT).



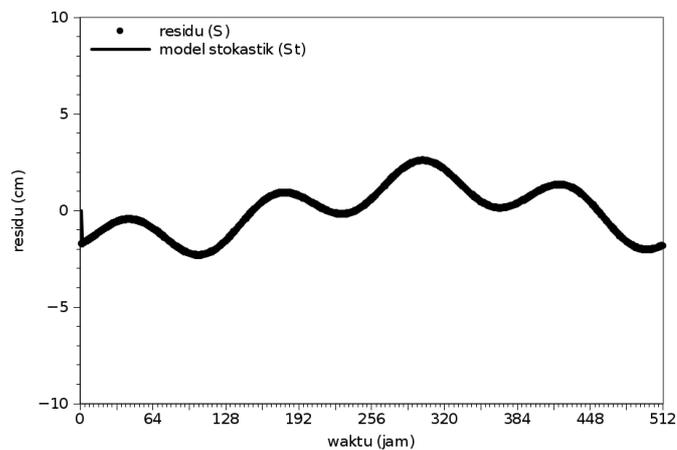
Gambar 14. Data vs model periodik - stokastik pasang surut Meneng tanggal 1 jam 00:10 s/d tanggal 22 jam 7:10 bulan Januari 1989 (frekuensi astronomi).



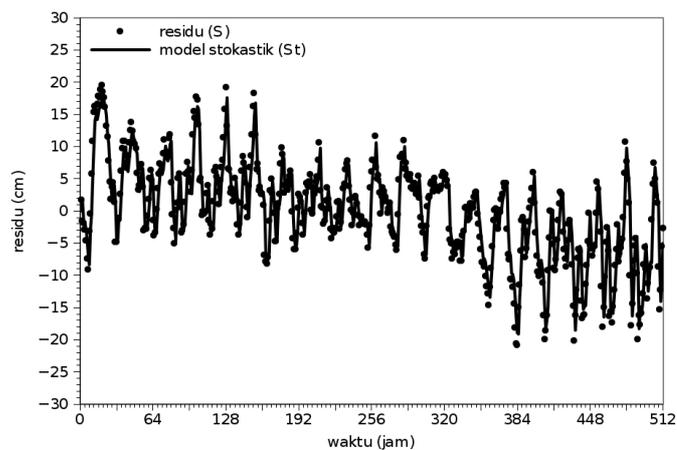
Gambar 15. Data vs model periodik - stokastik pasang surut Meneng tanggal 1 jam 00:10 s/d tanggal 22 jam 7:10 bulan Januari 1989 (frekuensi FFT).



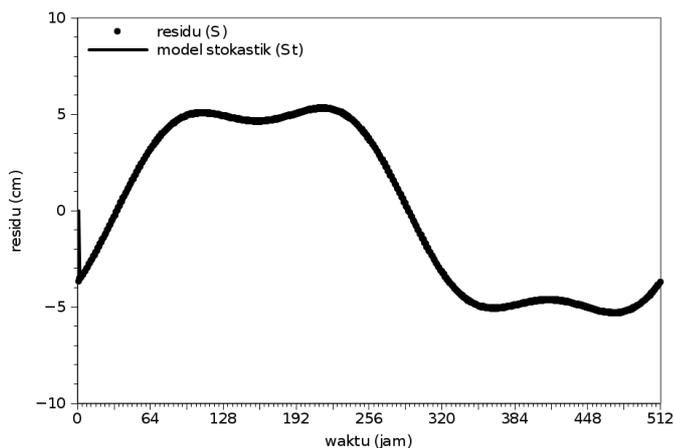
Gambar 16. Residu vs model stokastik pasang surut Meneng tanggal 7 jam 17:10 s/d tanggal 29 jam 00:10 bulan Mei 1987 (frekuensi astronomi).



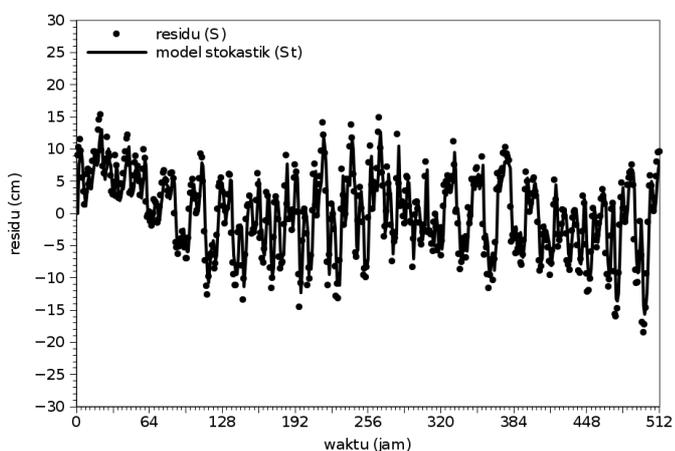
Gambar 17. Residu vs model stokastik pasang surut Meneng tanggal 7 jam 17:10 s/d tanggal 29 jam 00:10 bulan Mei 1987 (frekuensi FFT).



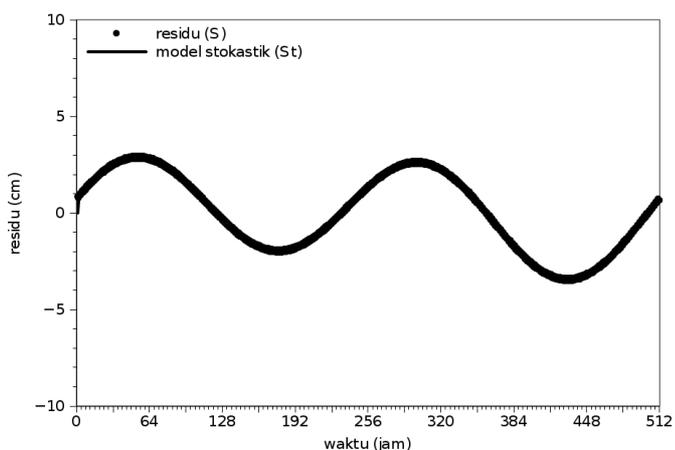
Gambar 18. Residu vs model stokastik pasang surut Meneng tanggal 1 jam 00:10 s/d tanggal 22 jam 7:10 bulan Januari 1988 (frekuensi astronomi).



Gambar 19. Residu vs model stokastik pasang surut Meneng tanggal 1 jam 00:10 s/d tanggal 22 jam 7:10 bulan Januari 1988 (frekuensi FFT).



Gambar 20. Residu vs model stokastik pasang surut Meneng tanggal 1 jam 00:10 s/d tanggal 22 jam 7:10 bulan Januari 1989 (frekuensi astronomi).



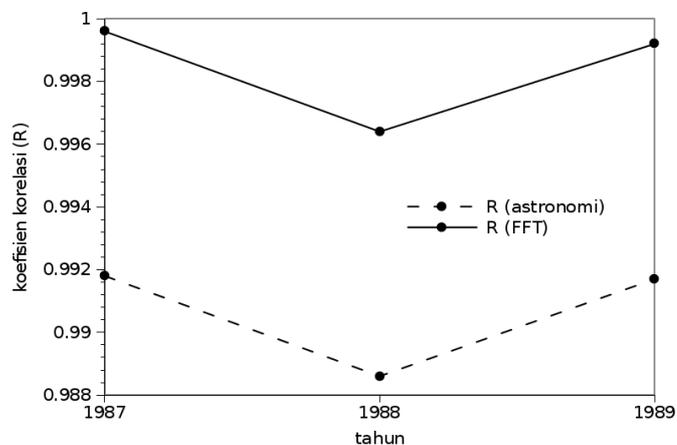
Gambar 21. Residu vs model stokastik pasang surut Meneng tanggal 1 jam 00:10 s/d tanggal 22 jam 7:10 bulan Januari 1989 (frekuensi FFT).

Dari penelitian yang dilakukan didapat hasil yang berupa perbandingan antara data pasang surut dan model gerak harmonik atau periodik pasang surut Meneng yang menggunakan frekuensi astronomi untuk tahun 1987, 1988 dan 1989. Hasil ini dipresentasikan dalam Gambar 1, Gambar 4, dan Gambar 7. Untuk perbandingan antara data dan model periodik/harmonik yang mempergunakan frekuensi dari FFT ditunjukkan dalam Gambar 3, Gambar 6, dan Gambar 9. Dimana frekuensi FFT nya ditunjukkan dalam Gambar 2, Gambar 5, dan Gambar 8.

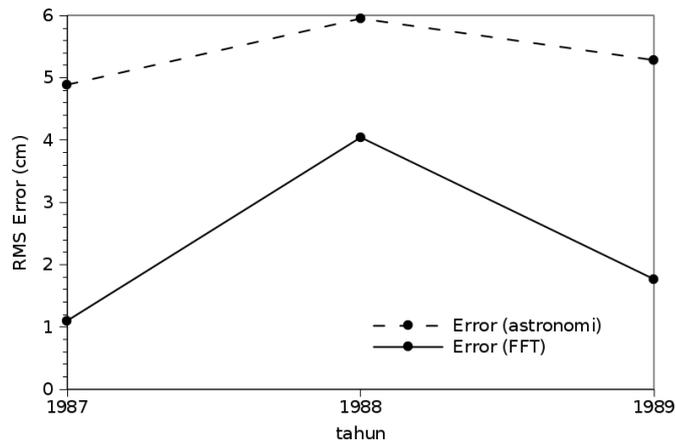
Perbandingan data dengan model periodik-stokastik pasang surut Meneng yang menggunakan frekuensi astronomi ditunjukkan dalam Gambar 10, Gambar 12, dan Gambar 14. Perbandingan data dengan model periodik-stokastik pasang surut yang menggunakan frekuensi dari FFT ditunjukkan dalam Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 15.

Perbandingan residu pasang surut dengan model stokastik yang menggunakan frekuensi astronomi ditunjukkan dalam Gambar 16, Gambar 18, dan Gambar 20. Perbandingan residu dengan model stokastik yang menggunakan frekuensi dari FFT ditunjukkan dalam Gambar 17, Gambar 19, dan Gambar 21.

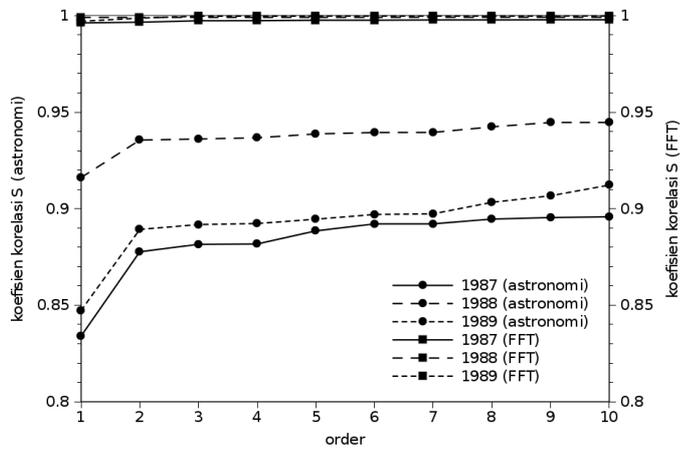
Dari hasil yang dipresentasikan ini menunjukkan bahwa model periodik, stokastik, dan model periodik-stokastik pasang surut Meneng yang menggunakan frekuensi dari FFT menghasilkan model yang lebih baik dibandingkan dengan model yang menggunakan frekuensi dari astronomi. Perbandingan hasil ini juga dapat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



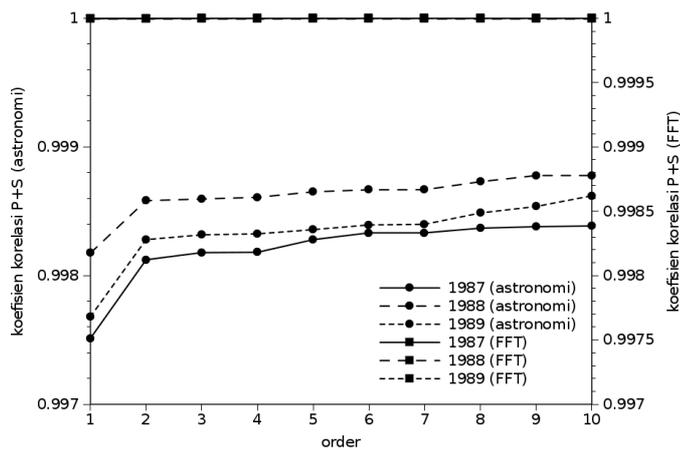
Gambar 22. Koefisien Korelasi (R) model periodik pasang surut Meneng.



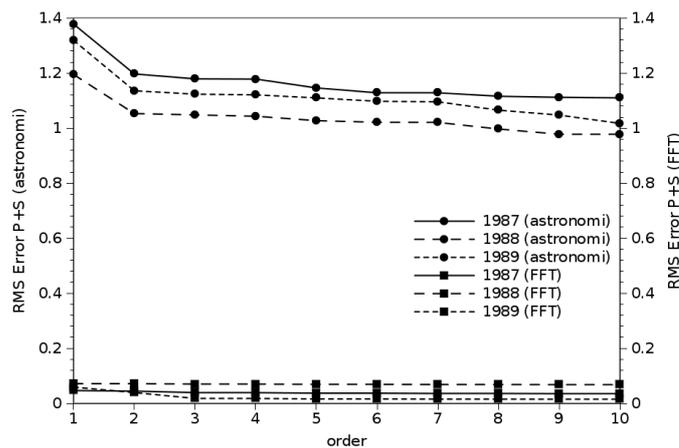
Gambar 23. RMS Error (cm) model periodik pasang surut Meneng.



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



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



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

Untuk analisis model periodik / harmonik data pasang surut stasiun Meneng dipergunakan 2 jenis frekuensi yaitu, yang menggunakan 9 frekuensi dari 9 komponen astronomi berdasarkan teori Dodsoon dan yang menggunakan 253 frekuensi dari FFT. Dari hasil penelitian ini didapat bahwa untuk model stokastik yang menggunakan 9 frekuensi astronomi cukup dengan menggunakan 2 order konstanta autoregressif, sedangkan untuk pemodelan stokastik yang mempergunakan frekuensi dari FFT menggunakan 3 order konstanta autoregressif. Hasil ini berbeda dengan yang dipresentasikan oleh Zakaria (2013), dimana untuk model stokastik yang menggunakan 9 komponen astronomi membutuhkan 5 order konstanta autoregressif. Untuk pemodelan periodik yang menggunakan frekuensi dari FFT memberikan koefisien korelasi sebesar 0,9984 sedangkan pemodelan periodik yang menggunakan frekuensi astronomi memberikan koefisien korelasi sedikit lebih kecil, yaitu sebesar 0,9907. Untuk pemodelan periodik - stokastik, pemodelan yang menggunakan frekuensi dari FFT memberikan koefisien korelasi sebesar 0,999997. Koefisien korelasi ini jauh lebih baik dibandingkan dengan koefisien korelasi yang didapat dari model periodik - stokastik yang menggunakan frekuensi astronomi yaitu hanya sebesar 0,9984.

Apabila ditinjau dari RMS error, pemodelan periodik yang menggunakan frekuensi dari FFT memberikan RMS error sebesar 2,3 cm sedangkan pemodelan periodik yang menggunakan frekuensi dari astronomi memberikan RMS error lebih besar, yaitu sebesar 5,4 cm. Hasil ini lebih baik dari hasil pemodelan periodik yang mempergunakan data dari stasiun Tanjung Periok (Zakaria, 2013). Untuk pemodelan periodik-stokastik yang menggunakan frekuensi dari FFT memberikan nilai RMS error sebesar 0,04 cm, sedangkan pemodelan periodik-stokastik yang menggunakan frekuensi astronomi memberikan RMS error sebesar 1,1 cm.

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

4. SIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa model periodik, stokastik, dan periodik-stokastik pasang surut dari stasiun Meneng 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*, Prosiding 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, *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol 6 (6), pp. 23 -30.
- Zakaria, A. 2013, *Model periodik dan stokastik data pasang surut jam-jaman dari stasiun Tanjung Periok*, Prosiding Seminar Sains dan Teknologi V, Lembaga Penelitian Universitas Lampung, pp. 50-72.

