

Analisis Perbandingan Data Pasang Surut Terukur dengan Data Pasang Surut Hasil Peramalan (Studi Kasus Stasiun Pasut Tanjung Priok)

Arif Dinaryoko¹⁾
Ahmad Zakaria²⁾
Subuh Tugiono³⁾

Abstract

This research was conducted to study the tidal characteristics. The data used in this study are the hourly tide data measured in the field and the tidal data from the BIG with data length from 1985 to 1989 at the Tanjung Priok tidal station, Jakarta Province, Indonesia.

This modeling is carried out using a data length of 30 days for a data term of 720. By using the observational data and applying it in the Anfor program which uses the least squares method, produces a tidal periodic model that is obtained using 9 tidal harmonic components. From the results of modeling and measured data it can be seen the correlation coefficient.

Based on these results, it can be concluded that the measured tide data components with the BIG tide data components are similar. The average correlation coefficient between the two data sets was 0.9644. From this research it can be seen that the value of the tidal data is said to be very good.

Keywords: daily tides, correlation coefficient

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari karakteristik pasang surut. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pasang surut jam-jaman terukur lapangan dan data pasang surut dari BIG dengan panjang data dari tahun 1985 sampai 1989 di stasiun pasut Tanjung Priok, DKI Jakarta, Indonesia.

Pemodelan ini dilakukan dengan menggunakan panjang data 30 harian untuk jangka data 720. Dengan menggunakan data pengamatan dan menerapkan dalam program Anfor yang menggunakan metode kuadrat terkecil, menghasilkan model periodik pasang surut yang diperoleh dengan menggunakan 9 komponen harmonik pasang surut. Dari hasil pemodelan dan data diukur dapat dilihat koefisien korelasi.

Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa komponen data pasang surut terukur dengan komponen data pasang surut BIG memiliki kemiripan. Koefisien korelasi rata-rata antara dua data tersebut 0,9644. Dari penelitian ini dapat dilihat nilai dari data pasang surut dikatakan sangat baik.

Kata kunci: pasang surut harian, koefisien korelasi

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang memiliki karakter geografis perairan yang sangat luas dengan jumlah pulau lebih dari 17.000 pulau dan merupakan negara kepulauan terbesar di dunia. Hal ini memberikan peluang bagi pembangunan nasional pada sektor kelautan. Indonesia yang merupakan negara kepulauan, kegiatan transportasi sangat diperlukan untuk menghubungkan antar pulau. Transportasi laut lebih efisien dibanding dengan moda angkutan darat dan udara, dimana kapal mempunyai daya angkut yang jauh lebih besar. Untuk mendukung sarana angkutan laut tersebut diperlukan prasarana berupa pelabuhan. Pelabuhan merupakan prasarana penghubung antar daerah, antar pulau ataupun antar negara. Salah satu wilayah Indonesia yang menjadi penghubung untuk perekonomian Indonesia adalah pelabuhan Tanjung Priok.

Dalam perencanaan pelabuhan, gelombang pasut atau pasang surut merupakan faktor penting dimana elevasi muka air pasang menentukan elevasi puncak bangunan pantai untuk mengurangi limpasan air, serta muka air surut menentukan kedalaman alur pelayaran dan perairan pelabuhan.

Pasang surut air laut merupakan peristiwa naik turunnya posisi permukaan perairan atau samudera yang disebabkan oleh pengaruh gaya gravitasi matahari dan bulan. Pasang laut adalah gelombang yang disebabkan adanya interaksi antara bumi, matahari, dan bulan. Puncak gelombang disebut pasang tinggi dan lembah gelombang disebut pasang rendah. Perbedaan ketinggian antara pasang tinggi dan pasang rendah disebut pasang surut.

Seiring berkembangnya teknologi, informasi tentang pengetahuan teknik sipil semakin mudah didapatkan, salah satu contohnya adalah adanya website <http://tides.big.go.id>. Website ini berisi informasi tentang prediksi pasang surut air laut yang dikelola oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). Namun belum diketahui seberapa akurat hasil dari website tersebut dibandingkan dengan pengamatan langsung di lapangan.

Pada penelitian ini, akan dilakukan analisa data pasang surut terukur dan data pasang surut BIG menggunakan program yang bernama ANFOR (Zakaria, 2005). program ini dibuat sedemikian rupa sehingga mudah digunakan untuk kepentingan penelitian, pendidikan maupun praktisi.

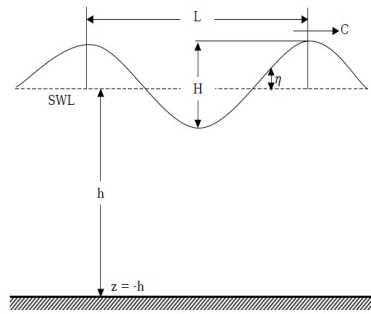
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Pantai

Ada dua istilah tentang kepantaian dalam Bahasa Indonesia, yaitu pesisir dan pantai. Pantai merupakan daerah di tepi perairan yang dipengaruhi pasang tertinggi dan surut terendah. Pesisir merupakan daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Sedang (Triatmodjo,1999).

2.2. Gelombang

Gelombang di laut dibedakan menjadi beberapa macam, diantaranya gelombang yang diakibatkan oleh angin di permukaan laut atau gelombang angin, gelombang yang dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama bulan dan matahari terhadap bumi atau gelombang pasang surut, dan sebagainya (Triatmodjo,1999). Dalam bidang rekayasa sipil, gelombang pasang surut merupakan faktor utama di dalam penentuan tata letak pelabuhan, alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai dan sebagainya. Sket definisi gelombang dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 1. Sket definisi gelombang.

Keterangan :

- h : Jarak antara muka air rerata dan dasar laut
- η : Fuktuasi muka air
- a : Amplitudo gelombang
- H : tinggi gelombang = 2.a
- L : panjang gelombang
- T : periode gelombang
- C : cepat rambat gelombang
- k : bilangan gelombang
- σ : frekuensi gelombang

Berdasarkan kedalaman relatif, yaitu perbandingan antara panjang gelombang L dan kedalaman air h, gelombang dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam, yaitu:

- Gelombang terjadi di laut dangkal, $h/L \leq 1/20$
- Gelombang terjadi di laut transisi, $1/20 < h/L < 1/20$
- Gelombang terjadi di laut dalam, $h/L \geq 1/20$

Klasifikasi gelombang di atas untuk memberikan gambaran panjang gelombang untuk setiap variasi kedalaman.

2.3. Pasang Surut

fluktuasi air laut karena adanya gaya tarik menarik dari benda-benda angkasa, yang terutama sekali disebabkan oleh gaya tarik matahari dan bulan terhadap massa air di bumi merupakan kejadian yang disebut pasang surut. Besar naik turunnya permukaan laut tergantung pada posisi bumi terhadap matahari bulan. Kedudukan matahari, bulan, bumi berada dalam satu garis saat bulan purnama. Ini akan menyebabkan besar gaya tarik matahari dan bulan pada bumi akan maksimum dan akibatnya permukaan laut mencapai pasang tertinggi. Kedudukan matahari, bumi, bulan persis membentuk sudut siku saat bulan sabit sehingga besar gaya tarik matahari dan bulan terhadap bumi akan saling melemahkan dan permukaan laut akan turun mencapai titik terendah. (Prediksi Pasang Surut, 2015).

2.3.1. Gaya pembangkit pasang surut

Matahari dan bulan berpengaruh pada proses pembentukan pasang surut air laut, melalui tiga Gerakan yang menentukan pergerakan muka air laut di bumi. Tiga gerakan tersebut adalah sebagai berikut,

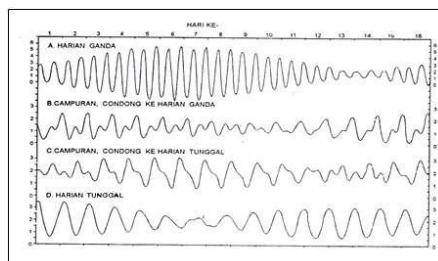
- Revolusi bulan terhadap bumi, dimana untuk menyelesaikan revolusinya memerlukan waktu 29,5 hari.

- Revolusi bumi terhadap matahari, dimana untuk menyelesaikannya memerlukan waktu 365,25 hari.
- Perputaran bumi terhadap sumbunya sendiri dan waktu yang diperlukan adalah 24 jam (satu hari).

2.3.2. Tipe pasang surut

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama sehingga terdapat tipe pasang surut yang berlainan. Menurut Wyrski (1961), ada empat jenis pasang surut di Indonesia dan sekitarnya yaitu,

- Pasang surut harian tunggal (diurnal tide), dalam sehari terjadi pasang dan surut sebanyak satu kali. Pasang surut tipe ini terjadi di perairan selat Karimata.
- Pasang surut harian ganda (semi diurnal tide), dalam sehari terjadi pasang dan surut sebanyak dua kali yang hampir sama tingginya. Pasang surut jenis ini terdapat di selat Malaka sampai laut Andaman.
- Pasang surut campuran harian ganda, dalam satu hari terjadi pasang dan surut sebanyak dua kali, tetapi tinggi dan periodenya berbeda. Pasang surut tipe ini banyak terdapat di perairan Indonesia Timur.
- Pasang surut campuran harian tunggal, dalam satu hari pasang surut terjadi satu kali, tetapi kadang untuk sementara waktu terjadi masing-masing dua kali pasang dan surut dengan tinggi dan periode yang berbeda. Pasang surut tipe ini terdapat di pantai utara Jawa Barat dan selat Kalimantan.



Gambar 2. Tipe pasang surut

Tabel 1. Frekuensi Pasang Surut

Nilai Bentuk	Jenis Pasang Surut	Fenomena
$0 < F < 0,25$	Harian Ganda	2x Pasang sehari dengan tinggi sama
$0,25 < F < 1,5$	Campuran ganda	2x pasang sehari dengan perbedaan tinggi dan interval yang berbeda
$1,5 < F < 3$	Campuran Tunggal	1 x atau 2 x pasang sehari dengan interval yang berbeda
$F > 3$	Tunggal	1 x pasang sehari, saat <i>spring</i> bisa terjadi 2x pasang sehari

Rumus Frekuensi Pasang Surut:

$$F = \frac{O1 + K1}{M2 + S2}$$

keterangan :

F = Bilangan Formzahl

O1 = Amplitudo komponen pasut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan

K_1 = Amplitudo komponen pasut tunggal utama yang disebabkan oleh daya tarik bulan dan matahari

2.3.3. Komponen Harmonik Pasang Surut

Pasang bumi-matahari menghasilkan fenomena pasang surut yang mirip dengan fenomena yang diakibatkan oleh bulan-bumi. Perbedaan utama adalah bahwa gaya penggerak pasang surut yang disebabkan oleh matahari hanya sebesar separuh kekuatan yang disebabkan oleh bulan. Hal ini disebabkan oleh karena jarak bulan-bumi yang sangat lebih dekat dibandingkan dengan jarak antara bumi dengan matahari, walaupun kenyataannya massa bulan lebih kecil daripada massa matahari.

Doodson mengembangkan metode sederhana untuk menentukan komponen-komponen (constituents) utama pasang surut dengan menggunakan panjang data pengamatan pasang surut 15 dan 29 harian dengan pengamatan jam-jamanyang dinamakan metode Admiralty. Adapun Ke-9 komponen yang digunakan sebagai berikut:

Tabel 2. frekuensi 9 komponen gelombang pasut.

No.	Jenis Komponen	Frekuensi (deg/jam)	Periode(jam)
1	K_1	15.04	23.94
2	O_1	13.94	25.82
3	P_1	14.96	24.06
4	M_2	28.98	12.42
5	S_2	30.00	12.00
6	K_2	30.08	11.97
7	N_2	28.44	12.66
8	M_4	57.97	6.21
9	MS_4	58.98	6.10

2.3.4. Analisa Pasang Surut

Data pasut hasil pengukuran dapat ditentukan besaran komponen pasut atau konstanta harmonik pasut, yaitu besaran fase dan amplitudo dari tiap komponen pasut. Pasut di daerah perairan dangkal merupakan superposisi dari pasut yang ditimbulkan oleh faktor astronomi, faktor meteorologi dan pasut yang ditimbulkan oleh pengaruh berkurangnya kedalaman perairan. Elevasi pasutnya (η) secara matematika dirumuskan (Ongkosongo, 1989) adalah sebagai berikut,

$$\eta = \eta_{ast} + \eta_{met} + \eta_{shall} \quad (1)$$

dengan:

η_{ast} = elevasi pasut oleh faktor astronomi

η_{met} = elevasi pasut faktor meteorologi

η_{shall} = pengaruh pendangkalan

Komponen pasut yang timbul oleh faktor astronomi dan pasut perairan dangkal bersifat periodik, sedangkan gangguan faktor meteorologi bersifat musiman dan kadang sesaat saja. Apabila tanpa memperhatikan faktor meteorologi, maka elevasi pasut merupakan penjumlahan dari komponen yang membentuknya dan dapat dinyatakan dalam fungsi seperti berikut:

$$\eta(t) = S_0 + sso + \sum_{y=0}^k Cr \cdot \cos(\omega r \cdot t + Pr) \quad (2)$$

dimana,

$\eta(t)$ = Elevasi pasut fungsi dari waktu
 Cr = Amplitudo komponen ke -r
 ωr = $2\pi/Tr$ dengan Tr = periode komponen ke - r
 S_0 = Duduk tengah permukaan laut
 sso = Pengaruh faktor meteorologi
 t = Waktu

2.3.5. Metode Least Square

Dengan menggunakan metode *least square*, data pengamatan dipecahkan menjadi *time series* dengan mengabaikan suku yang dipengaruhi oleh faktor meteorologi (sso).

2.4. Koefisien Korelasi Pearson

Kuantitas r disebut koefisien korelasi linear, mengukur kekuatan dan arah hubungan linier antara 2 variabel. Koefisien korelasi linear disebut juga sebagai produk Pearson koefisien korelasi oleh Karl Person.

Tabel 3. Besaran Mutlak dari Korelasi

Besaran Korelasi	Interpretasi
0,00 - 0,10	Sangat kurang baik
0,10 - 0,30	Kurang baik
0,30 - 0,50	Cukup
0,50 - 0,80	Baik
0,80 - 1,00	Sangat baik/sempurna

Sumber: Schober, Patrick. Dkk. (2018).

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi

Dalam penelitian ini lokasi yang ditinjau adalah Stasiun pasang surut Tanjung Priok di Jakarta Utara, provinsi Jakarta, Indonesia.

3.2. Data Penelitian

Data pasut yang dipergunakan untuk penelitian ini merupakan data sekunder yaitu data pasang surut terukur lapangan dari stasiun Tanjung Priok dan data pasang surut BIG dari website <http://tides.big.go.id> dengan periode 5 tahun yaitu tahun 1985 sampai tahun 1989. Pengambilan data pasang surut BIG dengan membuka program mesin pencari kemudian mengunjungi website <http://tides.big.go.id>, Memilih menu **Prediksi Pasut**, kemudian pilih **Prediksi Pasut Online**, Menentukan titik yang akan dijadikan lokasi penelitian dengan memasukkan titik koordinat lokasi penelitian, Menentukan waktu prediksi pasut yang terdiri dari tanggal, bulan, dan tahun sesuai dengan data terukur pasang surut. Menjalankan prediksi pasut dengan pilihan proses **Predict Tide**, yang akan menghasilkan file **Elevation.txt**.

3.3. Pelaksanaan Penelitian.

Proses pengolahan data sekunder pada penelitian menggunakan *Microsoft Office 365*, tahapannya sebagai berikut :

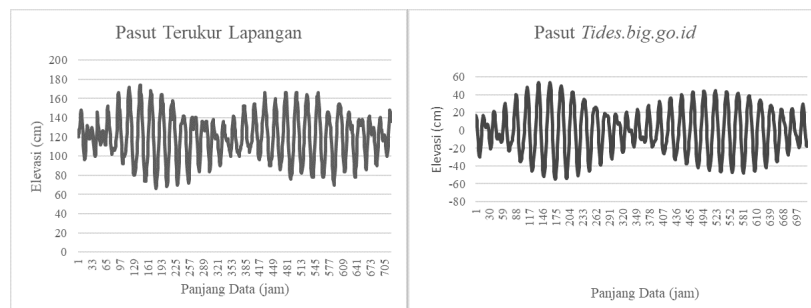
Menentukan data pasut yang akan digunakan, Mengurutkan data pasang surut dalam bentuk *time series* menggunakan *Microsoft Office*, proses meng-*input* data pada

penelitian ini menggunakan program ANFOR. Tahapannya adalah sebagai berikut : Memasukkan data pasang surut dalam bentuk time series ke dalam program notepad kemudian simpan dengan nama *signals.inp*, Memasukkan data 9 komponen pasut ke dalam program notepad kemudian simpan dengan nama *fourier.inp*, Memasukkan data *signals.inp* dan *fourier.inp* ke dalam folder bersama program ANFOR yang bernama Fourier.exe kemudian menjalankan program tersebut yang akan menghasilkan *signals.out*, *signalr.out*, *fourier.out*, dan *signals.eps*. Proses pengujian pada penelitian ini yaitu : Menganalisis data time series yang didapat dari website <http://tides.big.go.id> dengan data pasang surut yang terukur sesuai panjang dan tahun yang dipergunakan., Menguraikan dan membandingkan komponen pasang surut dari website Tides.big.go.id dengan data terukur, Mencari koefisien korelasi komponen pasang surut, Menarik kesimpulan dari hasil yang didapat.

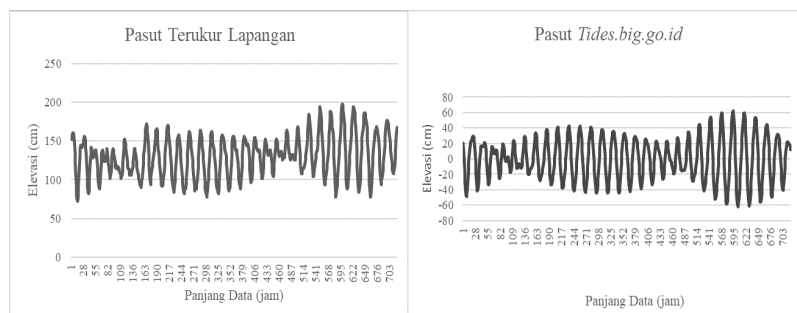
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Pasang Surut Harian

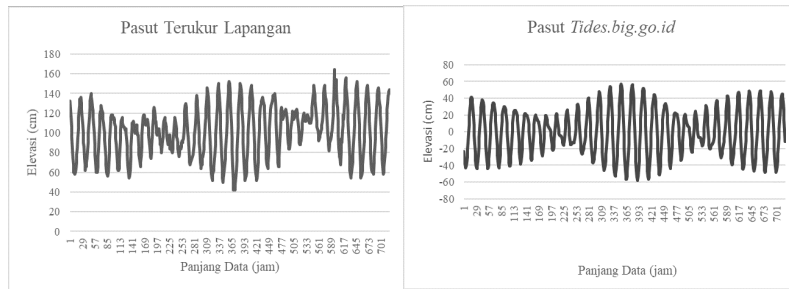
Untuk mengetahui karakteristik pasut 30 harian dalam penelitian ini digunakan data pasang surut selama 5 tahun (1985-1989) stasiun pasut Tanjung Priok, provinsi Jakarta, Indonesia. Untuk data pasang surut 30 harian diperlukan sampel data pasang surut jam-jaman sebanyak 720 data. Data Pasang surut tahun 1985-1989 dari stasiun pasang surut di tunjukkan pada gambar berikut :



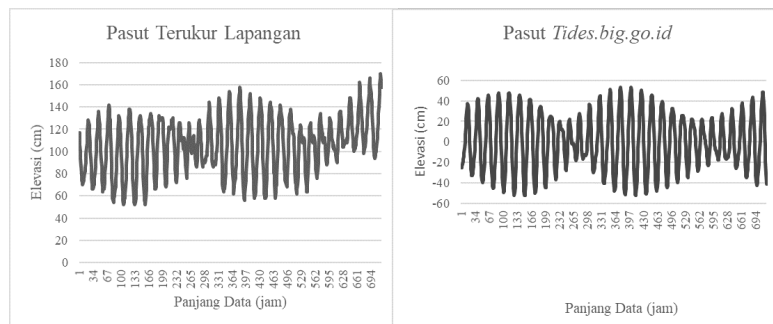
Gambar 3. Elevasi gelombang pasut Stasiun Tanjung Priok tahun 1985



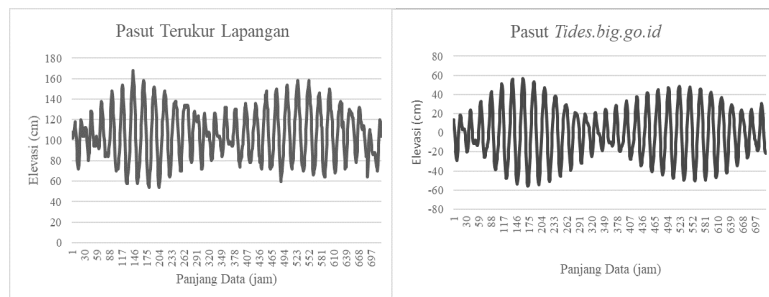
Gambar 4. Elevasi gelombang pasut Stasiun Tanjung Priok tahun 1986



Gambar 5. Elevasi gelombang pasut Stasiun Tanjung Priok tahun 1987



Gambar 6. Elevasi gelombang pasut Stasiun Tanjung Priok tahun 1988



Gambar 7. Elevasi gelombang pasut Stasiun Tanjung Priok tahun 1989

Gambar 3 sampai Gambar 7 menunjukkan elevasi pasut yang terjadi pada Stasiun pasang surut Tanjung Priok tahun 1985-1989. Dapat dilihat bahwa antara data pasang surut terukur dengan data pasang surut *Tides.big.go.id* memiliki ketinggian elevasi yang berbeda. Hal tersebut disebabkan data pasang surut *Tides.big.go.id* mengacu pada SWL = 0 sedangkan data pasang surut terukur tidak pada SWL = 0. Tetapi pola grafik yang dihasilkan memiliki kemiripan.

4.2. Analisa Komponen Pasang Surut

Dengan menggunakan data pasang surut sta. Tanjung Priok 15 dan 30 harian selama 5 tahun, maka akan didapat besarnya amplitudo komponen pasang surut yang terjadi sebagai berikut,

Tabel 4. Nilai amplitudo gelombang pasang surut bulan Mei tahun 1985

No	komponen	Frekuensi (deg/jam)	Periode (jam)	Amplitudo (cm)	
	pasut			Terukur	tides.big
1	M2	28,98	12,42	5,3872	6,0876
2	S2	30	12	7,2453	5,1345
3	N2	28,44	12,66	2,6339	1,3485
4	K1	15,04	23,94	30,0291	29,2542
5	O1	13,94	25,82	16,5643	17,6125
6	M4	57,97	6,21	0,4097	0,0205
7	MS4	58,98	6,1	0,6212	0,0183
8	P1	14,96	24,06	5,42	6,4013
9	K2	30,08	11,97	2,8585	3,032

Berdasarkan nilai amplitudo tersebut, maka dapat ditentukan tipe pasang surut pada stasiun pengamatan dengan menggunakan rumus Formzahl sebagai berikut:

$$F = \frac{(K1+Q1)}{(M2+S2)}$$

$$F_{\text{Terukur}} = \frac{(30,0291+16,5643)}{(5,3802+7,2453)} = 3,6884 (F > 3)$$

$$F_{\text{Tides. big}} = \frac{(29,2542+17,6125)}{(6,0876+5,1345)} = 4,1763 (F > 3)$$

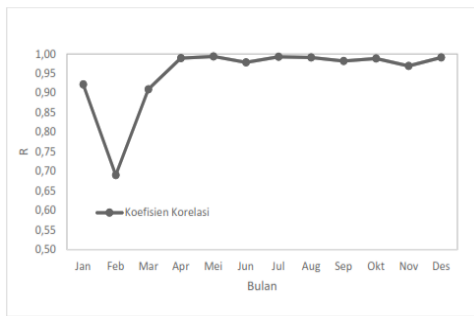
Berdasarkan klasifikasi sifat pasang surut metode Formzahl, pasang surut stasiun Tanjung Priok termasuk tipe pasang surut tunggal.

4.3. Koefisien Korelasi Pasang Surut

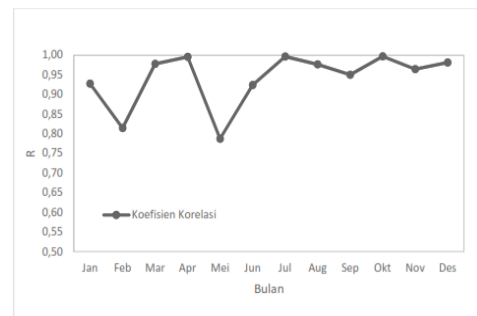
Nilai amplitudo dari data *Tides.big.go.id* dengan data terukur lapangan yang diolah dapat diketahui korelasinya. Koefisien korelasi dari penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 5. Nilai Korelasi Amplitudo Komponen pasut

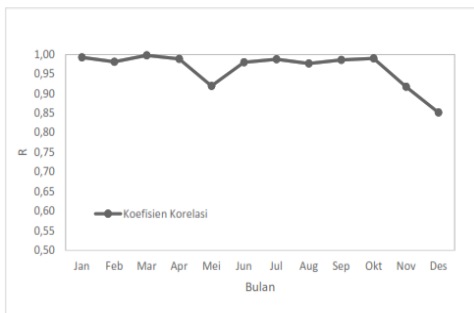
	Nilai Korelasi Amplitudo				
	1985	1986	1987	1988	1989
Januari	0,9222	0,9276	0,9927	0,9980	0,9873
Februari	0,6902	0,8145	0,9812	0,9467	0,9826
Maret	0,9095	0,9778	0,9979	0,9609	0,9727
April	0,9894	0,9956	0,9887	0,9969	0,9893
Mei	0,9939	0,7874	0,9199	0,9951	0,9904
Juni	0,9786	0,9241	0,9801	0,9958	0,9973
Juli	0,9930	0,9964	0,9877	0,9930	0,9542
Agustus	0,9912	0,9768	0,9772	0,9935	0,9764
September	0,9818	0,9500	0,9862	0,9873	0,9578
Oktober	0,9886	0,9971	0,9902	0,9914	0,9863
November	0,9693	0,9647	0,9175	0,9703	0,9949
Desember	0,9910	0,9814	0,8521	0,9900	0,99
Rata-rata	0,9499	0,9411	0,9643	0,9849	0,9818



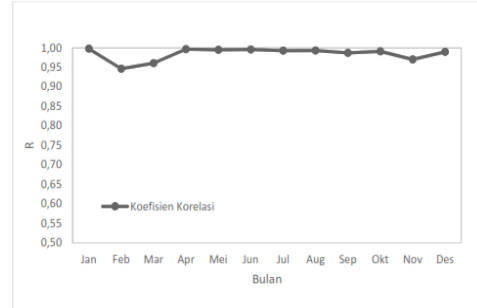
Gambar 8. Koefisien Korelasi tahun 1985



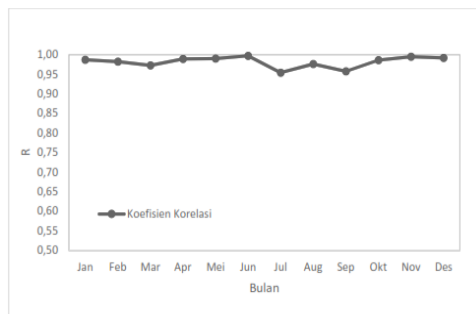
Gambar 9. Koefisien Korelasi tahun 1986



Gambar 10. Koefisien Korelasi tahun 1987



Gambar 11. Koefisien Korelasi tahun 1988



Gambar 12. Koefisien Korelasi tahun 1989

Gambar 8 sampai Gambar 12 merupakan grafik nilai korelasi yang menunjukkan bahwa nilai korelasi komponen pasang surut antara data terukur dengan data *Tides.big.go.id* pada tahun 1985 sampai tahun 1989 tidak mengalami perubahan yang signifikan.

Dari Tabel 5 di atas besar nilai korelasi rata-rata tahun 1985 adalah 0,9499, besar nilai korelasi rata-rata pada tahun 1986 adalah 0,9411, besar nilai korelasi rata-rata pada tahun 1987, 1988, 1989 berturut-turut adalah 0,9643, 0,9849, 0,9818. Jadi nilai rata-rata korelasi dari 5 tahun tersebut adalah 0,9644 dan berdasarkan Tabel 3 Besaran Mutlak dari Korelasi dikatakan sangat baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ongkosongo, Otto S.R dan Suyarso, 1989, *Pasang Surut*. Asean-Australia Cooperative Programs on Marine Science, Project I : Tide and Tidal Phenomena, LIPI, Jakarta
- Schober, Patrick. Boer, Christa. Schwarte, Lothar A. 2018. Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. VU Universitas Medical Center. Amsterdam. Belanda. Volume 126
- Triatmodjo, B., 1999, *Teknik Pantai*. Beta Offset Yogyakarta
- Wyrski, K., 1961, *Physical oceanography of Southeast Asian waters*. Naga report. University of California. La Jolla
- Zakaria, A., 1997, *Kajian Awal Mengenai Kesalahan Peramalan Pasang Surut*. Tesis. Institut Teknologi Bandung
- Zakaria, A., 2005, *Aplikasi Program ANFOR*. Bandar Lampung: Fakultas Teknik Universitas Lampung