

**STUDI PERAMALAN PASANG SURUT DI PESISIR PANTAI PANCER
KECAMATAN PUGER, KABUPATEN JEMBER**

***STUDY ON TIDAL LEVEL FORECASTING FOR PANCER BEACH,
PUGER SUB-DISTRICT, JEMBER***

Nur Alif Ryanto¹⁾*, Retno Utami Agung Wiyono²⁾, dan Entin Hidayah³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember

²⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember

*Email: nuralifryanto@gmail.com

Registrasi: 5 Oktober 2021; Diterima setelah perbaikan: 28 Desember 2021

Disetujui terbit : 3 Januari 2022

ABSTRAK

Salah satu data yang dibutuhkan untuk perencanaan pengembangan fasilitas pendukung bangunan pantai yaitu data ramalan pasang surut dan informasi karakteristik kondisi pasang surut yang berguna untuk perencanaan pengelolaan kekayaan laut yang mendukung aktivitas masyarakat pesisir. Data pasang surut dalam perencanaan pengembangan bangunan pantai digunakan sebagai acuan penentuan elevasi tinggi lantai bangunan yang direncanakan agar tidak mempengaruhi bangunan pantai. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik tipe pasang surut menggunakan metode *Admiralty*, membaca kesesuaian data pasang surut dengan mencari nilai RMSE antara data observasi lapangan dengan peramalan menggunakan program *NAO Tide* dan Badan Informasi Geospasial (BIG) serta meramalkan pasang surut menggunakan program *NAO Tide* untuk mengetahui kedudukan elevasi muka air laut pada November 2019 sampai dengan Desember 2022 di Pesisir Pantai Pancer, Kecamatan Puger, Kabupaten Jember. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data koordinat lokasi penelitian dan data pengamatan pasang surut di lapangan selama 15 hari pada tanggal 03 Oktober - 17 Oktober 2019. Hasil penelitian menggunakan metode *Admiralty* menunjukkan karakteristik kondisi tipe pasang surut di Pesisir Pantai Pancer, Kecamatan Puger, Kabupaten Jember merupakan tipe pasang surut campuran condong harian ganda dengan nilai Formzahl 0,3 serta fluktuasi pasang surut MSL sebesar 143 cm, HHWL sebesar 278 cm dan LLWL sebesar 9 cm. Peramalan pasang surut menggunakan *NAO Tide* memperoleh nilai RMSE sebesar 11,55% sedangkan peramalan menggunakan BIG memperoleh nilai RMSE sebesar 12,64%. Berdasarkan peramalan pasang surut selama 3 tahun menggunakan program *NAO Tide* menunjukkan nilai HHWL tertinggi sebesar 305 cm pada bulan Februari 2021 dan LLWL terendah sebesar 4 cm pada bulan April 2020. Sedangkan hasil peramalan BIG menunjukkan nilai HHWL tertinggi sebesar 304 cm pada bulan November 2020 dan LLWL terendah sebesar 6 cm pada bulan Juli dan Agustus 2020.

Kata kunci : *Admiralty*, *NAO Tide*, Pantai Pancer, Pasang Surut, Peramalan.

ABSTRACT

In order to plan facilities and buildings in a coastal area, tidal characteristics, including tidal forecast, are necessary. Tidal data is used to determine the elevation of the building floor, so it is higher than the seawater level. This study was conducted by conducting tidal observation in Pancer Beach, Puger, Jember to obtain the tidal characteristics using the Admiralty method, tidal forecasting using the NAO Tide program, and Geospatial Information Agency (BIG) online service. The tidal observation was conducted for 15 days, from October 3rd until October 17th, 2019. The results showed that the tidal characteristics in Pancer Beach, Puger, Jember is mixed semidiurnal tide with 0,3 Formzahl number. The mean sea level was 143 cm, HHWL 278 cm, and LLWL 9 cm. RMSE between observation and NAO Tide was 11,55%, while RMSE was 12,64% using BIG service. Using the NAO Tide program for three years (November 2019 until November 2022), the tidal forecast results were HHWL value reached 305 cm in February 2021, and LLWL value reached 4 cm in April 2020. While using BIG service, HHWL reached 304 cm in November 2020, and LLWL reached 6 cm in July and August 2020.

Keywords: Admiralty, Forecasting, NAO Tide, Pancer Beach, Tidal.

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Jember adalah kabupaten yang terletak di Provinsi Jawa Timur dengan destinasi wisata yang menarik. Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Kabupaten Jember menyebutkan bahwa pada tahun 2012 tercatat sekitar 700.000 orang wisatawan asing dan lokal dan pada tahun 2017 tercatat jumlah wisatawan melonjak hingga 1,5 juta orang yang berkunjung ke destinasi wisata yang ada di Jember. Destinasi wisata alam merupakan salah satu bagian yang diminati oleh wisatawan asing maupun lokal. Objek wisata pantai memiliki daya tarik tersendiri bagi para wisatawan karena Kabupaten Jember memiliki panjang garis pantai sepanjang 170 km dengan pemandangan yang menarik di setiap pantainya. Pantai Pancer Puger merupakan salah satu pantai yang indah dengan pemandangan berupa gugusan

karang dan pasir hitam dengan tumbuhan pantai hijau serta pemandangan kapal nelayan lokal yang melintasi perairan tersebut.

Hampir setiap tahun terjadi kecelakaan akibat ombak yang tinggi di Plawangan, Pantai Pancer, Puger. Dalam kurun waktu dua bulan (Juni dan Juli 2018) terjadi empat kejadian kecelakaan perahu (Arta, 2018) di Pantai Pancer. Pada 16 Agustus 2019 terjadi kecelakaan beruntun lima perahu ketika air laut sedang surut (Kompas TV, 2019) sedangkan pada 23 Maret 2021 empat perahu hancur dan menyebabkan satu anak buah kapal hilang (Aliansyah, 2021). Terjadinya kecelakaan yang terus-menerus ini mengharuskan dilakukannya studi yang mendalam dan komprehensif mengenai kondisi perairan di Pantai Pancer Puger.

Pantai Pancer perlu pengembangan peningkatan

pembangunan fasilitas pendukung dan sarana bagi kehidupan seperti perencanaan pengelolaan kekayaan laut yang mendukung aktivitas masyarakat pesisir. Salah satunya fasilitas yang diperlukan ialah alur pelayaran yang aman sebagai pusat aktivitas para nelayan di daerah tersebut.

Informasi karakteristik kondisi pasang surut sangat dibutuhkan suatu perairan untuk mengetahui tinggi elevasi muka air untuk alur pelayaran dan kegiatan pembangunan bangunan pantai serta pengembangan daerah pesisir (Triatmodjo, 1999). Salah satu data yang diperlukan adalah data peramalan pasang surut beberapa tahun ke depan sebagai acuan untuk penentuan elevasi tinggi lantai bangunan yang direncanakan agar tidak mempengaruhi bangunan pantai. Pasang surut merupakan perubahan elevasi yang terjadi pada permukaan air laut secara berkala atau dalam waktu tertentu yang disebabkan oleh gaya gravitasi bulan dan matahari terhadap bumi. Benda langit lainnya diabaikan pengaruhnya karena jaraknya jauh dan ukurannya lebih kecil (Poerbandono dan Djunarsjah, 2005).

Berdasarkan latar belakang di atas dilakukan penelitian ilmiah mengenai peramalan pasang dan surut di pesisir Pantai Pancer, Kec. Puger, Kab. Jember. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi berupa data peramalan pasang surut untuk 3 tahun ke depan sebagai data dalam merencanakan pengembangan bangunan pantai di pesisir Pantai Pancer Puger yang berdampak pada

meningkatnya wisatawan asing maupun lokal di Pantai Pancer Puger. Karakteristik dan peramalan pasang surut diketahui dengan cara perhitungan nilai amplitudo serta keterlambatan fase yang merupakan komponen utama pasang surut untuk memperoleh data informasi tinggi muka air laut di masa mendatang pada lokasi tertentu. Karakteristik pasang surut dapat diketahui dengan metode admiralty dan meramalkan pasang surut menggunakan software NAO Tide untuk mengetahui kedudukan muka air laut diperairan (Guntara, 2017). Perbandingan dari 80 data pengukuran pasang surut yang dilakukan pada setiap pantai di Jepang menunjukkan kinerja model NAO Tide yang lebih baik di wilayah pesisir dibandingkan dengan model global lainnya (Matsumoto, 2000).

Peramalan pasang surut di pesisir Pantai Pancer berdasarkan data primer pasang surut yang diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan selama minimal 15 hari dengan interval pengukuran setiap 1 jam. Setelah data terkumpul, selanjutnya akan diolah menggunakan metode Admiralty dan peramalan pasang surut selama 3 tahun mendatang menggunakan program NAO Tide dan BIG untuk pesisir Pantai Pancer, Kec. Puger, Kab. Jember.

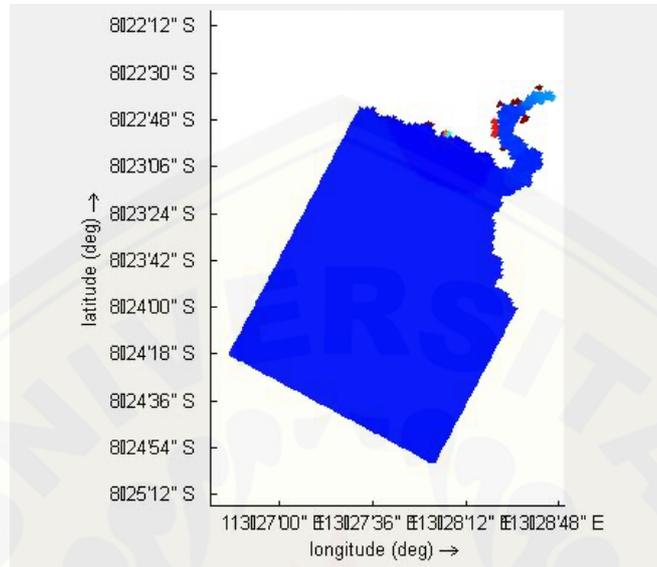
2. BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Lokasi Penelitian peramalan pasang surut air laut terletak pada koordinat 08,38446° S dan 113,47643° E di pesisir Pantai Pancer di Desa Puger

Kulon, Kecamatan Puger, Kabupaten Jember, Jawa Timur. Waktu penelitian dilakukan dengan pengamatan secara intensif selama 15 hari menggunakan

alat ukur palem pasut setiap interval waktu pengamatan 1 jam pada tanggal 3 Oktober sampai dengan 17 Oktober 2019.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Pesisir Pantai Pancer Kecamatan Puger, Kabupaten Jember (Maulana, 2019)

Prosedur Penelitian

Metode penelitian yang digunakan yaitu pemilihan deskriptif kuantitatif. Metode penelitian deskriptif kuantitatif merupakan metode perhitungan dan penjabaran hasil dari pengolahan data observasi. Pengamatan pasang surut didapatkan dari pembacaan secara manual tinggi muka air laut menggunakan palem pasut selama 15 hari. Satu siklus dalam pasang surut meliputi pasang purnama dan pasang perbani sudah termasuk pengamatan selama 15 hari (Triatmodjo, 1999). Data yang di dapat kemudian dihitung menggunakan metode Admiralty untuk mengetahui nilai-nilai konstituen pasang surut (S0, S2, M2, N2, K1, O1, M4, MS4, K2, P1 serta bilangan Formzahl). Nilai bilangan Formzahl digunakan

untuk mengetahui tipe karakteristik pasang surut pada lokasi penelitian dengan persamaan bilangan Formzahl:

$$F = (AO_1 + AK_1)/(AM_2 + AS_2)$$

Dengan, F = Bilangan Formzahl; AO_1 = Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama oleh gaya tarik bulan; AK_1 = Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama oleh gaya tarik matahari; AM_2 = Amplitudo komponen pasang surut ganda utama oleh gaya tarik bulan; AS_2 = Amplitudo komponen pasang surut ganda utama oleh gaya tarik matahari.

Setelah didapatkan komponen pasang surut yaitu amplitudo dan harga keterlambatan fase maka dapat dihitung

nilai MSL, LLWL dan HHWL dengan persamaan berikut:

1. MSL (Mean Sea Level) = A(S0)
2. Lowest Low Water (LLW) = A(S0) - {A(M2) + A(K1) + A(O1) + A(P1) + A(K2)}
3. Highest High Water (HHW) = A(S0) + {A(M2) + A(K1) + A(O1) + A(P1) + A(K2)}

Hasil perhitungan tersebut maupun posisi kordinat nantinya dijadikan sebagai inputan dari model peramalan pasang surut menggunakan metode NAO Tides dan BIG.

Penerapan model NAO Tide diusulkan untuk memprediksi pasang surut di beberapa titik yang berdekatan dengan titik pengamatan guna mengidentifikasi simulasi pasang surut di beberapa titik secara akurat sebagai model numerik yang di hasilkan dari NAO Tide (Chang, 2006). NAO Tide memodelkan pasang surut global yang di bangun dari perpaduan antara data altimeter satelit Topex/Poseidon dengan model hidrodinamik Persamaan yang dibangun dari pemodelan program NAO Tide sebagai berikut :

$$Z_t = Z_0 + \sum_1^n A_i \cos(2\pi / T_i - \theta_i)$$

Keterangan:

Z_t = Elevasi muka air pada saat t

Z_0 = Muka air rerata diukur dari datum (LWS)

A_i = Amplitudo masing masing konstituen harmonik

T_i = Periode masing-masing konstituen harmonik

θ_i = Selisih fase masing-masing konstituen harmonik

n = Jumlah komponen pasang surut

Badan Informasi Geospasial (BIG) merupakan salah satu lembaga pemerintah yang bergerak dalam bidang kegiatan survey dan pemetaan. BIG telah melakukan pembangunan stasiun pasang surut setiap zona di Indonesia secara permanen hingga perkembangan terbaru sampai 2015 telah terpasang 97 stasiun *real time* dan 20 stasiun asing (USA dan Jerman) yang digunakan untuk beberapa keperluan terkait survei dan pemetaan. Salah satu keperluan yaitu peramalan pasang surut yang disajikan BIG dalam situs <http://tides.big.go.id/> yang diharapkan berguna sebagai data penunjang prediksi pasang surut untuk keperluan pemanfaatan kekayaan laut dan untuk aktivitas-aktifitas lainnya masyarakat pesisir. Persamaan yang dibangun dari analisa pasang surut BIG sebagai berikut:

$$T(t) = Z_0 + \sum_{n=1}^M f_n H_n \cos[\sigma_n t - g_n + (v_n + u_n)]$$

Dengan, $T(t)$ = Tinggi muka air pada waktu t; Z_0 = Tinggi muka air rata-rata dari suatu datum yang ditentukan; n = Jumlah seri komponen pasang surut, mulai dari 1 hingga M, pembentuk superposisi yang hendak dihitung dalam analisa harmonik; f_n = Faktor koreksi nodal untuk komponen harmonik ke n,

yang besarnya tergantung pada parameter p dan n ; H_n = Amplitude rata-rata komponen harmonik selama satu periode nodal 18.6 tahun; σ_n = Kecepatan sudut dari gelombang komponen pasang surut; t = Waktu yang dinyatakan dalam GMT. Awal dari setiap hari dihitung dari waktu tengah malam GMT; V_n = Bagian dari fasa di Greenwich dari komponen pasang surut setimbang ke n pada waktu $t=0$ yang berubah secara tetap sebelum dikoreksi; u_n = Faktor koreksi phase dari variasi nodal yang besarnya bergantung pada posisi titik nodal dan variasi p dan n ; g_n = Keterlambatan fase antara gelombang harmonik ke- n terhadap kondisi setimbang di equilibrium Greenwich.

Hasil dari pemodelan berupa data elevasi pasang surut dalam bentuk deret waktu (*time series*) dari hasil elevasi muka air pasang surut terhadap MSL (*Mean Sea Level*) pada lokasi penelitian.

Verifikasi dilakukan menggunakan teknik analisis validasi silang atau *cross validation analysis* yaitu dengan membagi data training dan data testing secara berurutan terus-menerus dan memperhitungkan nilai root mean square error (RMSE) untuk setiap data sehingga mengetahui rata-rata eror masing-masing model (Wilks, 2006 dalam Syahputra, 2016). Nilai RMSE dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{pi} - Y_{mi})^2}{n}}$$

Keterangan:

Y_{pi} = Data pengamatan lapangan

Y_{mi} = Data pemodelan

n = Jumlah data

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengamatan Lapangan

Pengamatan pasang surut dilakukan pada satu stasiun pengamatan peramalan pasang surut terletak pada kordinat 08,38446° S dan 113,47643° E di pesisir Pantai Pancer di Desa Puger Kulon, Kecamatan Puger, Kabupaten Jember, Jawa Timur. Hasil pengamatan pasang surut di lapangan menggunakan alat ukur palem pasut selama 15 hari didapatkan data ketinggian maksimal fluktuasi air laut sebesar 260 cm dan ketinggian minimum fluktuasi air laut sebesar 50 cm. Hasil pengamatan di lapangan dapat dilihat pada Gambar 2.

Hasil Analisis Pasang Surut

Hasil analisa pasang surut yang didapatkan dengan metode admiralty menghasilkan nilai konstanta harmonik yaitu nilai amplitudo dan nilai keterlambatan fase antara lain adalah S0, M2, S2, N2, K1, O1, M4, MS4, K2, P1. Proses perhitungan metode Admiralty dihitung dari beberapa skema dengan bantuan tabel. Untuk waktu pengamatan yang tidak ditabelkan harus dilakukan pendekatan dan interpolasi. Hasil yang didapatkan yaitu nilai amplitudo (A) dan keterlambatan fase (g^0) pada lokasi penelitian di Pesisir Pantai Pancer Kecamatan Puger Kabupaten Jember terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai amplitudo (A) dan keterlambatan fase (g°) Pesisir Pantai Pancer Kecamatan Puger Kabupaten Jember

	So	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A cm	143	61	31	12	18	10	3	3	8	6
g°		292	302	27	229	332	158	184	302	229

Berdasarkan dari Tabel 1 pasang surut pada lokasi penelitian didominasi pengaruh pasut semidiurnal oleh gaya tarik bulan dengan nilai M2 sebesar 61 cm. Nilai amplitudo (S0) merupakan nilai muka air laut rerata (MSL) pesisir Pantai Pancer Kecamatan Puger Kabupaten Jember sebesar 143 cm.

Tipe Pasang Surut

Setiap daerah memiliki tipe pasang surut yang berbeda tipe pasang surut air laut juga dapat diidentifikasi berdasarkan dari perhitungan bilangan Formzahl (F) yang dihasilkan dari perbandingan antara amplitudo unsur – unsur pasut tunggal utama dengan amplitudo unsur – unsur pasut ganda utama. Berdasarkan Tabel 1 nilai F untuk lokasi penelitian pada Pesisir Pantai Pancer Kecamatan Puger Kabupaten Jember didapatkan:

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

$$F = \frac{18 + 10}{61 + 31}$$

$$F = 0,3$$

Hasil perhitungan nilai F (bilangan Formzahl) pada lokasi penelitian sebesar 0,3 termasuk dalam kondisi $0,25 < F < 1,5$ maka kondisi tipe pasang surut pada lokasi penelitian di Pesisir Pantai Pancer Kecamatan Puger Kabupaten Jember tersebut merupakan tipe pasang surut campuran condong harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*) dimana dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut akan tetapi memiliki tinggi dan periode yang berbeda. Kondisi tipe pasang surut tersebut serupa dengan hasil pengamatan yang dilakukan di Pantai Waru Doyong Kabupaten Banyuwangi nilai Formzahl sebesar 0,68 menunjukkan bahwa Perairan Banyuwangi memiliki tipe pasang surut campuran condong harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*) (Ghifari, 2017).

Tabel 2. Tipe Pasang Surut

Lokasi Penelitian	Nilai F	Tipe Pasang Surut
Pesisir Pantai Pancer Puger Jember	0,3	Campuran Harian Ganda

Hasil Analisis Fluktuasi Pasang Surut

Hasil komponen pasang surut dari lokasi penelitian selain untuk menentukan tipe pasang surut juga digunakan untuk memperhitungkan elevasi muka air laut meliputi mencari

nilai MSL (*Mean Sea Level*), LLWL (*Lowest Low Water Level*) dan HHWL (*Highest High Water Level*). Nilai fluktuasi pasang surut dapat dilihat pada Tabel 1.

1. MSL (*Mean Sea Level*)
 $MSL = S_0$
 $= 143 \text{ cm}$
2. LLWL (*Lowest Low Water Level*)
 $LLWL = AS_0 - A(M_2 + S_2 + K_1 + O_1 + P_1 + K_2)$
 $= 143 - (61+31+18+10+6+8)$
 $= 9 \text{ cm}$
3. HHWL (*Highest High Water Level*)
 $HHWL = AS_0 + A(M_2 + S_2 + K_1 + O_1 + P_1 + K_2)$
 $= 143 + (61+31+18+10+6+8)$
 $= 278 \text{ cm}$

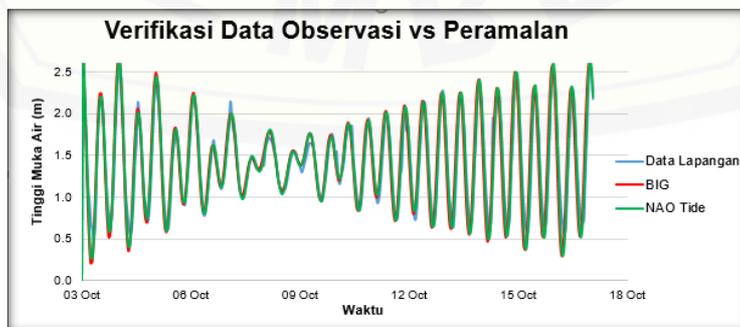
Tabel 3. Hasil Fluktuasi Pasang Surut

Lokasi Penelitian	MSL (cm)	LLWL (cm)	HHWL (cm)
Pesisir Pantai Pancer Puger Jember	143	9	278

Verifikasi

Verifikasi dilakukan dengan mencari nilai RMSE (Root Mean Square Error) guna mengetahui kesesuaian data elevasi muka air laut antara data observasi lapangan dengan data hasil peramalan menggunakan program NAO Tide dan BIG sesuai dengan tanggal

observasi selama 15 hari sehingga dari data verifikasi yang didapatkan dapat diterima dan dapat dilanjutkan untuk meramalkan pasang surut selama 3 tahun kedepan. Hasil grafik verifikasi antara data observasi lapangan dengan data peramalan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Verifikasi Data Lapangan dengan Data Peramalan

Hasil verifikasi peramalan dapat dilihat pada Gambar 2 model NAO Tide dengan data observasi diperoleh nilai *Root Mean Square Error (RMSE)* sebesar 11,55% sebagai nilai akurasi kesalahan sehingga didapatkan nilai kebenaran sebesar 88,45%. Sedangkan hasil verifikasi yang diperoleh dari peramalan pasang surut BIG dengan data observasi nilai RMSE sebesar 12,64% sehingga nilai kebenaran didapatkan sebesar 87,36%. Nilai *error* dalam suatu peramalan pasang surut maksimal sebesar 40% (Atmodjo, 2011 dalam Wicaksono, 2016) sehingga dalam hal tersebut kedua peramalan dapat digunakan.

Peramalan Pasang Surut

Hasil peramalan pasang surut menggunakan program NAO Tide dan BIG selama 3 tahun ke depan diperoleh nilai MSL (*Mean Sea Level*), LLWL (*Lowest Low Water Level*) dan HHWL (*Highest High Water Level*) pada setiap bulannya yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4 hasil peramalan program NAO Tide pada tahun 2020 pasang tertinggi (HHWL) terjadi di bulan Oktober dan November sebesar 304 cm sedangkan untuk surut terendah (LLWL) sebesar 4 cm terjadi di bulan April. Tahun 2021 pasang tertinggi (HHWL) sebesar 305 cm terjadi pada bulan Februari sedangkan surut terendah (LLWL) terjadi di bulan Juni sebesar 7 cm. Pada pergerakan

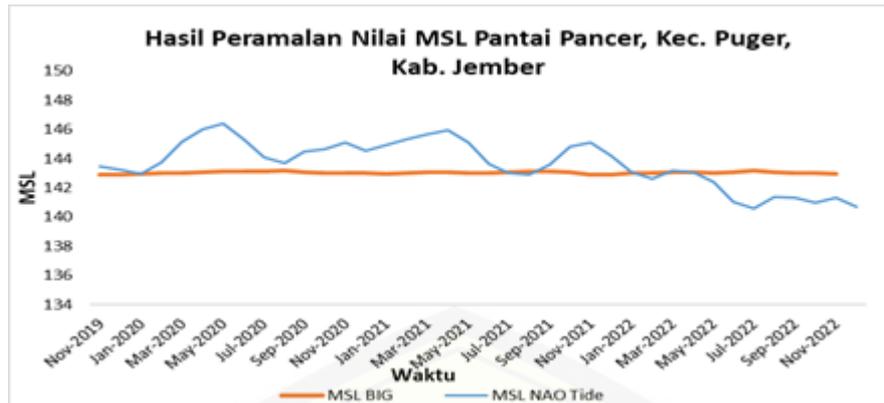
tahun selanjutnya yaitu tahun 2022 didapatkan pasang tertinggi sebesar 303 cm terjadi di bulan Agustus serta untuk surut terendah sebesar 8 cm terjadi pada bulan Maret.

Sedangkan berdasarkan Tabel 4 hasil peramalan BIG menunjukkan pada tahun 2020 pasang tertinggi (HHWL) terjadi di bulan November sebesar 304 cm sedangkan untuk surut terendah (LLWL) sebesar 6 cm terjadi di bulan Juli dan Agustus. Tahun 2021 pasang tertinggi (HHWL) sebesar 303 cm terjadi pada bulan Februari sedangkan surut terendah (LLWL) terjadi di bulan Juni sebesar 8 cm. Pada pergerakan tahun selanjutnya yaitu tahun 2022 didapatkan pasang tertinggi sebesar 302 cm terjadi di bulan November serta untuk surut terendah sebesar 10 cm terjadi pada bulan Januari dan Juli.

Hasil peramalan nilai MSL (*Mean Sea Level*) menggunakan program NAO Tide dan BIG selama 3 tahun terlihat pada Tabel 4 dengan nilai rata-rata total MSL yang didapatkan dari program NAO Tide sebesar 144 cm dengan rentang nilai tertinggi MSL mencapai 146 cm dan nilai terendah MSL sebesar 141 cm. Sedangkan untuk peramalan nilai MSL yang didapatkan dari BIG yaitu sebesar 143 cm selama 3 tahun terhitung dari November 2019 sampai dengan Desember 2022. Grafik hasil peramalan nilai MSL menggunakan NAO Tide dan BIG selama 3 tahun dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 4. Hasil Peramalan Menggunakan NAO Tide dan BIG Selama 3 Tahun

TAHUN	BULAN	ELEVASI (cm)					
		NAO Tide			BIG		
		MSL	HHWL	LLWL	MSL	HHWL	LLWL
2019	November	143	299	12	143	296	11
	Desember	143	299	13	143	299	13
2020	Januari	143	302	16	143	300	15
	Februari	144	300	12	143	299	13
	Maret	145	295	5	143	295	8
	April	146	296	4	143	293	7
	Mei	146	300	7	143	297	11
	Juni	145	299	8	143	296	10
	Juli	144	296	8	143	292	6
	Agustus	144	293	6	143	292	6
	September	144	298	9	143	297	11
	Oktober	145	304	15	143	301	15
	November	145	304	13	143	304	18
	Desember	145	298	9	143	299	13
2021	Januari	145	304	14	143	297	11
	Februari	145	305	15	143	303	17
	Maret	146	302	10	143	302	16
	April	146	301	9	143	298	12
	Mei	145	299	9	143	295	9
	Juni	144	295	7	143	294	8
	Juli	143	295	9	143	295	9
	Agustus	143	299	13	143	299	13
	September	144	297	10	143	297	11
	Oktober	145	301	11	143	297	11
	November	145	302	12	143	301	15
	Desember	144	301	13	143	299	13
2022	Januari	143	300	14	143	296	10
	Februari	143	295	10	143	299	13
	Maret	143	295	8	143	298	12
	April	143	301	15	143	300	14
	Mei	142	302	17	143	301	15
	Juni	141	291	9	143	297	11
	Juli	141	296	15	143	297	10
	Agustus	141	303	20	143	300	14
	September	141	296	13	143	299	13
	Oktober	141	297	15	143	299	13
	November	141	300	17	143	302	16
	Desember	141	299	17	143	301	15



Gambar 3. Grafik Hasil Peramalan MSL Pada Pantai Pancer, Kecamatan Puger, Kabupaten Jember

Menurut Anarki (2017) kenaikan muka air laut dapat terjadi karena dua faktor yaitu faktor global dan faktor lokal. Faktor global ialah meningkatnya suhu atmosfer yang mengakibatkan mencairnya kutub es di utara dan selatan sehingga massa air laut akan bertambah. Sedangkan salah satu faktor lokal yaitu pengambilan air tanah yang berlebihan sehingga terjadi penurunan muka tanah dan aktivitas tektonik seperti pergeseran lempeng bumi berupa gempa yang akan mempengaruhi pada stasiun pengamatan pasang surut.

Berdasarkan Gambar 3 perbedaan hasil peramalan MSL disebabkan oleh perbedaan metode peramalan yang digunakan dan juga faktor galat yang didapatkan dari masing-masing metode. Hasil peramalan dari kedua metode NAO Tide dan BIG dapat digunakan karena mendapatkan nilai *error* yang dapat diterima yaitu kurang dari 40%. Peramalan pasang surut yang didapatkan dari NAO Tide didukung dari persamaan yang dibangun dan data altimeter dari satelit Topex/Poseidon dengan model hidrodinamik. Sedangkan

peramalan yang didapatkan dari BIG selain didukung dengan data satelit Topex juga dari data pasang surut aktual pada stasiun pengamatan terdekat yang sudah terpasang sistem perekam pengamatan pasang surut sehingga menghasilkan data peramalan pasang surut pada lokasi penelitian.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi peramalan pasang surut di pesisir Pantai Pancer Kecamatan Puger, Kabupaten Jember dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Karakteristik tipe pasang surut pada lokasi penelitian di Pesisir Pantai Pancer Kecamatan Puger Kabupaten Jember merupakan tipe pasang surut campuran condong harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*) dengan nilai Formzahl 0,3. Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut akan tetapi memiliki tinggi serta periode yang berbeda.
2. Kesesuaian data atau verifikasi pasang surut antara data observasi lapangan dengan peramalan menggunakan program NAO Tide dan BIG di perairan pesisir Pantai Pancer,

Kec. Puger, Kab. Jember diperoleh nilai Root Mean Square Error (RMSE) peramalan program NAO Tide sebesar 11,55% sedangkan untuk nilai Root Mean Square Error (RMSE) peramalan BIG sebesar 12,64%.

3. Berdasarkan hasil peramalan pasang surut menggunakan program NAO Tide selama 3 tahun di pesisir Pantai Pancer, Kec. Puger, Kab. Jember, didapatkan nilai HHWL tertinggi pada tahun 2020 sebesar 304 cm terjadi di bulan Oktober dan November untuk LLWL terendah terjadi pada bulan April sebesar 4 cm. Pada tahun 2021 nilai HHWL tertinggi mencapai 305 cm yaitu terjadi pada bulan Februari dan LLWL terendah sebesar 7 cm terjadi pada bulan Juni. Pada Tahun selanjutnya tahun 2022 nilai HHWL tertinggi terjadi di bulan Agustus sebesar 303 cm serta untuk LLWL terendah terjadi di bulan Maret sebesar 8 cm. Sedangkan hasil peramalan BIG pada tahun 2020 pasang tertinggi (HHWL) terjadi di bulan November sebesar 304 cm untuk surut terendah (LLWL) sebesar 6 cm terjadi di bulan Juli dan Agustus. Tahun 2021 pasang tertinggi (HHWL) sebesar 303 cm terjadi pada bulan Februari untuk surut terendah (LLWL) terjadi di bulan Juni sebesar 8 cm. Pada pergerakan tahun selanjutnya yaitu tahun 2022 didapatkan pasang tertinggi sebesar 302 cm terjadi di bulan November serta surut terendah sebesar 10 cm terjadi pada bulan Januari dan Juli.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali M, Mihardja DK, Hadi S. 1994. Pasang Surut Laut. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Aliansyah MA. 2021. 4 Perahu Hancur Diterjang Ombak di Plawangan Puger Jember, 1 Nelayan Hilang. <https://www.merdeka.com/peristiwa/4-perahu-hancur-diterjang-ombak-di-plawangan-puger-jember-1-nelayan-hilang.html> (Diakses pada 28 Juni 2021)
- Anarki GF. 2017. Analisis Spasial Kerentanan Pesisir Terhadap Banjir Rob Akibat Kenaikan Muka Air Laut di Kawasan Pesisir Surabaya. *Skripsi*. Malang: Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.
- Arta J. 2018. Dalam 2 Bulan, 4 Kasus Kecelakaan Laut Terjadi di Plawangan Puger. <http://www.prosalinaradio.com/2018/07/23/dalam-2-bulan-4-kasus-kecelakaan-laut-terjadi-di-plawangan-puger/> (Diakses pada 28 Juni 2021)
- Badan Informasi Geospasial. 2015. *Prediksi Pasang Surut 2015 Zona B*. Bogor: Bidang Jaring Kontrol Gayaberat dan Pasang Surut.
- Chang HK, Lin LC. 2006. Multi-point tidal prediction using artificial neural network with tide-generating forces. Taiwan: National Chiao-Tung University. *Coastal Engineering*. 53:857-864.
- Djaja R. 1989. Cara Perhitungan Pasut Laut dengan Menggunakan Metode *Admiralty*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi (P₃O) LIPI, Jakarta.

- Efendi R, Handoyo G, Setiyono H. 2017. Peramalan Pasang Surut Di Sekitar Perairan Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Banyutowo, Kabupaten Pati, Jawa Tengah. *Jurnal Oseanografi*. 6(1):221-227.
- Ghifari HA, Prasetyawan BI, Admodjo W. 2017. Kajian Potensi Energi Pasang Surut Di Pantai Waru Doyong Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Oseanografi*. 6(3):456-466.
- Guntara O, Handoyo G, Marwoto J. 2017. Peramalan Pasang Surut di Pelabuhan Teluk Saleh Sumbawa. *Jurnal Oseanografi*. 6(4):616-624.
- Kompas TV. 2019. 5 Perahu Nelayan Tabrakan Beruntun di Pelawangan Pantai Pancer Puger. <https://www.youtube.com/watch?v=LeLQk2yTxRQ> (Diakses pada 28 Juni 2021)
- Lisnawati LA, Rochdaddi B, Ismunarti DH. 2013. Studi Tipe Pasang Surut di Pulau Parang Kepulauan Karimunjawa Jepara, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*. 2:61-67.
- Matsumoto K, Takanezawa T, Masutsugu O. 2000. Ocean Tide Models Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimeter Data into Hydrodynamical Model: A Global Model and a Regional Model around Japan. *Journal of Oceanography*. 56:567-581.
- Maulana AR, Wiyono RUA, Irawan JF, Pratama MB, Halik G, Widiarti WY. 2020. Numerical Simulation of Breakwater Layout in Puger Beach Jember Due to Tidal Wave. *IOP Conf. Ser.: Eart Environ. Sci*. 437-012026
- Ongkosongo OSR. 1989. *Asean- Australia Cooperative Program on marine science Project I : tides and tidal phenomena: Pasang surut*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Pusat Penelitian Dan Pengembangan Oseanologi. Jakarta
- Poerbandono, Djunarsjah. 2005. *Survei Hidrografi*. Bandung:Refika Aditama. Bandung.
- Pratama DA, Indrayanti E, Handoyo G. 2015. Peramalan Pasang Surut di Perairan Pelabuhan Kuala Stabas, Krui, Lampung Barat. *Jurnal Oseanografi*. 4(2):508-515.
- Rawi S. 1994. *Pengolahan Data Pasang Surut*. Kursus Intensif Oseanografi Bagi Perwira TNI AL. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Syahputra H, Nugraha BA. 2016. Analisis Perbandingan Akurasi Model Prediksi Pasang Surut Studi Kasus di Selat Larantuka, Flores Timur, Nusa Tenggara Timur. *Maspari Journal*. 8(2):119-126.
- Triatmodjo B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo B. 2011. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Wibowo SA. 2012. *Studi Erosi Pantai Batu Beriga Pulau Bangka*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Wicaksono PP, Handoyo G, Admodjo W. 2016. Analisis Peramalan Pasang Surut Dengan Metode Admiralty dan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) di Perairan Pantai Widuri Kabupaten Pemalang, *Jurnal Oseanografi*. 5(4):489-495.