

**ANALISA KARAKTERISTIK PASANG SURUT BERDASARKAN PANJANG DATA
PENGAMATAN DI PERAIRAN MAKASSAR**

**ANALYSIS OF TIDAL CHARACTERISTICS BASED ON THE LENGTH OF
OBSERVATION DATA IN MAKASSAR COASTAL WATERS**

**Choirul Umam¹, Widodo S. Pranowo^{1,2}, Dian Adrianto^{1,3}, Amri Rahmatullah¹, & Tri
Aji¹**

¹Program Studi S-2 Hidro-Oseanografi, Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL),
Jl. Ganesa No. 1 RT. 17 RW. 02 Kelurahan Kelapa Gading Kodamar Jakarta Utara,
Indonesia (031)99000581

²Badan Riset dan Inovasi Nasional

³Pusat Hidro-Oseanografi TNI Angkatan Laut

E-mail: choirulumam1987@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang analisa pasang surut (pasut) menggunakan metode *Least Square* di Dermaga Lantamal VI Makassar. Keberadaan stasiun pasut di Makassar sangat penting, terutama bagi kapal-kapal yang keluar dan masuk pelabuhan Makassar dan masyarakat sekitar, karena di wilayah tersebut termasuk area dengan kedalaman laut dangkal. Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik pasut laut di Makassar yang diperoleh berdasarkan data tahun 2017 sampai dengan 2021. Hasil penelitian membuktikan bahwa rata-rata nilai HHWS, MSL, dan LLWS adalah 1,83, 1,19, 0,47 dalam satuan m (meter) yang ber-referensi ke palem pasut, ini adalah nilai muka laut yang lokal di Stasiun Makassar. Kemudian dari perhitungan bilangan *formzahl* di stasiun pasut Makassar diperoleh nilai 1,07 sampai dengan 3,06, dengan rata-rata bilangan *formzahl* 2,10, hal ini menjadi bukti bahwa tipe pasut Stasiun Makassar adalah pasut campuran condong ke harian tunggal.

Kata Kunci: *Karakteristik, Pasang Surut, Makassar, Least Square, Formzahl.*

ABSTRACT

Research on tidal analysis has been done using the Least Square method in Makassar at Lantamal VI Makassar Pier. The existence of a tidal station in Makassar is very important, especially for the ships in and out of port Makassar and the surrounding community, because in the region includes areas with shallow sea depths. This study aims to determine the characteristics of sea tides in Makassar which were obtained based on data from 2017 until 2021. The data processing uses T_tide software which uses the Least Square method in its calculations. The results of the study prove that the average values of HHWS, MSL, and LLWS are 1,83, 1,19, 0,47 in m (meters) with reference to the tidal palm, this is a local sea level value at Makassar Station. Then from the calculation of the formzahl number at the Makassar tidal station, a value of 1,07 until 3,06 is obtained, with an average formzahl number of 2,10, this is evidence that the tidal type at the Makassar Station is mixed tide prevailing diurnal.

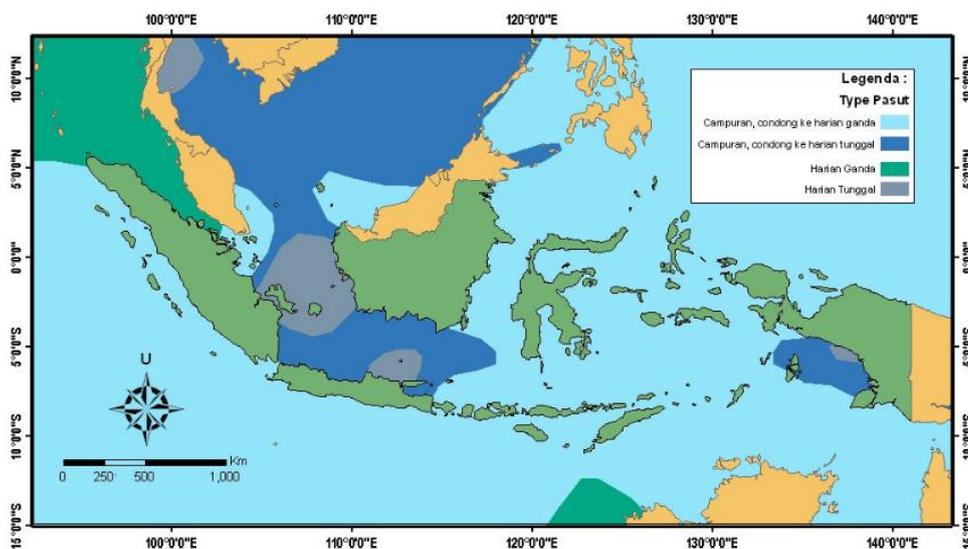
Keywords: *Characteristics, Tides, Makassar, Least Square, Formzahl.*

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia memiliki luas 8,3 juta km², terdiri dari 17.504 pulau, 1,9 juta km² daratan, dan 6,4 juta km² lautan berdasarkan angka rujukan nasional. Salah satu informasi penting yang terkait dengan laut adalah data pasang surut air laut (pasut). Pasut merupakan peristiwa naik turun nya permukaan laut disebabkan oleh gravitasi matahari dan bulan, pengetahuan tentang pasut sangat diperlukan untuk mendukung kegiatan maritim di Indonesia, salah satu kegunaan pasut adalah berguna untuk menentukan kerangka kontrol vertikal dalam pengukuran posisi suatu titik di permukaan bumi, khususnya pada pemetaan daerah perairan dan pesisir (Poerbandono & Djunarsjah, 2005).

Pasut di Indonesia dibagi menjadi 4 (Wyrtki, 1961), yaitu: (Gambar 1)

1. Pasut harian tunggal (*diurnal tide*). Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Periode pasut adalah 24 jam 50 menit. Di perairan Indonesia, tipe pasut ini terjadi di wilayah perairan Selat Karimata antara Sumatra dan Kalimantan.
2. Pasut harian ganda (*semi diurnal tide*). Dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasut terjadi secara berurutan secara teratur. Periode pasut rata-rata adalah 12 jam 24 menit. Di perairan Indonesia tipe pasut ini terjadi di wilayah perairan Selat Malaka sampai ke Laut Andaman.
3. Pasut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*). Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi



Gambar 1. Pola tipe pasut di Indonesia.
Figure 1. Tidal type patterns in Indonesia.
Sumber : Anugerah, 1987 dan Triatmodjo, 1996

tinggi dan periodenya berbeda. di perairan Indonesia tipe pasang ini terjadi di perairan Indonesia Bagian Timur.

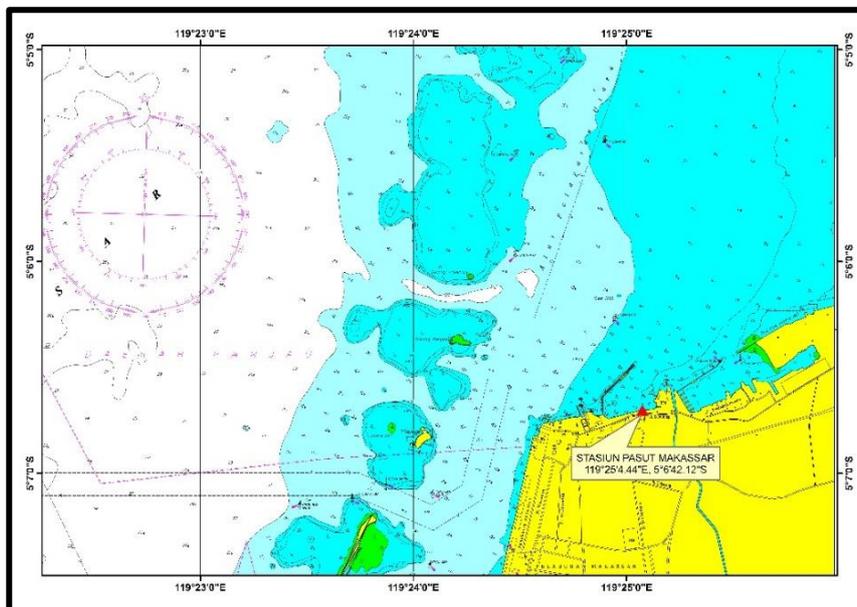
4. Pasut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*). Pada tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda. Tipe pasut ini terjadi di wilayah pantai selatan Kalimantan dan pantai utara Jawa Barat.

Hasil analisis pasut akan menghasilkan konstanta pasut. Hingga saat ini, jumlah konstanta pasut yang dapat diperoleh telah mencapai 600 konstant, dimana 60 diantaranya tergolong konstanta utama. Panjang data yang dibutuhkan untuk penentuan 60 konstanta pasut utama secara akurat

adalah 365 hari, sedangkan panjang data yang dibutuhkan untuk penentuan semua konstanta pasut periode panjang secara akurat adalah 18,6 tahun. Hal ini dikarenakan periode gerakan bulan, bumi, dan matahari tersebut adalah 1 bulan merupakan waktu yang dibutuhkan untuk bulan mengelilingi bumi, 1 tahun yang merupakan periode untuk bumi mengelilingi matahari, 8,85 tahun merupakan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan gerakan orbital presesi dan 18,6 tahun merupakan waktu yang dibutuhkan untuk berhimpitnya node bulan dan ekliptik (Ali, et al, 1994).

BAHAN DAN METODOLOGI

Dalam penelitian ini menggunakan bahan berupa data primer yaitu, data pasut periode 5 tahun dari 2017 sampai dengan 2021 yang di peroleh dari stasiun pasut Makassar ($5^{\circ}6'42.12''$ LS,



Gambar 2. Lokasi penelitian.
Figure 2. Research location.
Sumber: Pushidrosal PLI No.176 2016

119°25'4.44"BT) milik Badan Informasi Geospasial (BIG) dapat dilihat pada gambar 2. Data pasut dicuplik setiap 1 jam sehingga jumlah keseluruhan data 43824 jam. Tahapan pelaksanaan penelitian di sajikan dalam Gambar 3.

Metode penelitian ini menggunakan pengolahan data metode kuadrat terkecil (*the least square method*) dengan perangkat lunak *T_tide* yang dijalankan dengan *Matlab R2016a* untuk proses analisa harmonik pasut. Menurut (Pawlowicz, R., et al, 2002), *T_Tide* merupakan suatu alat bantu yang dapat digunakan untuk melakukan analisis harmonik dengan koreksi nodal. Persamaan pasut pada *T_Tide* dinyatakan dengan persamaan 1.



Gambar 3. Diagram alir penelitian.
Figure 3. Research flow diagram.
Sumber : Diagram alir sendiri

$$v = \sum_{i'=0}^3 \left[G_{i'}(\theta) \sum_{j'k'l'm'n'} A'(j'k'l'm'n') \cos(2\pi V_a) + G_{i'}(\theta) \sum_{j'k'l'm'n'} B'(j'k'l'm'n') \cos(2\pi V_a) \right] \dots 1)$$

Dengan G dan G' adalah fungsi geodetic dengan tipe i' (tipe pelan, diurnal, dan semidiurnal adalah 0, 1, 2) dan lintang θ , A', dan B' sebagai angka Doodson; V_a sebagai argument astronomi, dan j'k'l'm'n' sebagai angka Doodson dengan konstanta tertentu (Pawlowicz, R., et al, 2002).

Data pasut *diolah* sehingga mendapatkan hasil berupa konstanta harmonik, kemudian disalin ke *Microsoft Excel 2016* dan dipisahkan antara konstanta harmonik signifikan dan konstanta harmonik non signifikan. Proses selanjutnya, untuk mengetahui jenis pasut laut yaitu dengan menggunakan rumus perhitungan bilangan *formzahl* menurut (Kusuma, H. A., et al, 2021):

$$F = \frac{A_{K1} + A_{O1}}{A_{M2} + A_{S2}} \dots \dots \dots 2)$$

- dimana,
- A_{K1} : amplitudo dari unsur pembangkit pasut K1
 - A_{O1} : amplitudo dari unsur pembangkit pasut O1
 - A_{M2} : amplitudo dari unsur pembangkit pasut M2
 - A_{S2} : amplitudo dari unsur pembangkit pasut S2
 - F : Bilangan *formzahl*
 - M2 : Konstanta harmonik (Posisi bulan mempengaruhi)
 - S2 : Konstanta harmonik (Posisi matahari mempengaruhi)
 - O1 : Konstanta harmonik (Deklinasi bulan mempengaruhi)

K1 : Konstanta harmonik (Deklinasi bulan dan matahari mempengaruhi)

Sedangkan konstanta lainnya (Suhaemi et al., 2018) adalah :

- N2 : Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh perubahan jarak bulan
- K2 : Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh perubahan jarak matahari
- O1 : Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh deklinasi bulan
- P1 : Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh deklinasi matahari
- K1 : Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh deklinasi matahari dan bulan
- M4 : Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh pengaruh ganda
- MS4 : Konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh interaksi antara M2 dan S2.

Menurut (Triatmodjo, 2003), dilihat dari pola gerakan muka lautnya dan indeks formzahl, pasut dapat dibagi menjadi empat jenis yaitu:

1. ($F \leq 0,25$): *semi diurnal tide* atau pasut harian ganda.
2. ($0,25 < F \leq 1,5$): *mixed tide prevailing semi diurnal* atau pasut campuran condong harian ganda.
3. ($1,5 < F \leq 3$): *mixed Tide Prevailing Diurnal* atau pasut campuran condong harian tunggal.
4. ($F > 3$): *diurnal tide* atau pasut harian tunggal.

Tahapan selanjutnya adalah analisis data menggunakan perangkat lunak *wpsoffice* untuk melihat perubahan nilai masing-masing konstanta pasut dalam kurun waktu data pengamatan 5 tahun dari

Januari 2017 sampai dengan Desember 2021.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini meliputi beberapa hal penting yaitu:

- Datum pasut
- Konstanta harmonik pasut
- Tipe pasut

Datum pasut

Datum pasut yang dimaksud pada penelitian ini adalah datum vertikal. Datum pasut vertikal suatu kedudukan permukaan laut yang dijadikan sebagai bidang referensi ketinggian datum pasut vertikal antara lain : *Highest High Water Spring* (HHWS) adalah nilai muka laut tertinggi sepanjang data pengamatan, *Mean Sea Level* (MSL) adalah nilai rata-rata dari semua data pengamatan muka air laut, *Lowest Low Water Spring* (LLWS) adalah nilai angka muka air laut terendah yang diperoleh dari data pengamatan (Tabel 1). Hasil pengolahan data pasut dilakukan secara bulanan, tahunan dan 5 tahun dari tahun 2017 sampai dengan 2021 menghasilkan datum pasut sebagaimana yang akan ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Datum pasut
Table 1. Tidal datum

Datum	Maksimum	Minimum	Rata2
HHWS	2,18	1,41	1,83
MSL	1,37	0,99	1,19
LLWS	0,66	0,33	0,47

Sumber : Hasil perhitungan nilai datum vertikal

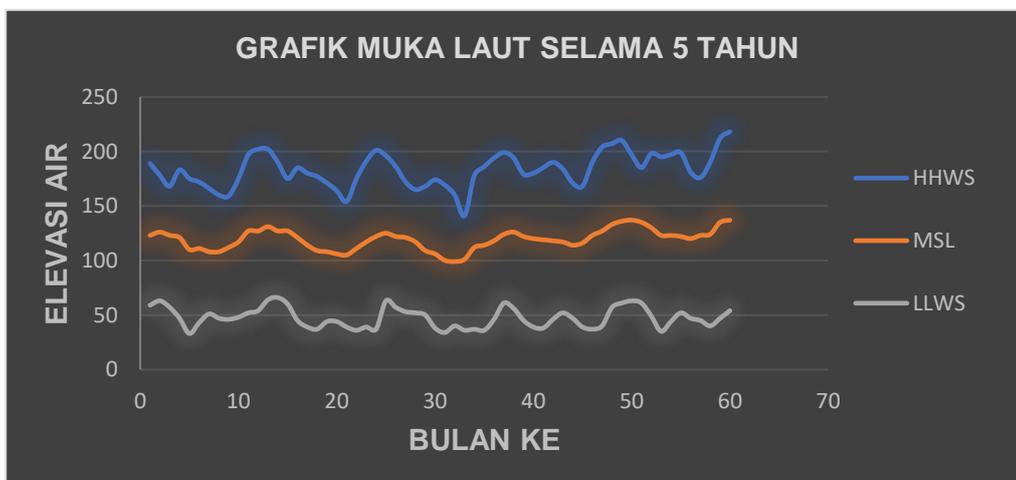
Dari hasil penelitian diperoleh pada tabel 2. HHWS = 2,18 m artinya muka air laut tertinggi ada pada nilai tersebut. MSL = 1,19 m menginformasikan ketinggian muka laut rata-rata selama pengamatan,

Tabel 2. Rekapitulasi jumlah konstanta harmonik
Table 2. Recapitulation of the number of harmonic constants

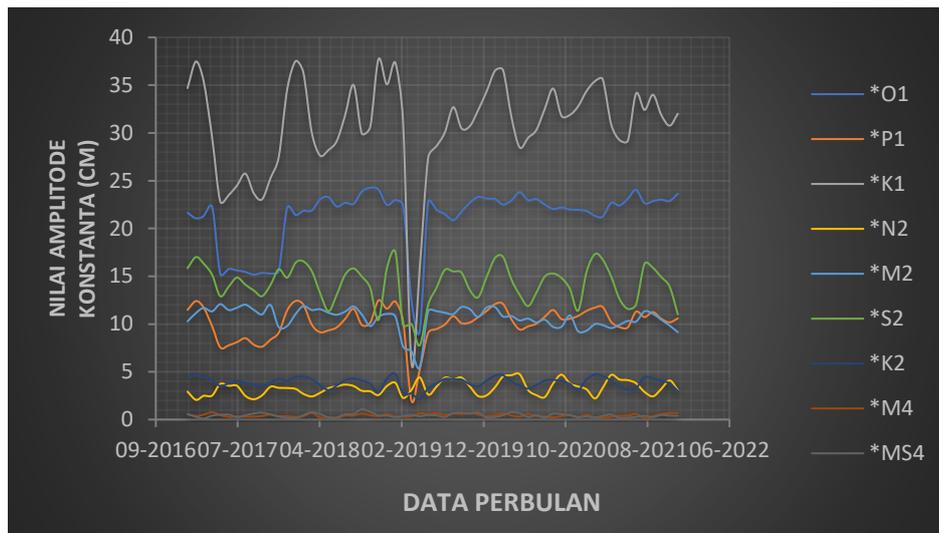
PERIODE DATA	JUMLAH KONSTANTA					KONSTANTA SIGNIFIKAN					KONSTANTA NON-SIGNIFIKAN				
	2017	2018	2019	2020	2021	2017	2018	2019	2020	2021	2017	2018	2019	2020	2021
Januari	32	32	32	32	32	23	26	21	25	23	9	6	11	7	9
Februari	32	32	32	32	32	24	23	20	23	23	8	9	12	9	9
Maret	32	32	32	32	32	25	21	16	24	22	7	11	16	8	10
April	32	32	32	32	32	26	20	18	26	19	6	12	14	6	13
Mei	32	32	32	32	32	23	23	19	24	25	9	9	13	8	7
Juni	32	32	32	32	32	25	22	24	22	22	7	10	8	10	10
Juli	32	32	32	32	32	21	21	25	23	26	11	11	7	9	6
Agustus	32	32	32	32	32	22	27	25	25	19	10	5	7	7	13
September	32	32	32	32	32	24	26	22	22	23	8	6	10	10	9
Oktober	32	32	32	32	32	23	22	23	23	25	9	10	9	9	7
November	32	32	32	32	32	24	26	24	26	26	8	6	8	6	6
Desember	32	32	32	32	32	22	30	24	25	22	10	2	8	7	10
Pertahun	62	62	62	62	62	42	45	28	54	44	20	17	34	8	18
5 Tahun	71					51					20				

dan LLWS = 0,33 m artinya muka laut tertinggi selama pengamatan ada pada nilai tersebut. Muka air laut HHWS, MSL, dan LLWS selama pengamatan dari tahun 2017 sampai 2021 disajikan dalam grafik pada Gambar 4.

Dari grafik muka laut pengamatan selama 5 tahun di atas dapat diperoleh informasi bahwa HHWS, MSL, dan LLWS setiap bulan mengalami perubahan bukan merupakan nilai yang absolut tetapi selalu fluktuatif tergantung dengan berbagai faktor terutama gaya gravitasi bulan dan



Gambar 4. Grafik muka laut pengamatan selama 5 tahun.
Figure 4. Graph of sea level observations for 5 years.
Sumber : Hasil pengolahan data pasang menggunakan perangkat lunak T-tide



Gambar 5. Grafik amplitudo konstanta harmonik.

Figure 5. Harmonic constant amplitude graph.

Sumber : Hasil pengolahan data pasut menggunakan perangkat lunak *T-tide*

matahari. Selain itu perubahan tinggi muka laut di Indonesia sangat dipengaruhi oleh pola musim angin (Fadlan & Rosanti, 2019).

Konstanta harmonik pasut

Perbedaan periode pengamatan pasut akan menghasilkan jumlah konstanta harmonik pasut yang berbeda. Hal ini disebabkan karena untuk memisahkan antara konstanta satu dengan konstanta yang lain, maka masing-masing konstanta harmonik mempunyai periode yang harus dipenuhi yaitu periode sinodiknya. Rekapitulasi jumlah konstanta yang dapat dihasilkan setiap periode dapat di lihat dalam 3abel 3.

Berdasarkan table rekapitulasi jumlah konstanta harmonik di atas dapat dilihat bahwa jumlah konstanta harmonik yang paling sedikit merupakan hasil analisis dari pengamatan data pasut periode 1 bulan yaitu sebanyak 32 konstanta, karena periode pengamatan 1 bulan adalah periode terpendek sehingga

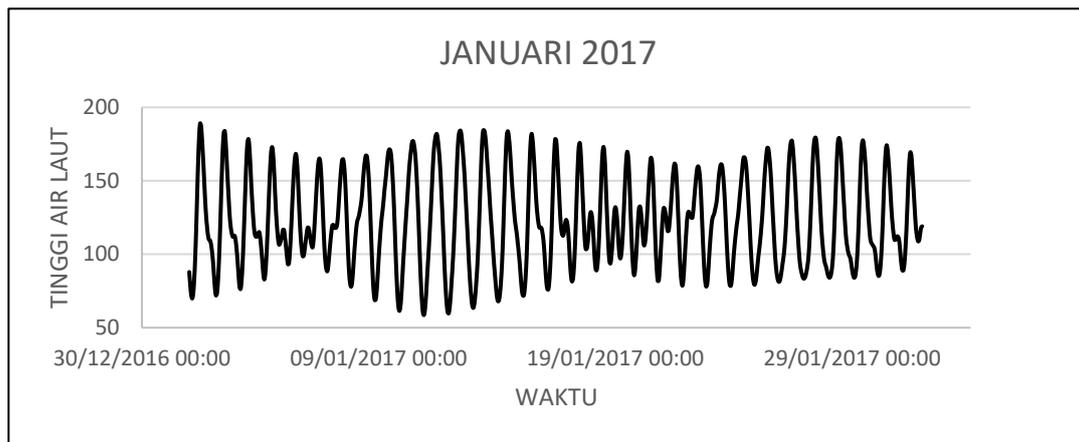
Tabel 3. Nilai konstanta pasut
Table 3. Tidal constant values

	Maksimum	Minimum	Rata2
O1	24,268	9,233	21,194
P1	12,480	1,957	10,153
K1	37,712	5,912	30,679
N2	4,747	2,065	3,308
M2	12,083	5,492	10,616
S2	17,534	7,766	14,202
K2	4,772	2,113	3,865
M4	0,772	0,139	0,431
MS4	1,084	0,104	0,444

Sumber : Hasil perhitungan nilai konstanta pasut

ada beberapa konstanta harmonik yang tidak bisa dihasilkan. Jumlah konstanta terbanyak dihasilkan oleh data dengan periode panjang yaitu periode 5 tahun yaitu sebanyak 71 konstanta. Semakin lama pengamatan data pasut maka faktor-faktor penyebab pasut akan dapat teridentifikasi sehingga konstanta - konstanta harmonik pasut yang dihasilkan semakin banyak (Khasanah *et al.*, 2017).

Ada 9 konstanta pasut utama yang dihasilkan dari pengolahan data yaitu O1, P1, K1, N2, M2, S2, K2, M4, dan MS4.



Gambar 6. Grafik tinggi air laut pengamatan selama 1 bulan.
Figure 6. Graph of observed sea water height for 1 month.
Sumber : Hasil pengolahan data pengukuran dengan perangkat lunak T-tide

Gambar 5. menginformasikan bahwa konstanta pasut di stasiun Makassar didominasi oleh K1 dengan nilai tertinggi diantara konstanta harmonik pasut lainnya, nilai K1 adalah 37,712 sesuai dengan tabel 4. Sedangkan MS4 menjadi konstanta yang paling kecil nilainya diantara konstanta harmonik pasut lainnya dengan nilai 0,104 dapat dilihat pada tabel 4. Nilai konstanta harmonik rata-rata O1 = 21,194, P1 = 10,153, K1 = 30,679, N2 = 3,308, M2 = 10,616, S2 = 14,202, K2 = 3,865, M4 = 0,431 dan MS4 = 0,444

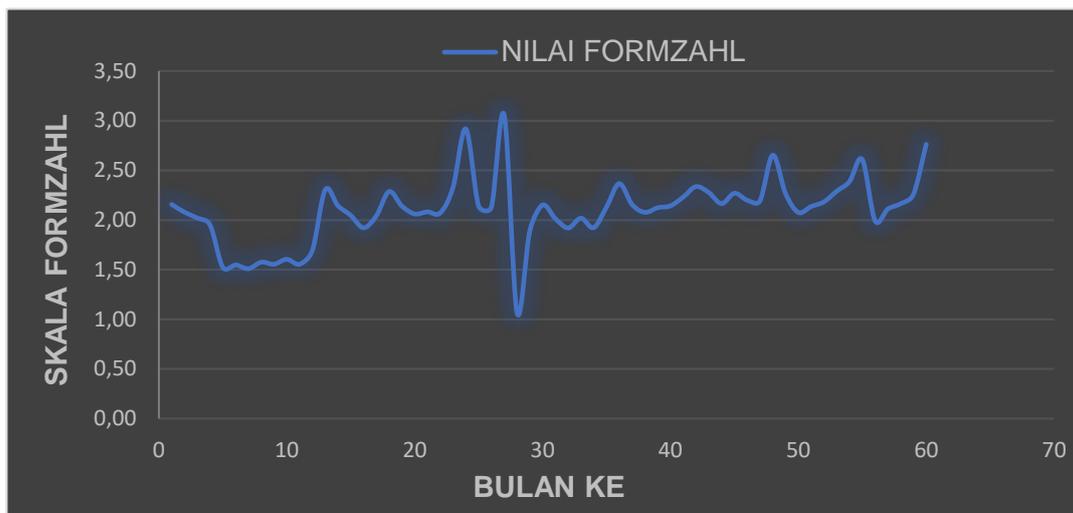
sesuai yang sudah diinformasikan pada tabel 4. Dalam hal ini dapat diperoleh informasi bahwa pengaruh bulan dan matahari sama-sama dominan di stasiun pengamatan pasut di Makassar ini.

Tipe Pasut

Gambar 6. menunjukkan bahwa tipe pasut di perairan Makassar adalah campuran condong ke harian tunggal, hal ini juga di buktikan dengan hasil perhitungan bilangan *formzahl* di stasiun pasut Makassar adalah 1,07 sampai dengan 3,06, dengan rata-rata bilangan

formzahl 2,10, hal ini menunjukkan bahwa selama tahun 2017 hingga 2021 tipe pasut di Stasiun pasut Makassar adalah campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) yaitu pasut dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda. Hal ini dapat dilihat pada gambar 7.

Konstituen harmonik komponen tunggal utama terdiri dari O1 dan K1. Konstituen tersebut memberikan efek yang besar pada pembangkitan gelombang pasang surut bertipe tunggal atau campuran tunggal. Fenomena yang terjadi pada komponen tunggal diperkuat oleh hasil penelitian terdahulu yaitu, *Analysis of 19year tidal data. Science in China* (Zuke, H., et al, 1997), Variasi Amplitudo Konstituen Harmonik Pasang Surut Utama di Stasiun Bitung, Sulawesi Selatan (Salnuddin., et al, 2015) dan Karakteristik Pasut di Teluk Jakarta Berdasarkan Data 253 Bulan (Aufi, 2019),



Gambar 7. Grafik skala *formzahl*.
Figure 7. *Formzahl* scale graph.
Sumber : Hasil perhitungan nilai *formzahl*

dimana konstituen O1, P1, dan K1 merupakan konstituen relatif tidak stabil akibat faktor astronomi. Faktor astronomi yang dimaksud adalah potensi bangkitan pasang surut (*generating potential*) dari pengaruh bulan yang dinotasikan dengan V3 untuk nilai phase lag L2 (ekliptik bulan terkecil) sebesar 25% merujuk pada posisi matahari yang menyebabkan ketidakstabilan konstituen harmonik komponen tunggal O1, P1, dan K1. Hal ini berbeda dengan nilai pada posisi bulan dengan nilai V3 yang relatif kecil sehingga amplitudo konstituen harmonik relatif stabil (Zuke *et al.*, 1997).

KESIMPULAN

Penelitian menggunakan pengolahan data pasang surut dengan metode *Least Square* dan panjang data pengamatan 5 (lima) tahun yaitu dari tahun 2017 hingga 2021 diperoleh hasil berupa informasi rata-rata nilai HHWS adalah 1,83 m, MSL adalah 1,19 m dan LLWS 0,47 m dengan referensi palem

pasut. Referensi pemetaan palem artinya nilai HHWS, MSL, dan LLWS ini merupakan nilai muka laut yang bersifat lokal sekitar stasiun pasang surut Makassar. Konstanta pasang surut yang paling dominan mempengaruhi Stasiun pasang surut Makassar adalah K1, dan yang memiliki pengaruh yang kecil adalah MS4. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh bulan dan matahari sama-sama kuat di stasiun pasang surut Makassar. Tipe pasang surut Stasiun pasang surut Makassar adalah pasang surut campuran condong ke harian tunggal yang artinya dalam satu hari terjadi satu kali pasang surut dan satu kali pasang surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang surut dan dua kali pasang surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda, hal ini dibuktikan dengan nilai rata-rata *formzahl* 2.10.

UCAPAN TERIMA KASIH

Seluruh penulis adalah kontributor utama. Ucapan terimakasih ditujukan kepada seluruh Mahasiswa dan Dosen S2

Prodi Hidro-Oseanografi Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL) yang banyak memberikan arahan dalam penyusunan dan pengolahan data. Pengolahan dan analisa data dilakukan di Kampus Prodi Hidro-Oseanografi STTAL, Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

Ali, et al. (1994). Pasang Surut Laut. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Aufi. (2019). Karakteristik Pasut di Teluk Jakarta Berdasarkan Data 253 Bulan. *jurnal riset Jakarta Vol. 12 No.1*, 25-36.

Fadlan, A., & Rosanti, R. . (2019). Variabilitas Tinggi Muka Laut di Indonesia Berdasarkan Pengamatan Satelit Altimetri. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-6 Tahun 2019*, 468-473.

Khasanah, I. U., Wirdinata, S., & Guvil, Q. (2017). Analisis Harmonik Pasut untuk Menghitung Nilai Muka Surutan Peta (Chart Datum) Stasiun Pasut Sibolga. *Seminar Nasional Strategi Pengembangan Infrastruktur di Institut Teknologi Padang Tanggal 27 Juli 2017*, 243 – 249.

Kusuma, H. A., Lubis, M. Z., Oktaviani, N., & Setyono, D. E. D. (2021). Tides Measurement and Tidal Analysis at Jakarta Bay. *Journal Of Applied Geospatial Information*, 5(2), 494.

Pawlowicz, R., Beardsley, B., & Lentz, S. (2002). Classical Tidal Harmonic Analysis Including Error Estimates in Matlab Using T_Tide. *J. Pergamon*, 28, 929-937.

Poerbandono., & Djunarsjah. (2005). Survei Hidrografi II. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Salnuddin., Nurjaya, I. W., Jaya, I., & Natih, N. M. N. (2015). Variasi Amplitudo Konstituen Harmonik Pasang Surut Utama di Stasiun Bitung, Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 20(2), 73-86.

Suhaemi., Raharjo, S., & Marhan. (2018). Penentuan Tipe Pasang Surut Perairan Pada Alur Pelayaran Manokwari dengan Menggunakan Metode Admiralty. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 2(1), 57-64.

Triatmodjo, B. (2003). Pelabuhan, Edisi Ketiga. Yogyakarta: Beta Offset.

Wyrtki, K. (1961). Physical Oceanography of The Southeast Asian Waters. Naga Report, 2. Srippl Institution of Oceanography. The University of California, California., 226.

Huang, Z., Chen, Z., Si, H., & Ye, L. (1997). Analysis of 19 year tidal data. Science in China. *D-Earth Sci.40*(4), 352-360.