KONSTANTA PASUT PERAIRAN LAUT DI SEKITAR KEPULAUAN SANGIHE

(Tidal Constant of Marine Waters Around The Sangihe Archipelago)

Sutrian A. Malo[1*], Gybert E. Mamuaya[1], Royke M. Rampengan[1]

1. Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

*e-mail : sutrianmorphology@gmail.com

The tidal constants are two parameters which are considered constant *i.e* the amplitude of some tidal components and the phase delay of the actual tide in the tide equilibrium. This research is focused on the question of how the constant amplitude of the tide that travels the sea around the Sangihe Archipelago and the accuracy of the data prediction obtained from a number of calculated constants. The purpose of this research that will be achieved is to describe the value of tide constant amplitude and to determine the accuracy of tide data prediction. The value of tidal constants obtained with the least squares calculation shows the amplitude and phase in each month (June, July, August) has a range between 0.5-1 cm. Based on the value of these constants, it is known that good prediction results are used as the data prediction accuracy is the constants of the measurement result of the tide within the period of one month.

Keywords **:** Sangihe archipelago, tide constant, tide prediction

Konstanta pasut merupakan dua parameter yang dianggap konstan, yakni amplitudo beberapa komponen pasut dan keterlambatan fase dari pasang sebenarnya dalam pasut setimbang. Penelitian ini difokuskan pada pertanyaan bagaimana keberadaan amplitudo konstanta pasut yang merambat di perairan laut sekitar Kepulauan Sangihe dan keakuratan data prediksi yang diperoleh dari sejumlah konstanta hasil perhitungan. Tujuan penelitian yang akan dicapai yaitu mendeskripsikan besaran nilai amplitudo konstanta pasut dan menentukan keakuratan data prediksi pasut. Nilai konstanta pasut yang diperoleh dengan perhitungan kuadrat terkecil menunjukkan amplitudo dan fase pada masing-masing bulan (Juni, Juli, Agustus) memiliki kisaran antara 0,5-1 cm. Berdasarkan nilai konstanta tersebut, diketahui bahwa hasil prediksi yang baik digunakan sebagai keakuratan data prediksi adalah konstanta hasil pengukuran pasut dalam kurun waktu satu bulan.

Kata Kunci **:** kepulauan Sangihe, konstanta pasut, prediksi pasut

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir dikenal sebagai peralihan antara darat dan laut merupakan kawasan yang sangat intensif dimanfaatkan dalam berbagai kepentingan manusia. Pemanfaatan tersebut berupa pemukiman penduduk, tempat rekreasi prasarana transportasi laut, pelabuhan laut dan bangunan pelindung pantai. Untuk dapat melakukan pengelolaan dan pemanfaatan wilayah pesisir yang efektif dan berkelanjutan, pemahaman memadai diperlukan tentang wilayah itu sendiri. Salah satunya adalah pemahaman tentang pasang surut (pasut), yang secara umum dikenal sebagai fenomena alam berupa penaikan dan penurunan permukaan laut secara periodik.

Ongkosongo (1989) mengungkap bahwa pemahaman dan pengetahuan pasut dapat memberikan informasi yang beraneka macam, baik untuk kepentingan ilmiah maupun pemanfaatan praktis secara luas.

Mengingat pemanfaatan wilayah pesisir memerlukan informasi pasut, maka suatu pengukuran, perhitungan dan analisis data diperlukan agar dapat ditentukan komponen harmonik dan tipe pasut yang merambat di suatu perairan laut. Menurut Rampengan (2011), komponen harmonik pasut merupakan konstanta-konstanta pasut yang diuraikan dari resultan gaya pembangkit atau penggerak terjadinya pasut.

Untuk memudahkan berbagai kegiatan yang direncanakan pada wilayah pesisir dan laut, Stasiun Meteorologi Maritim Bitung sesuai dengan tugasnya telah menyediakan data rekaman pasut, sehingga informasi tersebut dapat bermanfaat bagi kepentingan masyarakat maupun pemerintah dalam melakukan pengembangan pada wilayah pesisirnya, tetapi data pasut yang terhimpun dari alat ukur pasut masih dimafaatkan secara terbatas, sebagaimana ditunjukkan oleh kurangnya informasi mengenai sejumlah konstanta pasut yang bergerak di perairan laut sekitar Kepulauan Sangihe. Untuk itu penelitian ini dilfokuskan pada pertanyaan bagaimana keberadaan amplitudo konstanta pasut di perairan laut sekitar Kepulauan Sangihe, dan keakuratan data prediksi yang diperoleh dari sejumlah konstanta hasil perhitungan?.

Adapun tujuan yang ditetapkan dalam penelitian ini, yaitu menganalisis data pasut menggunakan perhitungan kuadrat terkecil, mendeskripsikan besaran nilai amplitudo konstanta pasut yang merambat di perairan laut sekitar Kepulauan Sangihe, dan menentukan keakuratan data prediksi berdasarkan jumlah konstanta hasil perhitungan.

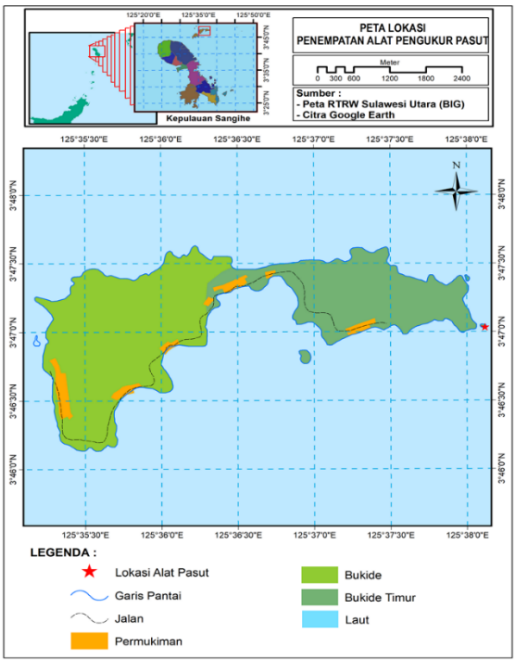
METODE PENELITIAN

Pengamatan pasut pada umumny dilakukan dengan menerapkan dua metode, baik secara langsung seperti pembaca skala palem pasut *(tide staff)* atau secara tidak langsung dengan menggunakan alat *tide gauge* dan satelit. Pengamatan pasut yang dilakukan dalam studi ini yaitu dengan menggunakan metode secara tidak langsung atau data rekaman pasut yang diperoleh dari instansi terkait, dalam hal ini konstanta pasut di perairan laut sekitar Kepulauan Sangihe ditentukan dan dideskripsikan berdasarkan analisis harmonik dalam perhitungan kuadrat terkecil, dimana data pasut yang dimanfaatkan sebagai penentuan nilai amplitudo konstanta pasut bersumber dari Stasiun Meteorologi Maritim Bitung.

Lokasi Pengamatan dan Sumber Data

Lokasi pengamatan pasut dalam penelitian ini berada pada posisi geografis 03^{o} 46’ 00’’– 03^{o} 47’ 40’’ LU dan 125^{o} 35’ 10’’– 125^{o} 38’ 10’’ BT. Kedudukan kawasan ini dapat dilihat pada Gambar 1 sekaligus dengan posisi alat ukur pasut yang dilokasikan pada perairan pantai Pulau Bukide, Kepulauan Sangihe.

Selain data rekaman pasut, studi yang dilakukan difasilitasi oleh bahan dan peralatan lain, selengkapnya bahan dan peralatan tersebut diperlihatkan dalam Tabel 1.



Gambar 1. Lokasi penempatan alat pengukur pasut (lokasi pengamatan).

Tabel 1. Bahan dan peralatan.

No	Bahan dan Alat	Kegunaan
1	Data rekaman pasut bulan Juni, Juli dan Agustus tahun 2016	Diolah untuk menentukan konstanta pasut.
2	Citra Google Earth dan Peta RTRW	Sebagai peta dasar.
3	Laptop (Acer ES 14), dan Perangkat Lunak (Sarver 11, Canvas 9, MS. Word dan Excel)	Mengolah kata, data, grafik, serta membuat peta.
4	Flash disk 16 GB (TOSHIBA)	Penyimpanan data.
5	Printer (Canon IP 2770)	Mencetak hasil kerja.

Langkah awal yang dikerjakan dalam pengolahan dan analisis data pasut yaitu dengan mengubah terlebih dahulu satuan data pasut dari milimeter (mm) menjadi sentimeter (cm), selanjutnya diikuti dengan mengubah interval waktu pengukuran ke dalam bentuk 1 jam pengamatan. Menurut Soeroso (1989), jika terdapat data yang kosong atau pencatatan data yang tidak benar, maka nilainya harus dijumlahkan dengan beberapa jam dari hari yang sama, atau beberapa hari dari jam yang sama tiap hari, atau beberapa hari dengan selang waktu 25 jam.

Untuk parameter pasut yang diamati dalam penelitian ini, yaitu terdiri dari 9 konstanta pasut (M_2, S_2, K_2, N_2, K_1, O_1, P_1, M_4 dan MS_4), dua diantaranya termasuk dalam konstanta pasut perairan dangkal *(shallow water)*. Menurut Weinsterink (1989), konstanta pasut perairan dangkal akan meningkat pengaruhnya pada daerah pantai, sehingga perlu diikutsertakan dalam perhitungan agar dapat mempresentasikan keadaan perairan laut secara akurat. Tabel berikut ini memperlihatkan sembilan konstanta pasut yang akan diketahui nilai amplitudonya sesuai kecepatan sudut dari masing-masing konstanta pasut.

Tabel 2. Sembilan konstanta pasut.

Konstanta pasut	der/jam
Tengah harian	
Principal Lunar (M2)	289,841
Principal Solar (S2)	300,000
Larger Lunar Elliptic (N2)	284,397
Luni Solar (K2)	300,821
Harian	
Luni Solar (K1)	150,411
Principal Lunar (O1)	139,430
Principal Solar (P1)	149,589
Perairan dangkal	
M4 (2x kecepatan sudut M_2)	579,682
MS4 (interaksi M_2 dan S_2)	589,841

Menurut Supriyono *et al.,* (2015) dalam menganalisis data pasut menggunakan hitungan kuadrat terkecil, amplitudo dan fase dari persamaan harmonik pasut dihitung berdasarkan data pengukuran terhadap kedudukan muka laut dalam jangka waktu tertentu menggunakan komponen pasut yang diketahui frekuensinya. Menurut Mihardja dan Setiadi (1989), komponen pasut yang ditimbulkan oleh faktor astronomis bersifat periodik, sedangkan gangguan faktor meteorologi bersifat musiman. Namun jika tanpa memperhatikan faktor meteorologi, elevasi pasut merupakan penjumlahan dari komponen yang dapat dinyatakan dengan persamaan seperti berikut :

$$\eta(t) = Z_0 + ZZ_0 + \sum_{i=1}^{n} A_i \cos(\omega_i t - P_i)$$

Keterangan :

$\eta(t)$ = Elevasi pasut dari fungsi waktu
A_i = Amplitudo komponen ke-i
ω_i = 2π/Ti (kecepatan sudut)
Ti = Periode komponen ke-i
P_i = Fase komponen ke-i
Z_0 = Duduk tengah muka laut (MSL)
ZZ_0 = Perubahan duduk tengah muka laut yang disebabkan oleh faktor meteorologi
t = Waktu
n = Jumlah komponen

Dengan mengabaikan suku yang dipengaruhi oleh faktor meteorologi, persamaan sebelumnya dapat ditulis kembali dalam bentuk seperti berikut :

$$\eta(t_n) = Z_0 + \sum_{r=1}^{k} A_i \cos \omega_i t_n + \sum_{r=1}^{k} B_i (\sin \omega_i t_n)$$

Keterangan :

($A_i \cos \omega_i = A_r$, dan $B_i \sin \omega_i = B_r$)

k = Jumlah komponen pasut
t_n = Waktu pengamatan tiap jam (t_n = -n, n+1, ., 0... n – 1, n; t_n = 0)
0 = Waktu tengah pengamatan.

Untuk nilai amplitudo konstanta pasut dapat diketahui nilainya dengan menggunakan persamaan seperti berikut :

$$A_i \cos P_i = Ar^2, \text{ dan } A_i \sin P_i = Br$$

$$A_r{}^2 + B_r{}^2 = A_i{}^2 \cos^2(p_i) + A_i{}^2 \sin^2(P_i)$$

$$A_r{}^2 + B_r{}^2 = A_i{}^2 (\cos^2(P_i) + \sin^2(P_i))$$

$$A_r{}^2 + B_r{}^2 = A_i{}^2$$

$$A_i = \sqrt{Ar^2 + Br^2}$$

sementara nilai fase konstanta pasut dapat diketahui nilainya dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$A_i \cos P_i = Ar^2, \text{dan } A_i \sin P_i = Br$$

$$\frac{B_r}{A_r} = \frac{A_i \sin(p_i)}{A_i \cos(p_i)}$$

$$\tan p_r = \frac{Br_i}{Ar_i}$$

$$P_i = \tan^{-1} \frac{B_r}{A_r}$$

Setelah nilai amplitudo dan fase konstanta pasut diperoleh, selanjutnya dilakukan pemodelan prediksi pasut dengan menggunakan persamaan seperti yang dikemukakan oleh Ulum dan Khomsin (2013) seperti berikut :

$$\eta(t) = Z_0 + \sum_{j=1}^{n} A_i F_i \cos(\omega_j t - P_j + X_i)$$

Keterangan :

Fi = Koreksi amplitudo dari Konstanta pasut ke-*i*
Xi = Argumen astronomi konstanta pasut ke-*i*
Ai = Amplitudo komponen ke-*i*
ω_i = Kecepatan sudut
Pi = Fase komponen ke-*i*
Z_0 = Duduk tengah permukaan laut
t = Waktu
n = Jumlah komponen

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konstanta Harmonik Pasut

Sesuai data rekaman pasut dibulan Juni, Juli dan Agustus 2016, konstanta pasut yang diperhitungkan amplitudo dan fase pada bulan-bulan yang dimaksud nilainya berbeda-beda, nilai-nilai tersebut seperti yang diperlihatkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 3. Nilai amplitudo (Ai) dan fase (Pi) yang diperoleh dari hasil hitungan.

Amplitudo dan fase		Bulan		
		Juni	Juli	Agustus
Zo		130,00	130,00	130,00
M_2	Ai	53,89	54,02	54,15
	Pi	13,73	12,69	11,60
S_2	Ai	41,24	40,21	38,76
	Pi	154,64	156,03	156,70
N_2	Ai	16,61	16,72	16,79
	Pi	326,14	328,85	331,83
K_2	Ai	14,14	13,56	14,29
	Pi	308,47	315,07	321,36
K_1	Ai	20,19	20,79	20,60
	Pi	260,69	258,29	256,04
O_1	Ai	15,58	15,52	15,48
	Pi	148,12	148,33	148,60
P_1	Ai	7,54	7,29	6,56
	Pi	296,86	303,58	306,20
M_4	Ai	1,00	1,00	1,01
	Pi	96,25	93,85	92,20
MS_4	Ai	0,04	0,04	0,04
	Pi	246,16	165,05	104,69

sementara nilai Z_0 yang menunjukkan duduk tengah permukaan laut pada tabel tersebut memperoleh hasil dengan nilai yang sama, yaitu sebesar 130,00 cm pada masing-masing bulan.

Dapat dilihat juga bahwa komponen ganda yang terdiri dari konstanta pasut M_2 (bulan utama), S_2 (matahari utama), N_2 (elips bulan baru), dan K_2 (bulan-matahari) menunjukkan nilai amplitudo yang bervariasi di antara bulan Juni, Juli dan Agustus. Untuk nilai amplitudo pada bulan-bulan dimaksud, konstanta pasut M_2 bervariasi dari 53,89 cm – 54,02 cm, dan konstanta pasut S_2 bervariasi dari 38,76 cm – 41,24 cm, sedangkan konstanta pasut N_2 nampak dengan nilai rata-rata 16 cm pada masing-masing bulan, dan konstanta pasut K_2 bervariasi dengan nilai amplitudo 13,56 cm – 14,29 cm. Dari ke empat komponen ganda tersebut, nampaknya komponen bulan utama (M_2) gayanya dikenal relatif besar, sedangkan kontribusi nilai yang relatif kecil nampak dibulan Juli serta sebanding dengan komponen bulan – matahari (K_2) untuk fenomena pasut yang merambat di perairan laut sekitar Kepulauan Sangihe selama bulan Juni, Juli dan Agustus 2016.

Seperti halnya komponen ganda pada konstanta pasut N_2, komponen tunggal dan periode panjang juga menampakkan nilai amplitudo yang sama jika dirata-ratakan dari masing-masing bulan. Sebagai komponen tunggal yang gayanya relatif besar, konstanta pasut K_1 beramplitudo dengan nilai rata-rata 20,77 cm, sedangkan konstanta pasut O_1 dan P_1 beramplitudo dengan nilai rata-rata 15,22 cm dan 7,13 cm, sementara konstanta pasut perairan dangkal berupa M_4 beramplitudo dengan nilai rata-rata 1,00 cm, dan konstanta pasut Ms_4 beramplitudo dengan nilai rata-rata 0,04 cm. Untuk kedua konstanta pasut tersebut, nilai yang terhitung tidak lebih dari 1 cm, akan tetapi berkontribusi di bawah rata-rata atau sama dengan 1 cm.

Tipe pasut

Berdasarkan komponen utama, tipe pasut di perairan laut sekitar Kepulauan Sangihe dapat ditentukan dengan indeks bilangan *formzahl* (F) yang merupakan penjumlahan antara nilai amplitudo komponen ganda utama (M_2 dan S_2) dengan nilai amplitudo komponen tunggal utama (K_1 dan O_1). Sesuai hasil penjumlahan dari kedua komponen yang nilainya dirata-ratakan dari masing-masing bulan, perairan laut sekitar Kepulauan Sangihe memperoleh bilangan *formzahl* dengan nilai 0,38.

Berdasarkan bilangan *formzahl* tersebut perairan laut sekitar Kepulauan Sangihe tergolong dalam tipe pasut harian ganda campuran, tetapi nilai yang dominan yaitu $0,25 \leq F < 1,50$. Untuk memastikan hasil perhitungan, maka bilangan *formzahl* yang diperoleh akan diperhadapkan dengan bilangan *formzahl* hasil prediksi PUSHIDROS khususnya dibulan yang sama dan sekitar lokasi yang terdentifikasi, pada Tabel 4 teramati bahwa komponen tunggal utama terwakili dari oleh konstanta harmonik K_1 dan O_1, sedangkan komponen ganda utama terwakili dari konstanta harmonik M_2 dan S_2. Untuk nilai yang diperoleh dari komponen utama hasil prediksi PUSHIDROS berturut-turut yaitu 0,16, 0,18, 0,56 dan 0,58 meter.

Tabel 4. Komponen utama hasil perhitungan dan prediksi PUSHIDROS.

Komponen utama bulan Juni, Juli dan Agustus 2016		Nilai rata-rata amplitudo bulanan	
		Hitungan (P.Bukide)	Prediksi Pelabuhan Tahuna)
Tunggal	K_1	20,71 cm	0,16 m
	O_1	15,54 cm	0,18 m
Ganda	M_2	54,02 cm	0,56 m
	S_2	40,07 cm	0,58 m
F	$\frac{K_1+O_1}{M_2+S_2}$	0,38	0,30

Sementara nilai yang diperoleh dari data rekaman pasut hasil perhitungan berturut-turut 20,71, 15,54, 54,02 dan 40,07 pada konstanta K_1, O_1, M_2 dan S_2. Begitu juga dengan bilangan *formzahl* dari perbandingan kedua komponen utama, nilai yang nampak cukup berbeda, berdasarkan data pengukuran nilai yang diperoleh 0,38, dan hasil prediksi PUSHIDROS bilangan *formzahl*-nya menunjukkan nilai 0,30. Meskipun bilangan *formzahl* dan nilai komponen utama pasut berbeda-beda sesuai hasil perhitungan, tetapi nilai tersebut masih tergolong dalam tipe pasut yang condong ke harian ganda campuran.

Prediksi Pasut

Prediksi pasut dapat dilakukan setelah mendapatkan nilai amplitudo dan fase konstanta pasut dari suatu rangkaian data yang diperoleh dari dari instansi terkait maupun pengukuran pasut yang secara langsung dilakukan pada perairan pantai. Prediksi pasut dalam studi ini dilakukan dengan membandingkan keakuratan data prediksi yang diperoleh dari sejumlah konstanta pasut. Dalam hal ini, jumlah konstanta pasut yang terpakai untuk memprediksi pasut dibulan Juli dan Agustus adalah hasil analisis data pengukuran pasut dibulan Juni serta gabungan data antara bulan Juni dan Juli.

Dengan analisis harmonik dalam perhitungan kuadrat terkecil maka dapat diketahui seberapa banyak data hasil prediksi yang mendekati data pengukuran, seperti yang diungkapkan oleh Ulum dan Khomsin (2013), bahwa hasil prediksi yang dikatakan baik apabila nilainya dapat mendekati data pengukuran pasut. Untuk itu jumlah konstanta pasut yang digunakan dalam memprediksikan pasut dapat dilihat pada Tabel 5, dimana nilai amplitudo yang didapatkan dari masing-masing bulan pada tabel tersebut merupakan hasil dari akar pangkat dua ($\sqrt{\ }$) parameter *A*r yang kemudian ditambah-

Tabel 5. Nilai konstanta yang digunakan dalam penentuan hasil prediksi pasut.

Simbol	Nilai amplitudo dan fase dari hasil pengukuran			
	Juni		Juni dan Juli	
	Ai (cm)	Pi (cm)	Ai (cm)	Pi (cm)
Z_0	130,00		130,00	
M_2	53,89	13,73	53,93	13,17
S_2	41,24	154,64	40,83	155,74
N_2	16,61	326,14	16,68	327,53
K_2	14,14	308,47	13,70	311,96
K_1	20,91	260,69	20,96	259,48
O_1	15,58	148,12	15,53	148,23
P_1	7,54	296,86	7,53	300,32
M_4	1,00	96,25	0,99	94,98
Ms_4	0,04	246,16	0,03	203,78

kan dengan akar pangkat dua ($\sqrt{\ }$) parameter *B*r, sedangkan nilai fase dari masing-masing konstanta diketahui hasilnya berdasarkan pembagian antar jumlah parameter *A*r dan *B*r dengan sudut 360^o.

Hasil prediksi yang diperoleh dari sejumlah konstanta pada bulan-bulan yang dimaksud, selanjutnya disajikan ke dalam bentuk tabel (Tabel 6) dengan ketentuan data prediksi bulan Agustus diperoleh berdasarkan konstanta Juni-Juli, dan data prediksi bulan Juli-Agustus ditentukan dari konstanta Juni.

Tabel 6. Beda antara hasil pengukuran dan hasil prediksi.

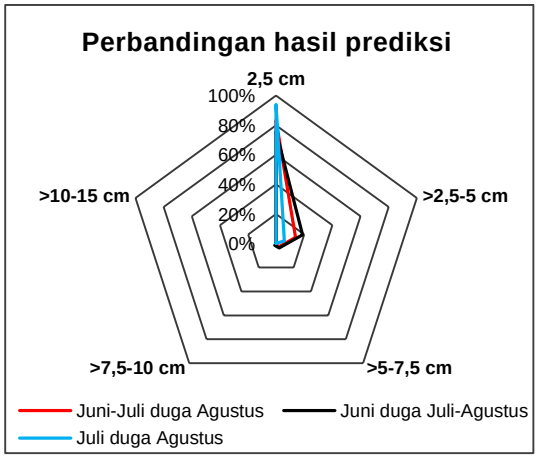
Nilai konstanta dari pengukuran	Nilai prediksi lebih besar dan kecil dari hasil pengukuran serta rata-rata	
	Jun **>** Jul-Agust	Jun-Jul **>** Agust
- Nilai terbesar prediksi lebih besar	8,84	5,79
- Nilai terbesar prediksi lebih kecil	-10,46	-7,05
- Nilai rata-rata beda	1,81	1,59

Keterangan : **>** = Prediksi

Sesuai tabel tersebut maka teramati nilai terbesar hasil prediksi yang lebih besar dari hasil pengukuran pada bulan Juli-Agustus adalah 8,84, sedangkan nilai terbesar hasil prediksi yang lebih kecil dari hasil pengukuran adalah -10,46, dan nilai rata-rata beda antara hasil prediksi dan hasil pengikuran dibulan tersebut 1,81. Namun bila dibandingkan dengan hasil prediksi dibulan Agustus, rata-rata nilai yang mendominasi ukuran paling besar secara keseluruhan pada tabel ditunjukkan dari hasil prediksi Juli-Agustus.

Banyaknya data hasil prediksi yang berbeda antara bulan Juli-Agustus dan Agustus ditentukan berdasarkan beda pada masing-masing bulan, seperti yang diperlihatkan pada hasil prediksi dengan beda tertinggi 2,5 cm dibulan Juni-Agustus, beda tertinggi dibulan tersebut mendapatkan hasil sebanyak 620 data, dan pada prediksi yang beda tertinggi >2,5 sampai 5 cm mendapatkan hasil sebanyak 281 data dibulan Juli-Agustus, sementara dibulan Agustus beda tertinggi tersebut mendapatkan hasil sebanyak 102 data, sedangkan beda tertinggi >5 sampai 7,5 cm bulan Juli-Agustus memperoleh data sebanyak 55, dan 22 data dari hasil prediksi Agustus. Demikian pada beda tertinggi >7,5 sampai 10 cm dan >10 cm sampai dengan 15 cm, data yang diperoleh berturut-turut hanya nampak pada hasil prediksi dibulan Juli-Agustus, yaitu sebanyak 22 dan 1 data.

Banyaknya data hasil prediksi yang beda tertinggi pada masing-masing bulan selanjutnya dibagi dengan jumlah data yang hasilnya kemudian dikalikan dengan nilai 100 (seratus) untuk memperoleh total persen (%) data prediksi yang terkumpul baik dari penduga dengan data satu bulan maupun penduga dengan data dua bulan. Keseluruhan hasil prediksi yang terkumpul dari masing-masing bulan penduga menunjukkan nilai rata-rata beda terbanyak didapat dari bulan Juni.



Gambar 2. perbandingan hasil prediksi yang diperoleh dari konstanta bulanan.

Apabila beda tertinggi dari kedua hasil prediksi sebelumnya dibandingkan dengan hasil prediksi satu bulan menggunakan konstanta satu bulan (Juli duga Agustus), maka beda tertinggi yang berbeda paling banyak terwakili dari kedua hasil prediksi tersebut, sedangkan hasil prediksi yang menggunakan konstanta satu bulan memprediksi satu bulan hanya diperoleh pada beda tertinggi 25 cm sampai dengan 5 cm.

Untuk mengetahui tingkat keakuratan prediksi pasut dibulan Agustus, disertakan juga hasil prediksi berdasarkan konstanta hasil pengukuran dan prediksi. Dalam hal ini, konstanta hasil pengukuran diperoleh dari bulan Juni, dan konstanta hasil prediksi diperoleh pada bulan Juli.

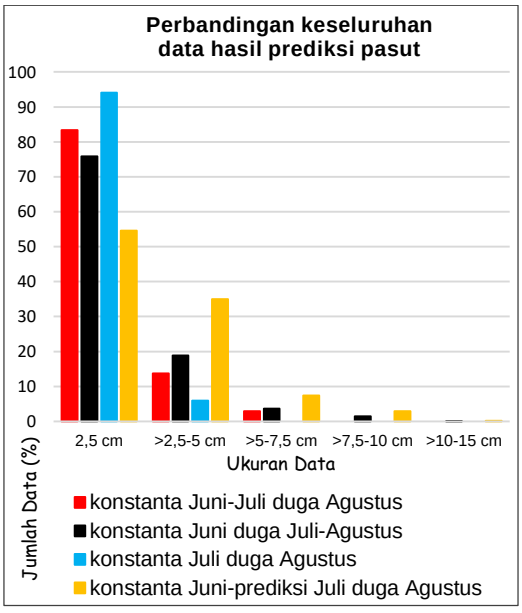
Tabel 7. Hasil prediksi diperoleh dari konstanta Juni dan prediksi Juli.

No	Hasil prediksi bulan Agustus	Total
1.	Nilai terbesar, lebih besar dari hasil pengukuran	8,84
2.	Nilai terbesar, lebih kecil dari hasil pengukuran	-10,45
3.	Nilai rata-rata beda hasil prediksi dan pengukuran	2,61

		Total (%)
Beda tertinggi 2,5 cm	406	54,57
Beda tertinggi > 2,5 - 5 cm	260	34,95
Beda tertinggi >5 - 7,5 cm	55	7,39
Beda tertinggi >7,5 - 10 cm	22	2,96
Beda tertinggi >10 - 15 cm	1	0,13
Jumlah data / persen data	744	100

Nilai terbesar hasil prediksi yang lebih besar maupun lebih kecil dari hasil pengukuran, dan rata-rata beda antara hasil prediksi dan pengukuran yaitu 8,84, -10,45 dan 2,61, sedangkan banyaknya data hasil prediksi yang beda tertinggi dengan hasil pengukuran antara 2,5 sampai 7,5 cm, dan >7,5 sampai 15 cm berturut-turut terdapat 721 data dan 23 data dari 744 data (keseluruhan data).

Berdasarkan keseluruhan hasil prediksi yang ditentukan dari masing-masing jumlah konstanta pada bulan-bulan yang dikaji, hasil prediksi yang mendominasi beda tertinggi 2,5 cm lebih banyak dihasilkan dari konstanta Juli, sementara yang lebih sedikit pada beda tertinggi 2,5 cm dihasilkan dari konstanta Juni dan prediksi Juli, namun sebaliknya pada beda tertinggi >2,5 – 5 cm, konstanta Juni dan prediksi Juli lebih banyak dibandingkan konstanta Juli, sedangkan pada beda tertinggi >5 – 7,5 cm lebih banyak dihasilkan dari konstanta Juni dan prediksi Juli, sementara konstanta Juli pada beda tertinggi tersebut tidak menampakkan hasil yang seiring dengan beda tertinggi > 7,5 – 10 cm dan >10 – 15 cm pada grafik berikut.



Gambar 3. Keseluruhan hasil prediksi yang diperoleh dari masing-masing konstanta bulanan.

Keseluruhan hasil prediksi yang diperoleh dari masing-masing konstanta menunjukkan pengukuran pasut yang baik digunakan dalam menentukan keakuratan data prediksi terwakili dari konstanta pasut satu bulan, yang pada grafik (Gambar 2) terdapat pada Juli duga Agustus, sedangkan konstanta dua bulan yang diperoleh dari Juni–Juli, dan konstanta Juni–prediksi Juli, hasilnya tidak seakurat konstanta satu bulan, hal ini dikarenakan banyaknya data yang berbeda antara hasil pengukuran dan hasil prediksi yang sebanding dengan konstanta Juni menduga Juli–Agustus.

KESIMPULAN

Berdasarkan data pasut yang terekam dibulan Juni, Juli dan Agustus, yang kemudian dianalisis menggunakan perhitungan kuadrat terkecil, konstanta pasut di perairan laut sekitar Kepulauan Sangihe memperoleh nilai amplitudo yang berbeda-beda, sehingga dalam penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Konstanta pasut M_2 beramplitudo dengan kisaran 53,89 – 54,15 cm, konstanta pasut S_2, K_2, dan P_1 beramplitudo dengan kisaran 38,76 – 41,24 cm, 13,56 – 14,29 cm, dan 6,56 – 7,54 cm, sedangkan konstanta pasut N_2, K_1, dan O_1 beramplitudo dengan nilai yang relatif sama yaitu sebesar 16 cm, 20 cm, dan 15 cm pada masing-masing bulan, dan konstanta pasut perairan dangkal M_4 dan MS_4 beramplitudo dengan nilai rata-rata 1,00 cm dan 0,04 cm dimasing-masing bulan.
2. Bilangan *formzahl* dibulan Juni, Juli dan Agustus yaitu sebesar 0,38, 0,39 dan 0,39, dengan bilangan tersebut diketahui bahwa pasut di perairan sekitar Kepulauan Sangihe tergolong dalam tipe yang condong ke harian ganda campuran, dengan nilai duduk muka laut (Z_0) yang diperoleh dari hasil perhitungan nampak sebesar 130,00 cm pada masing-masing bulan.

3. Konstanta yang baik digunakan sebagai keakuratan data prediksi dapat diperoleh dari data pengukuran pasut dalam kurun waktu satu bulan, dengan hipotesis konstanta Juni menduga Juli–Agustus, dan konstanta Juni–Juli menduga Agustus, serta konstanta Juni dan prediksi Juli menduga Agustus akan lebih buruk dibanding konstanta Juli menduga Agustus.

DAFTAR PUSTAKA

Mihardja, D. K., Setiadi, R. 1989. *Analisis Pasang-Surut di Daerah Cilacap dan Surabaya*. *Dalam:* Ongkosongo, O. S. R., Suyarso (Editor). *Pasang-surut*. Puslitbang Oseanologi LIPI. Jakarta. Hal 201–209.

Ongkosongo, O. S. R. 1989. *Penerapan Pengetahuan dan Data Pasang-Surut. Dalam:* Ongkosongo, O. S. R., Suryaso (Editor). *Pasang-surut*. Puslitbang Oseanologi LIPI. Jakarta. Hal 241–255.

Rampengan, R. M. 2011. *Konstanta Harmonik Pasang Surut Perairan Teluk Totok, Sulawesi Utara. Jurnal Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan*. UNSRAT. 2 (6): 9–13.

Soeroso, 1989. *Cara Memperoleh Konstanta Pasang-Surut*. *Dalam:*. Ongkosongo, O. S. R., Suyarso (Editor*). Pasang-surut*. Puslitbang Oseanologi LIPI. Jakarta. Hal 24–39.

Supriyono, Pranowo, W. S., Rawi, S., Herunadi, B. 2015. *Analisa dan Perhitungan Prediksi Pasang Surut Menggunakan Metode Admiralty dan Least Square (Studi Kasus Perairan Tarakan dan Balikpapan).* Jurnal Program Studi S1-Hidrografi. STTAL. Hal 8–18.

Ulum, M., Khomsin. 2013. *Perbandingan Akurasi Prediksi Pasang Surut Antara Metode Admiralty dan Metode Least Square. Jurnal Fakultas Teknik dan Perencanaan.* Jurusan Teknik Geomatika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Jl. Arif Rahmat Hakim. Surabaya. 6 hal.

Westerink, J. J. 1989*.* General Spectral Computatuins of the Nonlinear Shallow Water Tidal Interactions within the Bight of Abaco. *Physical Oceanography.* 19:1348–1371.