

Analisis Perbandingan Data Pemodelan Pasang Surut BIG Dengan Data Pengukuran Pasang Surut UHSLC Pada Stasiun Sadeng

Titik Ayuningsih¹⁾

Ahmad Zakaria²⁾

Dyah Indriana Kusumastuti³⁾

Abstract

This research aimed to analyze tidal characteristics and compare tidal forecasting data with tide gauge. The research data is tidal data from 2011-2015 period which was downloaded free from the BIG and UHSLC websites in the Sadeng station area, Yogyakarta Special Region Province. The data for each analysis are consist of 30 days or 720 hours of data tidal. From the research, the data was obtained based on the analysis of direct elevation data and the magnitude of the amplitude values. For the amplitude value of the tidal component, it was obtained by using the ANFOR program that applies the Least Square method. Based on the research, it could be seen that the type of tides that occurred at Sadeng station was classified as Mixed Tide Prevailing Semidiurnal. Moreover, based on the direct elevation data, the relative error value from the comparison of the two data sources is 5.7748% with an average elevation difference of 15.99 cm. The value of the direct correlation coefficient based on the elevation is 0.9838. Meanwhile, based on the comparison of the amplitude of the tidal components, the relative error values vary as follows: K_1 is 7.8981%, O_1 is 3.8318%, P_1 is 23.2832%, M_2 is 1.8287%, S_2 is 6.0048%, N_2 is 5.8659%, K_2 is 15.7505%, M_4 is 95.0682% and MS_4 is 94.9316%. And from the amplitude analysis of tidal forecasting data, a correlation of 0.9977 is obtained.

Keywords : Tidal, Relative Error, Correlation.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik pasang surut dan membandingkan data peramalan pasang surut dengan data terukur. Data yang digunakan merupakan data pasang surut jam-jaman periode tahun 2011-2015 yang diunduh dari website BIG dan UHSLC pada wilayah stasiun Sadeng, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Data yang digunakan untuk setiap analisis adalah data 30 harian atau 720 jam. Hasil perbandingan dalam penelitian ini diperoleh berdasarkan analisis data elevasi langsung dan besaran nilai amplitudonya. Untuk besaran nilai amplitudo komponen pasang surut didapatkan menggunakan program ANFOR yang mengaplikasikan metode *Least Square*. Berdasarkan pada hasil penelitian dapat diketahui bahwa tipe pasang surut yang terjadi pada stasiun Sadeng tergolong pasang surut campuran condong harian ganda. Berdasarkan data elevasi langsungnya, nilai kesalahan relatif dari perbandingan kedua sumber data sebesar 5,7748 % dengan selisih elevasi rata-rata 15,99 cm. Nilai koefisien korelasi langsung berdasarkan elevasinya sebesar 0,9838. Sedangkan berdasarkan perbandingan amplitudo komponen pasang surutnya didapatkan nilai kesalahan relatif yang bervariasi sebagai berikut: K_1 sebesar 7,8981 %, O_1 sebesar 3,8318 %, P_1 sebesar 23,2832 %, M_2 sebesar 1,8287 %, S_2 sebesar 6,0048 %, N_2 sebesar 5,8659 %, K_2 sebesar 15,7505 %, M_4 sebesar 95,0682 % dan MS_4 sebesar 94,9316 %. Dari analisa amplitudo data peramalan pasang surut diperoleh korelasi sebesar 0,9977.

Kata kunci: data pasang surut, BIG, UHSLC, penyimpangan, keakuratan.

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

Secara geografis, dua pertiga luas wilayah lautan Indonesia lebih besar daripada daratannya. Garis pantai Indonesia mencapai ± 95.181 km dan di dalamnya terdapat 17.504 pulau tersebar. Hal tersebut memberikan tantangan bagi pembangunan nasional sesuai dengan komitmen pemerintah untuk berusaha mengubah Indonesia kedepan menjadi poros maritim dunia dengan cara mendorong pengembangan infrastruktur laut dan konektivitasnya di seluruh nusantara, khususnya seperti pada pembangunan pelabuhan laut. Salah satunya wilayah yang memiliki potensi adalah perairan Sadeng, Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

Penyediaan data spasial sangat berguna baik untuk pengembangan pelabuhan ini dalam bidang infrastruktur pantai maupun untuk referensi penelitian lainnya yang terkait. Data pasang surut merupakan salah satu data yang sangat diperlukan untuk perencanaan pembangunan atau renovasi suatu pelabuhan, dermaga dan infrastruktur lainnya di pesisir laut. Pasang surut laut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Analisa pergerakan pasang surut sangat penting untuk kehidupan, terutama dalam navigasi, pekerjaan teknik kelautan, keperluan militer, penentuan batas wilayah suatu negara dan mitigasi bencana.

Data peramalan pasang surut dapat diunduh dari *website* <http://tides.big.go.id/> yang dikelola Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). Namun tidak terdapat jaminan keakuratan data tersebut secara presisi. Perlunya ada perbandingan data peramalan tersebut terhadap data aktual (*tide gauge*) untuk mengetahui besar penyimpangan data dan korelasinya, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai rujukan untuk keperluan data pasang surut Indonesia.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pesisir dan Pantai

Coast (pesisir) adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Sedangkan *shore* (pantai) adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Daerah daratan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan daratan dimulai dari batas garis pasang tertinggi. Daerah lautan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan laut dimulai dari sisi laut pada garis surut terendah, termasuk dasar laut dan bagian bumi di bawahnya. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut dimana posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi. (Triadmodjo,1999)

2.2. Gelombang

Gelombang adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk grafik/kurva sinusoidal. Gelombang laut disebabkan oleh angin. Angin di atas lautan mentransfer energinya ke perairan, menyebabkan riak-riak, bukit/alun dan berubah menjadi gelombang. (Prarikreslan, 2016). Gelombang dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya yaitu:

1. Angin (kecepatan angin, panjang/jarak hembusan angin, waktu hembusan)
2. Geometri laut (topografi atau profil laut dan bentuk pantai)
3. Gempa (apabila terjadi tsunami) sangat kecil/minor

2.3. Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda- benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Proses kejadiannya dapat dilihat secara langsung ketika berada di pantai. Gerakan naik turunnya permukaan air yang secara periodik juga mempengaruhi aktifitas kehidupan masyarakat yang ditinggal di daerah pantai. Elevasi muka air tertinggi dan muka air terendah sangat penting untuk perencanaan bangunan pantai dalam berbagai keperluan.

Secara spasial, elevasi dapat digunakan untuk mengkaji tingkat kerentanan wilayah pesisir terutama terhadap kenaikan muka air laut, sehingga dapat dijadikan sebagai input dalam perencanaan pembangunan dan pengelolaan di wilayah pesisir. Aspek elevasi dapat menentukan potensi terhadap penggenangan dan kecepatan perubahan garis pantai (Hamuna, 2018).

2.3.1. Faktor yang Mempengaruhi Pasang Surut

Tiga gerakan utama yang mempengaruhi proses pembentukan pasang surut air laut adalah sebagai berikut:

- a. Revolusi bulan terhadap bumi, dimana orbitnya berbentuk elips dan memerlukan waktu 29,5 hari untuk menyelesaikan revolusinya.
- b. Revolusi bumi terhadap matahari, dengan orbitnya berbentuk elips juga dan periode yang diperlukan untuk ini adalah 365,25 hari
- c. Perputaran bumi terhadap sumbunya sendiri dan waktu yang diperlukan adalah 24 jam (satu hari)

2.3.2. Jenis Pasang Surut

Pasang laut merupakan hasil dari gaya gravitasi dan efek sentrifugal. Pada pasang purnama, faktor yang paling dominan bekerja adalah gaya gravitasi bulan. Besarnya dua kali lipat gaya gravitasi yang disebabkan oleh matahari. Hal ini dikarenakan posisi bulan yang lebih dekat dengan bumi. Gaya gravitasi menyebabkan tarikan air laut ke arah bulan dan matahari sehingga menghasilkan dua tonjolan keluar (bulge) air laut. Sedangkan pada pasang perbani (*neap tide*) terjadi saat bumi, bulan dan matahari membentuk sudut tegak lurus satu sama lain.

2.3.3. Tipe-Tipe Pasang Surut

Menurut Wyrski (1961), pasang surut di Indonesia dibagi menjadi empat yaitu:

- a. Pasang surut harian tunggal (*Diurnal Tide*) merupakan pasut yang hanya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari.
- b. Pasang surut harian ganda (*Semi Diurnal Tide*) merupakan pasut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang tingginya hampir sama dalam satu hari.
- c. Pasang surut campuran condong harian tunggal (*Mixed Tide Prevailing Diurnal*) merupakan pasut yang tiap harinya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut tetapi terkadang dengan dua kali pasang dan dua kali surut yang sangat berbeda dalam tinggi dan waktu.
- d. Pasang surut campuran condong harian ganda (*Mixed Tide Prevailing Semidiurnal*) merupakan pasut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari tetapi terkadang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan memiliki tinggi dan waktu yang berbeda.

Tipe pasang surut pada suatu tempat dapat ditentukan berdasarkan dua cara yaitu pola grafik kejadian pasang tertinggi dan terendah dalam satu hari atau dengan cara konstituen

diurnal (K1 dan O1) dengan semi yang lebih akurat melalui perbandingan numeris diurnal (M2 dan S2) yang dinyatakan sebagai berikut:

$$F = \left(\frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2} + H_{S2}} \right) \quad (1)$$

Berdasarkan nilai F maka dapat diklasifikasikan karakteristik pasang surut sebagai berikut:

- $0 < F < 0,25$: semi diurnal
- $0,25 \leq F < 1,5$: campuran condong semi diurnal
- $1,5 \leq F \leq 3,0$: campuran condong diurnal
- $F > 3,0$: diurnal

2.3.4. Komponen Harmonik Pasang Surut

Menurut Zakaria (2012), posisi bulan dan matahari terhadap bumi berubah-ubah, maka resultan gaya pasang surut yang dihasilkan dari gaya tarik kedua benda angkasa tersebut tidak sesederhana yang diperkirakan. Akan tetapi karena rotasi bumi, revolusi bumi terhadap matahari, dan revolusi bulan terhadap bumi sangat teratur, maka resultan gaya penggerak pasang surut yang rumit ini dapat diuraikan sebagai hasil gabungan sejumlah komponen harmonik pasang surut (*harmonic constituents*).

Doodson mengembangkan metode sederhana untuk menentukan komponen-komponen (*constituents*) utama pasang surut dengan menggunakan panjang data pengamatan pasang surut 15 dan 30 harian dengan pengamatan jam-jaman. Metode yang dikembangkan oleh Doodson ini dinamakan metode Admiralty. Adapun Ke-9 komponen yang dipergunakan Doodson tersebut dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 1. Tabel Frekuensi 9 Komponen Gelombang Pasang Surut

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

dimana:

- K_1 : Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari

- O_1 : Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
 P_1 : Amplitudo komponen pasang surut diurnal yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
 M_2 : Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan
 S_2 : Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari
 K_2 : Amplitudo komponen pasang surut semidiurnal yang disebabkan gabungan antara gaya tarik bulan dan matahari (Lunisolar)
 N_2 : Amplitudo komponen pasang surut semidiurnal yang disebabkan oleh lintasan elips bulan
 M_4 : Amplitudo komponen pasang surut yang disebabkan oleh gaya tarik bulan pada perairan dangkal
 MS_4 : Amplitudo komponen pasang surut seperempat harian pada perairan dangkal

2.3.5. Analisis Pasang Surut

Pergerakan pasang surut yang terjadi sangat dipengaruhi oleh pergerakan bulan dan matahari. Pergerakan pasang surut tersebut menghasilkan amplitudo konstituen harmonik yang penting untuk studi perubahan tinggi muka air dan menentukan tipe pasang surut pada suatu daerah (Salnuddin dkk, 2015). Elevasi pasutnya (η) secara matematika dirumuskan Mihardja (Ongkosongo, 1989) adalah sebagai berikut,

$$\eta = \eta_{ast} + \eta_{met} + \eta_{shall} \quad (2)$$

dimana:

- η_{ast} : elevasi pasut yang ditimbulkan oleh faktor astronomi
 η_{met} : elevasi pasut akibat faktor meteorologi, seperti tekanan udara dan angin yang menimbulkan gelombang dan arus
 η_{shall} : elevasi pasut yang ditimbulkan oleh efek gesekan dasar laut atau dasar perairan

Apabila tanpa memperhatikan faktor meteorologi, maka elevasi pasut merupakan penjumlahan dari komponen yang membentuknya dan dapat dinyatakan dalam fungsi cosinus seperti yang ditulis antara lain oleh Ali dkk (1994) yang telah dirumuskan sebagai berikut,

$$\eta(t) = S_o + sso + \sum_{r=1}^k C_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t - P_r) \quad (3)$$

dimana:

- $\eta(t)$: Elevasi pasut fungsi dari waktu
 S_o : Duduk tengah permukaan laut (mean sea level)
 sso : Perubahan duduk tengah musiman yang disebabkan oleh efek muson atau angin (faktor meteorologi)
 C_r : Amplitudo komponen ke-r
 ω_r : $(2\pi / T_r)$ dengan T_r = periode komponen ke-r
 t : Waktu

2.3.6. Metode *Least Squares*

Dalam penelitian ini, yang akan digunakan untuk menganalisa pasang surut adalah metode *Least Squares*. Metode *Least Square* merupakan suatu metode yang paling luas digunakan untuk menentukan persamaan *trend data*. (Sadli, M., 2017).

Dengan cara mengabaikan suku yang dipengaruhi oleh faktor meteorologi, Persamaan sebelumnya dapat ditulis dalam bentuk seperti berikut ini,

$$\eta(t) = S_o + \sum_{r=1}^k C_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t - P_r) \quad (4)$$

Persamaan ini merupakan persamaan model harmonik pasang surut yang akan diperoleh berdasarkan fakta pasang surut dari suatu daerah. Dalam penelitian ini pada analisis komponen pasang surutnya dengan program ANFOR menggunakan *coding* dengan metode tersebut.

2.3.7. Penyimpangan dan Koefisien Korelasi

Berdasarkan rumus penyimpangan (Hanggara, dkk. (2015) dalam Juwono (2009)) berikut ini, nilai kesalahan relatif dari dua data dapat dihitug dengan menghitung selisih nilai aktual dengan nilai perkiraan kemudian membaginya dengan nilai aktual.

$$\varepsilon_e = \frac{|p - p'|}{p} \times 100 \% \quad (5)$$

dimana:

- ε_e : Kesalahan relatif
- p : Nilai aktual
- p' : Nilai perkiraan

Sedangkan koefisien korelasi digunakan untuk mengetahui keeratan hubungan diantara satu variabel dengan variabel yang lain (Suparto, 2014).

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \quad (6)$$

dimana:

- r : nilai koefisien korelasi
- x : nilai variabel pertama
- y : nilai variabel kedua
- n : jumlah data

Berikut adalah tabel pedoman untuk memberikan interpretasi koefisien korelasi:

Tabel 2. Tabel Interval Tingkat Hubungan Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,000 – 0,199	Sangat rendah
0,200 – 0,399	Rendah
0,400 – 0,599	Sedang
0,600 – 0,799	Kuat
0,800 – 1,000	Sangat kuat

2.3.8. Perolehan Data Primer

Pengambilan data primer pasang surut dapat diperoleh menggunakan beberapa alat berikut ini:

a. *Tide staff*

Alat ini berupa papan yang telah diberi skala dalam meter atau centi meter sederhana.

b. *Tide gauge*

Merupakan perangkat untuk mengukur perubahan muka laut secara mekanik dan otomatis. Alat ini memiliki sensor yang dapat mengukur ketinggian permukaan air laut yang kemudian direkam ke dalam komputer.

c. Satelit altimetri

Altimetri adalah sebuah teknik untuk mengukur tinggi. Satelit radar altimetri mengukur waktu yang diperlukan radar pulsa untuk bepergian dari antena satelit ke permukaan dan kembali ke penerima satelit.

2.3.9. Perolehan Data Sekunder

Untuk penelitian ini menggunakan data sekunder pasang surut yang diperoleh melalui website berikut:

a. BIG (<http://tides.big.go.id/>)

Web ini menyediakan peramalan/pemodelan data pasang surut yang tersebar di Indonesia dan berada dibawah naungan Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika. Datanya tersebut dapat diunduh gratis. Tetapi secara tegas BIG menyatakan tidak ada jaminan data peramalan tersebut secara presisi.

b. UHSLC (<http://uhslc.soest.hawaii.edu/>)

Web yang dikembangkan oleh *University of Hawaii Sea Level Center* ini menyediakan data *tide gauge* 294 stasiun pengukur pasang surut di dunia. Secara umum pengguna dapat mengunduh data dari website tersebut. Akan tetapi stasiun pasang surut yang terdapat di dalamnya cukup terbatas untuk suatu negara. Untuk wilayah Indonesia pun hanya terdapat data beberapa stasiun pasang surut.

2.4. Software

2.4.1. Microsoft Excel

Pada penelitian ini digunakan *Microsoft Excel*, program atau aplikasi yang merupakan bagian dari paket instalasi *Microsoft Office* ini berfungsi untuk mengolah angka menggunakan *spreadsheet* yang terdiri dari baris dan kolom untuk mengeksekusi perintah.

2.4.2. Notepad

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

2.4.3. Ghostscript

Ghostscript adalah *package of software* yang menyediakan:

- a. Penerjemah untuk file PDF
- b. Penerjemah untuk bahasa *PostScript* (*PostScript Language*)
- c. Kemampuan untuk konversi data-data berbahasa *PostScript* (*PostScript language files*) menjadi PDF (dengan beberapa batasan) dan sebaliknya.

2.4.4. GSview

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

2.4.5. ANFOR

Program ANFOR dibuat menggunakan teori *Fourier*. Program ANFOR merupakan program yang dapat dijalankan baik dalam *Win32 operating system* maupun *under linux*. Untuk menjalankan program ANFOR dibutuhkan dua input file yaitu “*signals.inp*” dan “*fourier.inp*”. Setelah dijalankan, program ANFOR menghasilkan file keluaran (*output*) yaitu, file “*fourier.out*”, file “*signals.out*”, file “*signalr.out*” dan file “*signals.eps*”. Dari file “*fourier.out*” tersebut dihasilkan beberapa keluaran, yang mana salah satunya adalah amplitudo.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi

Lokasi studi dari penelitian ini adalah stasiun pasang surut Sadeng di Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia. Terletak pada koordinat 8° 18" 0' LS dan 110° 28" 12' BT.

3.2. Data dan Alat

Data pasang surut yang dipergunakan untuk penelitian ini adalah data sekunder pasang surut jam-jaman dari stasiun Sadeng dengan periode lima tahun. Data utama diperoleh dari data peramalan pasang surut dalam *website* BIG (*tides.big.go.id*) dan data *tide gauge* dari *website* UHSLC (*uhslc.soest.hawaii.edu*). Dalam penelitian ini digunakan laptop Asus dengan spesifikasi *processor Intel Core i5*, RAM 4 GB, *System* tipe 64-bit *operating system*.

3.3. Pelaksanaan Penelitian

Proses pengolahan data sekunder pada penelitian ini menggunakan data 30 harian yang datanya tersedia lengkap. Kemudian mengurutkan masing-masing data pasang surut dari BIG dan UHSLC dalam bentuk *time series* dan melakukan analisis sehingga diperoleh perbandingan elevasi data pasang surut dan koefisien korelasi langsung. Sedangkan untuk memperoleh nilai amplitudo komponen pasang surut, proses pengolahan data pada penelitian ini dilakukan menggunakan program ANFOR.

3.3.1. Pengujian

Proses pengujian pada penelitian ini adalah dengan menganalisis dan membandingkan data peramalan pasang surut dari BIG (website.tides.big.go.id) dengan data *tide gauge* dari UHSLC (uhslc.soest.hawaii.edu) berdasarkan elevasi dan amplitudo komponen pasutnya, sehingga diperoleh besar penyimpangan dan nilai koefisien korelasi dari kedua data tersebut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Pasang Surut

Dalam satu hari, terdapat 24 data jam-jaman. Sehingga untuk data pasang surut 30 harian terdapat 720 data jam-jaman. Data yang diolah dalam penelitian ini adalah data jam-jaman bulanan yang tersedia lengkap yaitu sebanyak 48 bulan, data yang tidak lengkap (*missing data*) diabaikan. Pada penelitian Ichsari, dkk. (2020) mengenai studi komparasi hasil pengolahan data pasang surut, penggunaan data lapangan yang tidak memenuhi data dua belas bulan lamanya, maka dilakukan penelitian menggunakan panjang data bulanan pasang surut yang tersedia lengkap saja. Dalam penelitian Putra (2017) mengatakan bahwa data bulanan pasang surut yang tidak tersedia dikarenakan kemungkinan kerusakan atau kurangnya pemeliharaan alat *tide gauge* atau miringnya rambu *tide staff* di lapangan sehingga terjadi kekosongan data pada jam tertentu.

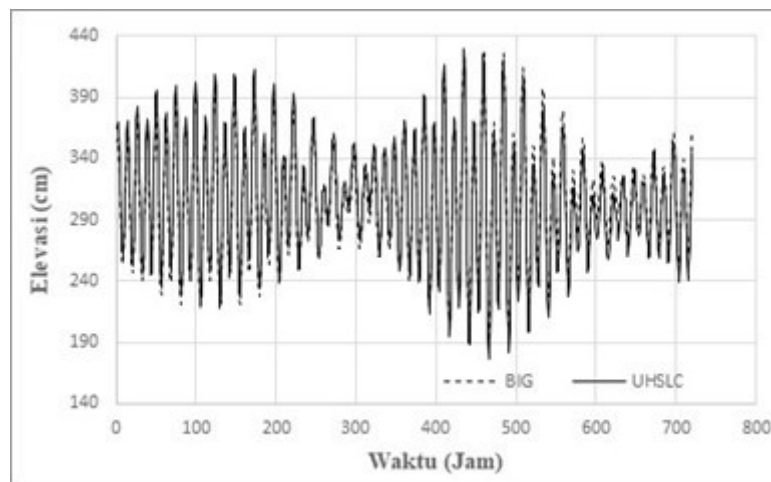
4.2. Karakteristik Pasang Surut

Analisis pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 9 komponen pasang surut utama, yaitu K_1 , O_1 , P_1 , M_2 , S_2 , K_2 , N_2 , M_4 , dan MS_4 . Berdasarkan pengolahan data pasang surut 30 harian dari stasiun Sadeng, maka didapatkan nilai Formzal. Besar nilai Formzal untuk amplitudo komponen pasang surut dari data BIG sebesar 0,3649 dan dari data UHSLC diperoleh 0,3674. Karena nilai F yang didapatkan adalah $0,25 \leq F < 1,5$. Maka dapat disimpulkan bahwa pasang surut di stasiun Sadeng termasuk pasang surut tipe pasang surut campuran condong harian ganda (*Mixed Tide Prevailing Semidiurnal*).

4.3. Analisis Pasang Surut Berdasarkan Elevasi

4.3.1. Perbandingan Elevasi Pasang Surut Bulanan

Analisis pasang surut berdasarkan elevasi merupakan acuan untuk mengetahui nilai kesalahan data elevasi pasang surut agar dapat dimanfaatkan dalam pengaplikasian langsung di lapangan, untuk kebutuhan tinggi muka air rerata sebagai input perencanaan suatu bangunan pantai. Gambar perbandingan elevasi pasang surut berikut ini merupakan sampel satu bulan dari data peramalan pasut yang diperoleh pada *website* BIG dengan data *tide gauge* yang diperoleh dalam UHSLC.



Gambar 1. Elevasi pasang surut April tahun 2011.

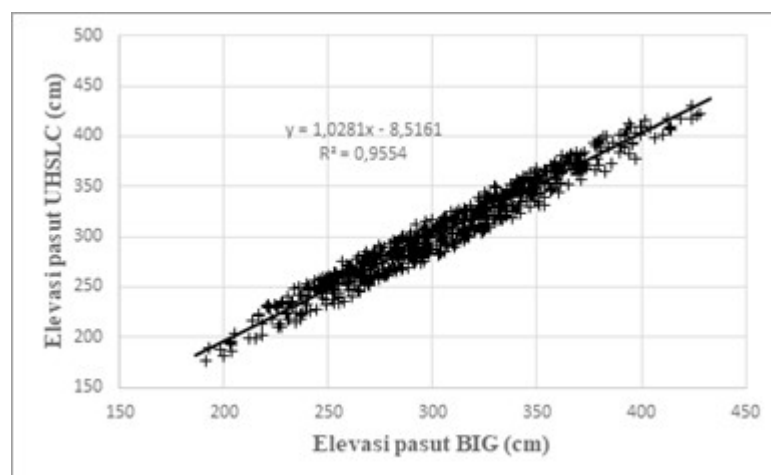
Berdasarkan gambaran sepanjang lima tahun, elevasi pasut terendah tampak dominan terjadi pada bulan akhir tahun sedangkan elevasi tertinggi dominan terjadi pada bulan awal tahun di stasiun Sadeng.

4.3.2. Penyimpangan Pasang Surut BIG dengan UHSLC Berdasarkan Elevasi

Dari analisis diperoleh nilai penyimpangan elevasi pasang surut tahun 2011-2015 sebesar 5,7748 % dengan selisih rata-rata elevasi langsung antara data BIG dengan UHSLC adalah sebesar 15,99 cm.

4.3.3. Koefisien Korelasi Langsung Berdasarkan Elevasi Pasang Surut

Analisis pasang surut menghasilkan nilai koefisien korelasi bulanan. Gambar berikut ini merupakan sampel satu bulan dari data peramalan pasut yang diperoleh pada *website* BIG dengan data *tide gauge* yang diperoleh dalam UHSLC.



Gambar 2. Koefisien korelasi elevasi April tahun 2011.

Diperoleh nilai koefisien korelasi rata-rata yang sangat kuat berdasarkan elevasi langsung periode lima tahun yaitu sebesar 0,9838.

4.4. Analisis Pasang Surut Berdasarkan Amplitudo Komponen Pasut

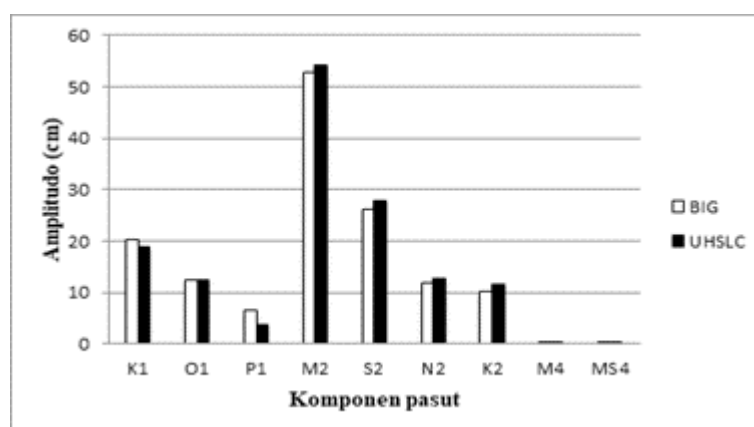
4.4.1. Amplitudo Komponen Pasut Berdasarkan Program ANFOR

Penggunaan program ANFOR yang dibuat dengan menggunakan teori fourier oleh Zakaria (2005) ini sebelumnya telah digunakan dalam penelitian Prasetyo (2016) pada analisis data pemodelan pasang surut stasiun Tanjung Priok untuk memperoleh nilai amplitudo 9 komponen pasang surut.

Data elevasi pasang surut dan 9 komponen utama pasut yang dimasukkan sebagai *input* dalam program ANFOR, dapat menghasilkan nilai amplitudo dari masing-masing data pasang surut BIG dan UHSLC.

4.4.2. Perbandingan Amplitudo Komponen Pasang Surut BIG dengan UHSLC

Perbandingan amplitudo dari BIG dan UHSLC dapat ditunjukkan pada gambar berikut ini yang ditampilkan pada sampel bulan April.



Gambar 3. Perbandingan amplitudo pasut April tahun 2011.

4.4.3. Penyimpangan Pasang Surut Berdasarkan Amplitudo Komponen Pasut

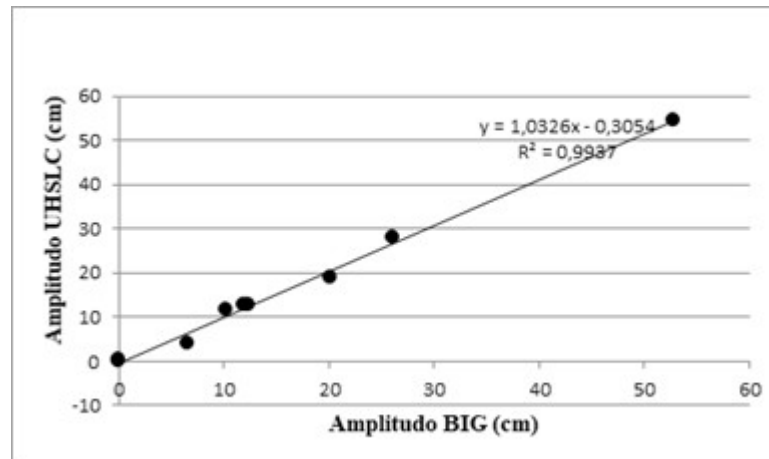
Setelah menganalisis hasil amplitudo komponen pasang surut, diperoleh penyimpangan komponen pasang surut antara BIG dengan UHSLC sebagai berikut:

Tabel 3. Tabel Hasil Penyimpangan Amplitudo Komponen Pasang Surut

Komponen	Selisih	% Error
K1	1,2792	7,8981
O1	0,3635	3,8318
P1	1,2111	23,2832
M2	0,8210	1,8287
S2	1,4094	6,0048
N2	0,5350	5,8659
K2	0,8386	15,7505
M4	0,2392	95,0682
MS4	0,2633	94,9316

4.4.4. Koefisien Korelasi Berdasarkan Amplitudo Komponen Pasang Surut

Amplitudo dari BIG dan UHSLC tersebut sebelumnya, dianalisis sehingga menghasilkan koefisien korelasi bulanan berikut yang ditampilkan pada sampel satu bulan.



Gambar 4. Koefisien korelasi amplitudo April tahun 2011.

Berdasarkan nilai koefisien dari data pasang surut lima tahun yang tersedia diperoleh nilai rata-ratanya sebesar 0,9977. Dari nilai koefisien korelasi tersebut menunjukkan bahwa data pemodelan pasang surut BIG dengan data *tide gauge* UHSLC memiliki korelasi yang sangat kuat. Sehingga dapat dinyatakan data hasil peramalan pasang surut yang diakses pada *website* BIG dapat menggambarkan keadaan sebenarnya yang ada di lapangan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan pengolahan data yang telah dilakukan, maka diperoleh simpulan tipe pasang surut yang terjadi pada stasiun Sadeng tergolong tipe pasang surut *Mixed Tide Prevailing Semidiurnal*. Nilai kesalahan relatif berdasarkan elevasi langsung data peramalan pasut BIG dengan data *tide gauge* UHSLC yaitu sebesar 5,7748 % dengan selisih elevasi rata-rata sebesar 15,99 cm. Nilai koefisien korelasi langsung berdasarkan elevasi bulanan diperoleh nilai rata-rata sebesar 0,9838 periode tahun 2011-2015. Sedangkan nilai kesalahan relatif yang bervariasi antara data pasang surut BIG dengan UHSLC sebagai berikut: K1 sebesar 7,8981 %, O1 sebesar 3,8318 %, P1 sebesar 23,2832 %, M2 sebesar 1,8287 %, S2 sebesar 6,0048 %, N2 sebesar 5,8659 %, K2 sebesar 15,7505 %, M4 sebesar 95,0682 % dan MS4 sebesar 94,9316 %. Dari analisa amplitudo data peramalan pasang surut BIG dengan data *tide gauge* UHSLC pada stasiun Sadeng dalam periode tahun 2011-2015, diperoleh nilai koefisien korelasi rata-rata sebesar 0,9977. Sehingga dapat dinyatakan terdapat korelasi yang sangat kuat antara keduanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Informasi Geospasial. 2015. *Prediksi Pasang Surut 2015 Zona B*. Badan Informasi Geospasial, Cibinong. 37 hlm.
- Bismo, S. 2015. *Seri Matematika Terapan Untuk S2, Modul 3: Regresi Linier Dengan Metode Kuadrat Terkecil*. TGP-FTUI, Jakarta. 23 hlm.
- Fitriana, D., Oktaviani, N., dan Khasanah, I. U. 2019. *Analisa Harmonik Pasang Surut Dengan Metode Admiralty Pada Stasiun Berjarak Kurang Dari 50 km*. Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Vol.6, No.1:38-48.

- Grue, J. dan Trulsen, K. 2006. *Waves in Geophysical Fluids: Tsunamis, Rogue Waves, Internal Waves and Internal Tides*. Springer Wien New York, Oslo. 332 hlm.
- Hanggara, I., Montarich, L., dan Sisinggih, D. 2015. *Analisa Peramalan Debit Sungai Menggunakan Metode Arima (Auto Regressive Integrated Moving Average) di Sungai Brantas Hulu*. Jurnal Teknik Pengairan. Vol.6, No.2:197-205.
- Hamuna, B., Sari, A.A., dan Alianto. 2018. *Kajian Kerentanan Wilayah Pesisir Ditinjau Dari Geomorfologi dan Elevasi Pesisir Kota dan Kabupaten Jayapura Provinsi Papua*. Jurnal Wilayah dan Lingkungan. Vol 6, No. 1:1-14.
- Hidayati, N. 2017. *Dinamika Pantai*. Universitas Brawijaya Press. Malang. 192 hlm.
- Ichsari, L. F., Handoyo, G., Setiyono, H., Ismanto, A., Marwoto, J., Yusuf, M., Rifai, A. 2020. *Studi Komparasi Hasil Pengolahan Pasang Surut Dengan Tiga Metode*. Jurnal Oseanografi. Vol 02, No 2.
- Khatimah, H., Jaya, I., dan Atmadipoera, A. S. 2016. *Pengembangan Perangkat Lunak Antar-Muka Instrumen Motiwali (Tide Gauge) Untuk Analisis Data Pasang Surut*. Jurnal Kelautan Nasional. Vol.11, No.2:97-104.
- Morozov, E. G. 2018. *Oceanic Internal Tides: Observations, Analysis and Modeling*. Springer, Russia. 304 hlm.
- Prarikeslan, W. 2016. *Oceanografi*. Kencana, Jakarta. 212 hlm.
- Prasetyo, A. A. 2016. *Analisa Kesalahan Pemodelan Data Pasang Surut Stasiun Tanjung Priok*. Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Putra, A. Y. N. 2017. *Pembuatan Co-Tidal Chart Perairan Laut Jawa*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Sadli, M., dan Safwandi. 2017. *Implementasi Sistem Cerdas Least Square Dalam Meramalkan Kebutuhan Stok Listrik Di Kota Lhokseumawe*. Jurnal Ecotipe. Vol 4, No 2.
- Salnuddin, Nurjaya, I. W., Jaya, I., Natin, N.M.N. 2015. *Variasi Amplitudo Konstituen Harmonik Pasang Surut Utama di Stasiun Bitung*. Jurnal Ilmu Kelautan UNDIP. Vol 20 (2):73-86.
- Simanjuntak, S. 2009. *Perencanaan Pelabuhan Ditinjau Dari Pasang Surut*. Universitas HKBP NOMMENSEN. Medan.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Alfabeta, Bandung. 458 hlm.
- Supriyadi, E., Siswanto, Pranowo, W.S., 2019. *Analisa Pasang Surut Di Perairan Pameungpeuk Belitung dan Sarmi Berdasarkan Metode Admiralty*. Jurnal Meteorologi dan Geofisika. Vol 19 No. 1:29-38
- Triatmodjo, B. 1999. *Perencanaan Pelabuhan*. Beta Offset, Yogyakarta. 490 hlm.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta. 397 hlm.
- Walpole, R.E. 2015. *Pengantar Statistika Edisi ke-3*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 516 hlm.
- Wyrtki, K., 1961. *Physical Oceanography of Southeast Asian Waters*. University of California, California. 195 hlm.
- Zakaria, A. 1997. *Kajian Awal Mengenai Kesalahan Peramalan Pasang Surut*. Tesis. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Zakaria, A. 1997. *Rekayasa Pantai dan Pelabuhan*. Fakultas Teknik Universitas Lampung, Bandar Lampung 105 hlm.
- Zakaria, A. 2014. *Manual ANFOR (Analysis Fourier) Program Periodik*. Bandar Lampung: Fakultas Teknik Universitas Lampung. 10 hlm.

