

STUDI KONSTANTA HARMONIK PASANG SURUT TERHADAP DATA SUHU PERMUKAAN LAUT DI PERAIRAN PULAU PARI

Harso Widisanto¹, Widodo S Pranowo², Sahat Monang Simanjuntak³ Hendrawan Setiadi⁴

¹Mahasiswa Program Studi S1 Hidrografi, STTAL
²Peneliti dari Badan Riset Kelautan dan Perikanan, KKP
³ Peneliti Dari Dinas Hidro-Oseanografi, TNI AL
⁴Dosen Pengajar Prodi S1-Hidrografi, STTAL

ABSTRAK

Salah satu permasalahan dalam survei hidro-oseanografi adalah kendala teknis pada saat pengamatan pasut, seperti palem miring atau terlepas dari pondasinya, kemudian juga jika pengamatan menggunakan alat otomatis tidak jarang alat tersebut hilang atau berpindah tempat, sehingga harus dilaksanakan pengamatan ulang. Penelitian ini melakukan eksperimen menentukan tipe pasut berdasarkan analisis harmonik terhadap data runtut waktu (*time series*) suhu permukaan laut di Pulau Pari (2 stasiun T-Logger), Kepulauan Seribu. Hal ini didasarkan kepada pertimbangan bahwa pasang surut dan suhu permukaan laut secara bersama-sama mendapatkan transferan energi matahari secara langsung, dan juga yang dipantulkan oleh bulan. Analisis harmonik menggunakan *T_tide_v1.3 beta*, kemudian konstanta harmonik yang diperoleh digunakan untuk melakukan perhitungan prediksi pasut. Tipe pasut ditentukan menggunakan rumus bilangan form. Hasil penelitian ini menghasilkan total sekitar 27 konstanta harmonik. Secara umum karakteristik suhu permukaan laut di Pulau Pari dipengaruhi oleh kombinasi sistem matahari dan bulan. Konstanta diurnal signifikan antara lain K1 (~ 1.1541°C, freq 0.041781 cph), P1 (~ -0.38°C, freq 0.041553 cph), dan O1 (~ -0.06°C, freq 0.038731 cph). Konstanta semidiurnal signifikan antara lain S2 (~ 0.2321°C, freq 0.083333 cph), M2 (~ -0.1298°C, freq 0.080511 cph), N2 (~ -0.0772°C, freq 0.078999 cph), dan K2 (~ 0.0632 °C, freq 0.08356 cph). Konstanta laut dangkal (*higher harmonics*) signifikan antara lain MS4 (~ 0.047°C, freq 0.16384 cph) dan M4 (~ -0.025°C, freq 0.16102 cph). Tidak dihasilkan konstanta periode panjang signifikan dalam hal ini. Adapun tipe pasut yang dapat diturunkan dari konstanta harmonik di perairan Pulau Pari adalah diurnal (pasang surut harian tunggal).

Kata Kunci : analisa harmonik, suhu permukaan laut, pulau pari, pasang surut.

ABSTRACT

One of the problems in the hydro-oceanographic survey is a technical problem at the time of tidal observations, such as palm oblique or detached from their foundations, and also if the observation using an automated tool is not uncommon these tools are missing or moved, so that the observation should be implemented. This study was conducted experiments to determine the type of tidal harmonic analysis based on time series data (time series) sea surface temperature in Pari Island (2 station T-Logger), the Thousand Islands. It is based on the consideration that the tides and sea surface temperature together get transferan solar energy directly, and is also reflected by the moon. T_tide_v1.3 harmonic analysis using the beta, then the harmonic constants obtained are used to perform calculations tide predictions. Type tidal determined using the formula number form. The results of this study resulted in a total of about 27 constant harmonics. In general characteristics of sea surface temperatures in Pari Island is influenced by a combination of sun and moon system. Among other significant diurnal constant K1 (~ 1.1541 ° C, freq 0.041781 cph), P1 (~ - 12:38 ° C, freq 0.041553 cph) and O1 (~ 12:06 ° C, freq 0.038731 cph). Constants semidiurnal significant among others S2 (~ 0.2321 ° C, freq 0.083333 cph), M2 (~ - 0.1298 ° C, freq 0.080511 cph), N2 (~ - 0.0772 ° C, freq 0.078999 cph) and K2 (~ 0.0632 ° C, freq 0.08356 cph). Constant shallow sea (higher harmonics)

are particularly significant as MS_4 ($\sim 0047^\circ \text{C}$, freq 0.16384 cph) and M_4 ($\sim 0025^\circ \text{C}$, freq 0.16102 cph). Not long period of constant generated significant in this regard. The type of tide that can be derived from the harmonic constants in Pari Island waters are diurnal (daily tidal single).

Keywords: harmonic analysis, the temperature sea level, island pari, tidal.

Pendahuluan

Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut (Pushidrosal) adalah Badan Pelaksana Pusat (Balakpus) TNI Angkatan Laut yang berkedudukan langsung dibawah Kepala Staf Angkatan Laut (Kasal). Sebelumnya satuan ini bernama Dinas Hidro-Oseanografi TNI Angkatan Laut (atau Dishidrosal). Pushidrosal mempunyai tugas pokok menyelenggarakan pembinaan fungsi dan pelaksanaan kegiatan Hidro-Oseanografi yang meliputi survei, penelitian, pemetaan laut, publikasi, penerapan lingkungan laut dan keselamatan navigasi pelayaran baik untuk kepentingan TNI maupun umum.

Pushidrosal dalam melaksanakan tugasnya, tidak jarang terjadi beberapa permasalahan dilapangan pada saat pelaksanaan survey hidro oseanografi, contohnya pada saat pengamatan pasut, seperti palem miring atau terlepas dari pondasinya, kemudian juga jika pengamatan menggunakan alat otomatis tidak jarang alat tersebut hilang atau berpindah tempat, sehingga harus melaksanakan pengamatan ulang. Alangkah baiknya jika ada cara alternatif apabila hal-hal yang tidak diinginkan seperti pada paragraf diatas terjadi. Dengan demikian tentu saja bisa sangat menghemat tenaga, waktu dan biaya. Dalam penelitian ini saya mencoba memberikan alternatif cara menentukan jenis pasang surut dengan menggunakan olahan data suhu permukaan laut. Mengingat pasang surut dan suhu permukaan laut sama-sama mendapatkan transferan energy dari matahari dan bulan. Pulau Pari merupakan salah satu pulau dari beberapa pulau yang terdapat dalam gugusan pulau di Kepulauan Seribu yang terletak pada posisi - $5^\circ 51.856 \text{ S}$ - $106^\circ 36.626 \text{ E}$. Wilayah Pulau Pari yang terletak di perairan sebelah Utara daerah Jakarta secara Administratif termasuk dalam wilayah Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan. Secara geografis Pulau Pari berbentuknya menyerupai Ikan Pari dengan luas pulau $\pm 41,32 \text{ ha}$. Potensi Pulau Pari pengembangannya lebih kearah pariwisata.

Menurut *Dronkers* (1964) 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. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil.

Secara umum suhu air laut adalah berlapis (stratified). Distribusi sifat-sifat fisis maupun kimiawi air laut umumnya zonal, dalam arti tidak banyak perubahan dalam sifat-sifat air pada arah barat-timur (*Hadi, 2010*).

Secara alami suhu/ temperatur air di permukaan merupakan lapisan yang hangat karena mendapat radiasi matahari pada siang hari. Karena pengaruh angin, maka di lapisan teratas sampai pada kedalaman berkisar 50-70 m akan terjadi pengadukan, hingga di lapisan tersebut terdapat suhu hangat (sekitar 28°C) yang vertical. Oleh sebab itu lapisan teratas ini sering pula disebut lapisan vertikal. Karena adanya pengaruh arus dan pasang surut, lapisan ini bisa menjadi lebih tebal lagi. Di perairan dangkal lapisan vertikal ini sampai ke dasar. Lapisan permukaan laut yang hangat terpisah dari lapisan dalam yang dingin oleh lapisan tipis dengan perubahan suhu yang cepat yang disebut termoklin atau lapisan diskontinuitas suhu. Suhu pada lapisan permukaan adalah seragam karena pencampuran oleh angin dan gelombang sehingga lapisan ini dikenal sebagai lapisan pencampuran (*mixed layer*).

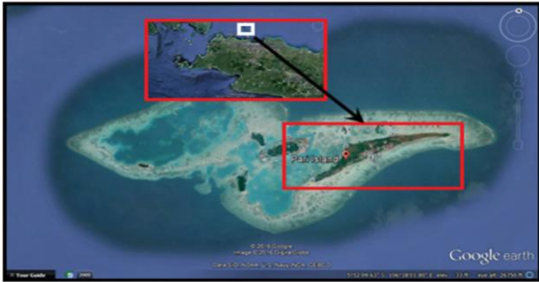
Filosofinya adalah suhu di bumi termasuk suhu muka laut merupakan transferan energy dari matahari dan bulan, begitu juga dengan pasut yang juga dipengaruhi oleh matahari dan bulan.

Metodelogi penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah Penelitian Komparasi (Perbandingan) dengan tujuan untuk membandingkan dua hasil olahan data untuk mendapatkan konstanta harmonik dan untuk mengetahui apakah olahan data tersebut mempunyai kemiripan nilai atau tidak, yang selanjutnya akan digunakan untuk keperluan survey hidro oseanografi Pushidros TNI AL.

Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi Penelitian di Pulau Pari, Kabupaten Kepulauan Seribu.



Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data penelitian di peroleh dari rekaman HOBO, di Pulau Pari, oleh *Agustin* dan *Ofri*, yang didapatkan di lab data P3SDLP, balitbang KP, KKP 2011. Hasil pemodelan data pasut dengan menggunakan Program Matlab TMD (*Tidal Model Driver*).

Metode Pengolahan Data

Pengolahan Dengan Program T-Tide 1.3 Beta

Pengolahan data Suhu Permukaan Laut (SPL) diperoleh berdasarkan pengukuran *time series* menggunakan alat perekam data HOBO dilakukan pada 2011 menggunakan program *MatlabT_Tide* 1.3. Beta, dari data SPL diolah sehingga mendapatkan hasil berupa konstanta harmonik, kemudian dicopy ke *microsoft excel* dan dipisahkan antara konstanta harmonik signifikan dan non signifikan, dari konstanta harmonik signifikan diambil 9 (sembilan) konstanta harmonik yang umum digunakan sebagai perhitungan prediksi pasang surut dengan metode *admiralty* (yang digunakan di Pushidros TNI AL), selanjutnya kami gunakan rumus *bilangan zahl* untuk menentukan jenis pasang surutnya. Data suhu permukaan laut dalam bentuk *excel* dirubah ke dalam bentuk *note pad* simpan data tersebut dalam folder *T-Tide*.

Pengolahan Dengan Program TMD

Data pasut yang kami peroleh dari pemodelan dengan menggunakan program Matlab TMD (*Tidal Model Driver*) sekaligus pengolahannya akan menghasilkan konstanta harmonik dan angka prediksi pasang surut, untuk selanjutnya diaplikasikan dengan *bilangan zahl* untuk memperoleh jenis pasang surutnya. Jenis pasang surut yang dihasilkan dari olahan dua data yang berbeda (data SPL dan data Pasang Surut TMD) akan dibandingkan dengan jenis pasang surut dari literatur (jenis pasang surut Pulau Pari) ,

apakah terdapat kesamaan atau tidak. Jika ketiga jenis pasang surut sama, maka turunan data SPL dapat dijadikan suatu alternatif prediksi jenis pasang surut.

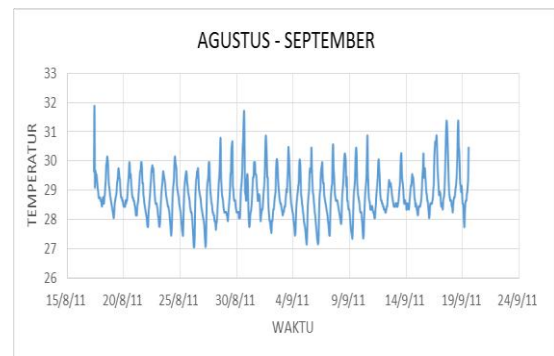
Metode Analisa Data

Data SPL yang diperoleh dari hasil pengamatan di lapangan selama 2 (dua) bulan diolah dengan program *T-Tide 1.3 Beta* menghasilkan konstanta harmonik, dipisahkan konstanta yang *SNR*-nya diatas 95% (Konstanta Harmonik signifikan) diambil 9 konstanta (konstanta untuk perhitungan Pasut dengan metode *Admiralty*) diaplikasikan dengan TMD akan menghasilkan prediksi dan jenis Pasut, selanjutnya akan dianalisa dibandingkan dengan literatur. Konstanta Harmonik non signifikan akan dianalisa secara deskriptif faktor-faktor yang mempengaruhi SPL.

Hasil dan pembahasan

Karakteristik Suhu Permukaan Laut di Stasiun 01

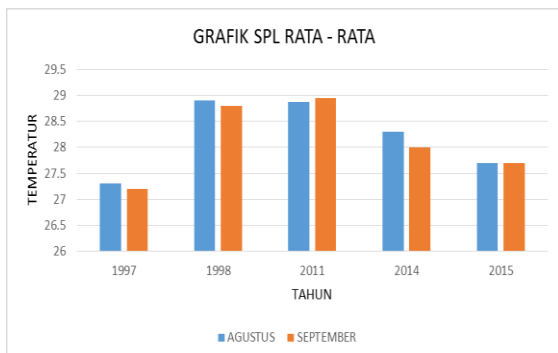
Suhu Permukaan Laut (SPL) pada Stasiun Perekam Data SPL 01



Gambar 4.1 Karakteristik SPL Bulan Agustus – September 2011 Stasiun 01.

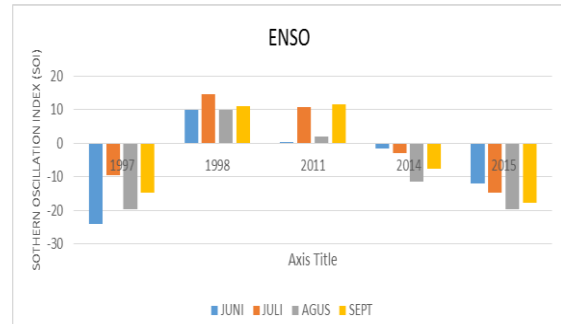
Suhu maksimum pada bulan Agustus sampai dengan September 2011 adalah sebesar 31,88 °C, suhu minimum 26,39 °C dan suhu rata-rata adalah 28,842°C. Gambar 4.1 menunjukkan, suhu tertinggi terjadi di Bulan Agustus yaitu sebesar 31,88°C pada bulan ini sedang terjadi musim angin timur, suhu terus menurun sampai awal September, kemudian suhu naik lagi di awal September. Hal tersebut terjadi karena pada bulan September terjadi musim peralihan dari musim timur ke musim barat. Perairan Pulau Pari masih termasuk ke dalam wilayah Laut Jawa, pada musim barat SPL di Kawasan Barat Indonesia (KBI) pada umumnya relatif lebih rendah dibandingkan musim timur. Suhu air Laut Jawa cukup tinggi yaitu berada pada kisaran antara 27 °C – 29

°C (Wyrski, 1961; Pranowo, 2002; Boyer et al., 2009). Menurut Weyl (1967) dalam Heriyati 2016, nilai suhu rata – rata tahunan permukaan Laut Jawa adalah 28°C. Sedangkan Wyrski (1961) mengemukakan bahwa pada periode musim timur (Mei - Agustus), angin bergerak dari wilayah Timur menuju Barat, membawa massa air yang bersuhu relatif lebih rendah dari wilayah Timur menuju Barat, dan pada saat musim barat (November – Februari), angin bergerak dari Barat menuju Timur membawa massa air dengan suhu lebih hangat. Suhu rata – rata tahunan permukaan Laut Jawa adalah 28 °C dengan simpangan suhu berkisar antara 2 – 3 °C (Heriyati, 2016). Pada bulan Agustus dan September 2011 juga terjadi fenomena La Nina, dimana suhu permukaan laut lebih hangat daripada suhu normalnya. Dapat kita lihat pada grafik SPL rata – rata bulan Agustus – September pada Gambar 4.2 di bawah ini.



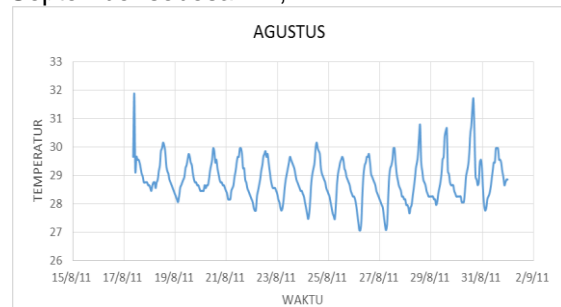
Gambar 4.2 SPL rata – rata Agustus dan September pada tahun 1997-1998 (Laut Jawa), 2011 (Perairan Pulau Pari), 2014-2015 (Laut Jawa).

SPL rata – rata Agustus dan September tahun 1997 – 1998 dan 2004 - 2005 di Laut Jawa berdasarkan penelitian dari Heriyati (2016). Diketahui bahwa pada tahun 1998 dan 2011, di bulan Agustus dan September, terjadi kemiripan suhu rata – rata yaitu berkisar 28 °C. Hal tersebut diduga terjadi akibat pengaruh fenomena La Nina pada Juni, Juli dan Agustus 1998 (Heriyati, 2016). Adapun periodisitas El Nino dan La Nina dapat kita ketahui dengan melihat Gambar 4.3.



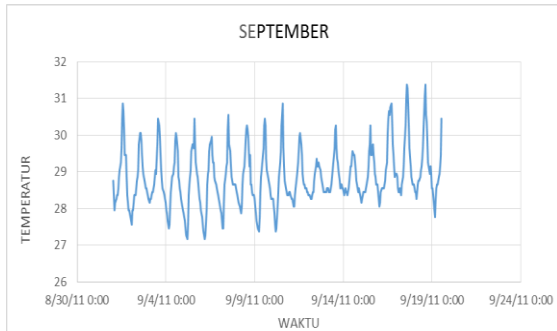
Gambar 4.3 Southern Oscillation Index (SOI) periode Juni – September pada tahun 1997 – 1998, 2011, 2014 – 2015

Pada Gambar di atas, dapat dilihat bahwa fase El Nino ditandai dengan nilai SOI yang negatif (< -7) dan fase La Nina ditandai dengan nilai SOI yang positif (>+7). Pada grafik SOI tersebut dapat diketahui bahwa pada Agustus – September 2011 terjadi fenomena La Nina dengan nilai SOI tertinggi terjadi pada September sebesar 11,7.



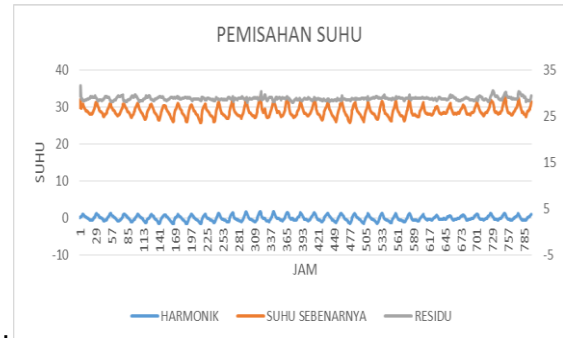
Gambar 4.4 Karakteristik SPL Agustus 2011 Stasiun 01

Pada Agustus 2011 di stasiun pengamatan 01 diketahui suhu maksimum adalah 31,88 °C, suhu minimum 27,075 °C dan suhu rata-rata 28,836 °C. Suhu tertinggi terjadi pada awal Agustus, yaitu sebesar 31,88°C, kemudian suhu cenderung menurun sampai pertengahan Agustus. Pada Agustus ini perairan Indonesia masih mengalami musim timur sehingga suhu perairan cenderung rendah. Pada akhir Agustus terjadi kenaikan suhu permukaan laut, hal ini dikarenakan menjelang terjadinya musim peralihan dari musim timur ke musim barat.



Gambar 4.5 Karakteristik SPL bulan September 2011 stasiun 01

Pada Gambar 4.5 dapat kita lihat bahwa suhu maksimum pada September 2011 adalah 31,37 °C, dengan suhu minimum adalah 27,173 °C dan suhu rata-rata adalah 28,847 °C. Pada September suhu tertinggi terjadi pada akhir bulan, mencapai suhu 31,37°C. Hal ini terjadi diduga karena pada bulan ini terjadi musim peralihan yang cenderung memiliki suhu relatif rendah menuju musim barat yang bersuhu tinggi.



Gambar 4.6 Suhu harmonik, suhu sebenarnya dan suhu residu (non harmonik) Stasiun 01

Dalam Gambar 4.6 sangat terlihat jelas bahwa, suhu harmonik adalah suhu yang dipengaruhi oleh interaksi benda-benda astronomis terutama Bumi-Bulan-Matahari (garis Grafik warna biru). Sedangkan suhu sebenarnya adalah suhu permukaan laut yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung di lapangan (garis Grafik warna jingga). Suhu residu adalah suhu yang diduga diperoleh dari pengaruh pantulan sinar matahari yang menyentuh ke permukaan air laut, gesekan air dengan dasar laut, pengaruh presipitasi, keluaran (outlet) air sungai di sekitar wilayah perairan dan lain sebagainya (garis Grafik warna abu-abu).

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa nilai maksimum, minimum dan rata – rata dari suhu sebenarnya, suhu harmonik dan suhu residu di stasiun 01 disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tabel nilai maksimum, minimum dan rata – rata suhu harmonik, suhu sebenarnya dan suhu residu stasiun 01

SUHU	HARMONIK	SEBENARNYA	RESIDU
MIN	-1.50170438	27.075	27.92758
MAX	1.803648578	31.88	31.598388
RATA2	0.019908881	28.84160351	28.821695

Komponen Harmonik Pada Stasiun Perekam Data SPL 01 Total Komponen Harmonik Yang Didapat Dari Stasiun 01

Tabel 4.2 Total Konstanta Harmonik turunan SPL di stasiun 01

no	komp	freq	Amp °C	amp-err	pha	Pha-err	snr
1	MM	0.001512	0.0955	0.123	229.92	73.63	0.61
2	*MSF	0.002822	0.1804	0.123	304.39	38.97	2.2
3	*ALP1	0.034397	0.0774	0.021	190.8	15.42	13
4	2Q1	0.035706	0.0186	0.021	254.7	66.69	0.76
5	*Q1	0.037219	0.0678	0.021	100.23	17.43	10
6	*O1	0.038731	0.0601	0.021	244.15	18.79	7.9

7	*NO1	0.040269	0.1168	0.021	99.35	9.65	30
8	*P1	0.041553	0.3823	0.021	108.46	3.21	3.20E+02
9	*K1	0.041781	1.1551	0.021	101.39	1.01	2.90E+03
10	*J1	0.043293	0.0467	0.021	149.39	26.98	4.8
11	*OO1	0.044831	0.0536	0.021	201.33	18.83	6.3
12	*UPS1	0.046343	0.0376	0.021	52.55	27.03	3.1
13	EPS2	0.076177	0.0052	0.025	271.53	309.26	0.043
14	*MU2	0.07769	0.0313	0.025	117.38	47.27	1.6
15	*N2	0.078999	0.0772	0.025	173.77	18.79	9.6
16	*M2	0.080511	0.1298	0.025	190.99	11.15	27
17	*L2	0.082024	0.0449	0.025	286.37	26.64	3.2
18	*S2	0.083333	0.2321	0.025	5.88	6.16	87
19	*K2	0.083562	0.0632	0.025	28.28	20.34	6.4
20	*ETA2	0.085074	0.041	0.025	46.94	35.56	2.7
21	MO3	0.119242	0.0286	0.048	319.28	88.76	0.36
22	*M3	0.120767	0.0592	0.048	51.75	46.73	1.6
23	*MK3	0.122292	0.0557	0.048	232.23	47.23	1.4
24	*SK3	0.125114	0.0697	0.048	196.57	37.25	2.1
25	MN4	0.159511	0.0213	0.042	67.69	117.03	0.25
25	M4	0.161023	0.0252	0.042	95.44	98.65	0.36
26	SN4	0.162333	0.0108	0.042	58.11	228.03	0.065
27	*MS4	0.163845	0.047	0.042	335.72	52.34	1.2
28	*S4	0.166667	0.0608	0.042	120.59	39.87	2.1
29	*2MK5	0.202804	0.0257	0.022	287.41	48.24	1.4
30	*2SK5	0.208447	0.043	0.022	184.59	28.1	3.8
31	2MN6	0.240022	0.0023	0.018	207.03	472.69	0.016
32	M6	0.241534	0.0017	0.018	45.83	630.83	0.0089
33	*2MS6	0.244356	0.0266	0.018	166.32	40.46	2.1
34	2SM6	0.247178	0.0153	0.018	239.3	69.49	0.7
35	3MK7	0.283315	0.0144	0.015	25.11	60.88	0.87
36	M8	0.322046	0.0096	0.011	17.34	69.23	0.76
37	M10	0.402557	0.0103	0.011	356.35	65.46	0.87

Dalam pengolahan data SPL dengan menggunakan Toolbox Matlab program T-Tide beta 1.3, didapat 37 buah komponen harmonik. Komponen-komponen harmonik signifikan ditandai dengan adanya Gambar bintang (*) pada tiap – tiap nama komponen. Dibawah ini adalah komponen harmonik signifikan yang nantinya akan diambil 9 komponen yang

dipergunakan untuk memprediksi pasang surut (pasut).

Komponen Harmonik Signifikan

Komponen harmonik signifikan ini adalah komponen-komponen yang mendapatkan nilai paling tinggi diantara total perolehan komponen harmonik seluruhnya.

Tabel 4.3 Konstanta Harmonik Signifikan turunan SPL stasiun 01

no	komp	freq	Amp (°C)	amp_err	pha	pha_err	snr
1	*MSF	0.002822	0.1804	0.123	304.39	38.97	2.2
2	*ALP1	0.034397	0.0774	0.021	190.8	15.42	13

3	*Q1	0.037219	0.0678	0.021	100.23	17.43	10
4	*O1	0.038731	0.0601	0.021	244.15	18.79	7.9
5	*NO1	0.040269	0.1168	0.021	99.35	9.65	30
6	*P1	0.041553	0.3823	0.021	108.46	3.21	3.20E+02
7	*K1	0.041781	1.1551	0.021	101.39	1.01	2.90E+03
8	*J1	0.043293	0.0467	0.021	149.39	26.98	4.8
9	*OO1	0.044831	0.0536	0.021	201.33	18.83	6.3
10	*UPS1	0.046343	0.0376	0.021	52.55	27.03	3.1
11	*MU2	0.07769	0.0313	0.025	117.38	47.27	1.6
12	*N2	0.078999	0.0772	0.025	173.77	18.79	9.6
13	*M2	0.080511	0.1298	0.025	190.99	11.15	27
14	*L2	0.082024	0.0449	0.025	286.37	26.64	3.2
15	*S2	0.083333	0.2321	0.025	5.88	6.16	87
16	*K2	0.083562	0.0632	0.025	28.28	20.34	6.4
17	*ETA2	0.085074	0.041	0.025	46.94	35.56	2.7
18	*M3	0.120767	0.0592	0.048	51.75	46.73	1.6
19	*MK3	0.122292	0.0557	0.048	232.23	47.23	1.4
20	*SK3	0.125114	0.0697	0.048	196.57	37.25	2.1
21	*MS4	0.163845	0.047	0.042	335.72	52.34	1.2
22	*S4	0.166667	0.0608	0.042	120.59	39.87	2.1
23	*2MK5	0.202804	0.0257	0.022	287.41	48.24	1.4
24	*2SK5	0.208447	0.043	0.022	184.59	28.1	3.8
25	*2MS6	0.244356	0.0266	0.018	166.32	40.46	2.1
26	M4	0.161023	0.0252	0.042	95.44	98.65	0.36

Pada Tabel 4.3 terdapat 26 komponen harmonik signifikan, dimana 9 komponen yang

ditandai dengan warna merah adalah komponen harmonik yang umumnya

Tabel 4.4 Komponen Harmonik Signifikan Turunan SPL stasiun 01 yang Digunakan untuk Memprediksi Pasang Surut

komp	Freq	Amp (°C)	amp_err	pha	pha_err	snr
*O1	0.038731	0.0601	0.021	244.15	18.79	7.9
*P1	0.041553	0.3823	0.021	108.46	3.21	3.20E+02
*K1	0.041781	1.1551	0.021	101.39	1.01	2.90E+03
*N2	0.078999	0.0772	0.025	173.77	18.79	9.6
*M2	0.080511	0.1298	0.025	190.99	11.15	27
*S2	0.083333	0.2321	0.025	5.88	6.16	87
*K2	0.083562	0.0632	0.025	28.28	20.34	6.4
*MS4	0.163845	0.047	0.042	335.72	52.34	1.2
M4	0.161023	0.0252	0.042	95.44	98.65	0.36

Karakteristik SPL perairan Pulau Pari dipengaruhi oleh komponen diurnal, semi diurnal dan perairan dangkal. Komponendiurnal signifikan antara lain K1 (~ 1.1551°C, freq 0.041781 cph (*cycle per solar*

hour)), P1 (~0.3823°C, freq 0.041553 cph), dan O1 (~0.0601°C, freq 0.038731 cph). Komponensemidiurnal signifikan antara lain S2 (~ 0.2321°C, freq 0.083333 cph), M2 (~0.1298°C, freq 0.080511 cph), N2

(-0.0772°C , freq 0.078999 cph) dan K2 (-0.0632°C , freq 0.08356 cph). Konstanta laut dangkal (*Shallow water harmonics*) signifikan antara lain Ms4 ($\sim 0.047^{\circ}\text{C}$, freq 0.16384 cph) dan M4 ($\sim 0.0252^{\circ}\text{C}$, freq 0.16102 cph). Berdasarkan nilai-nilai 9 konstanta harmonik diatas untuk mengetahui jenis pasang surut diaplikasikan dengan rumus *bilangan Zahl* maka diperoleh angka 3.35783, maka jenis

pasang surutnya adalah *diurnal* (harian tunggal).

Dengan memasukan koordinat ke dalam program TMD (*Tidal Modelling Driver*) maka, akan diperoleh konstanta harmonik, amplitudo, frekuensi dan fase. Komponen hasil pengolahan dari TMD di stasiun 01 dapat dilihat pada Tabel 4.6.

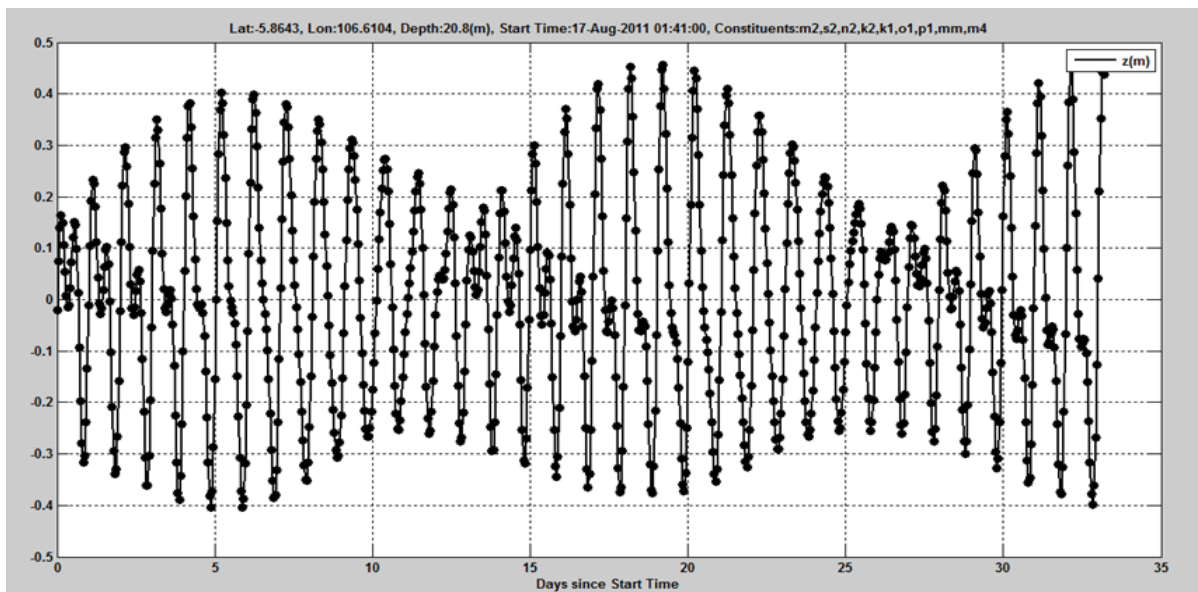
Tabel 4.6 Komponen Harmonik, *Amplitude, Phase* Turunan dari TMD Stasiun 01

Latitude	Longitude	Parameter	konstanta	Amp (m)	Phase
-5.8643	106.6104	z(m)	M2	0.0968	18.07
-5.8643	106.6104	z(m)	S2	0.0747	132
-5.8643	106.6104	z(m)	N2	0.0111	28.94
-5.8643	106.6104	z(m)	K2	0.0178	126.66
-5.8643	106.6104	z(m)	K1	0.258	32.3
-5.8643	106.6104	z(m)	O1	0.0968	8.29
-5.8643	106.6104	z(m)	P1	0.015	82.95
-5.8643	106.6104	z(m)	Mm	0.0066	32.89
-5.8643	106.6104	z(m)	M4	0.0011	73.27

Dari Tabel 4.7 ada 8 (delapan) komponen harmonik yang sama dengan komponen harmonik hasil olahan data SPL (M2, S2, KN2, K2, K1, O1, P1 dan M4) Untuk mengetahui jenis pasang surut di stasiun 01 maka, akan diaplikasikan dengan rumus *bilangan Zahl*, dan diperoleh angka 2.0688, maka jenis pasut di stasiun 01 adalah *mix tide prevailing diurnal* (pasang surut campuran cenderung harian tunggal). Hasil prediksi

pasang surut di stasiun 01 dapat dilihat pada Lampiran B.

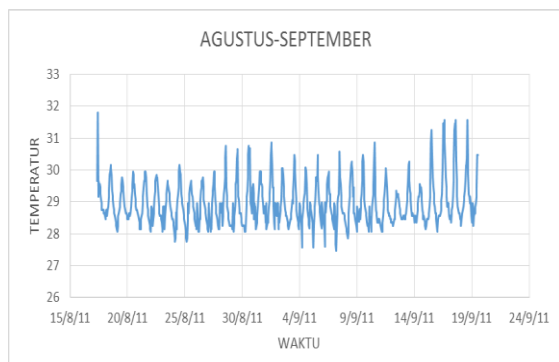
Dengan prediksi pasut hasil olahan TMD di stasiun 01 diketahui surut terendah adalah - 0.405 m, pasang tertinggi adalah 0.4728 m dan tunggang pasutnya 0.8778 m. Hasil prediksi pasang surut dapat kita lihat dalam bentuk grafik seperti yang tersaji dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Pasang Surut Hasil Turunan TMD Stasiun 01

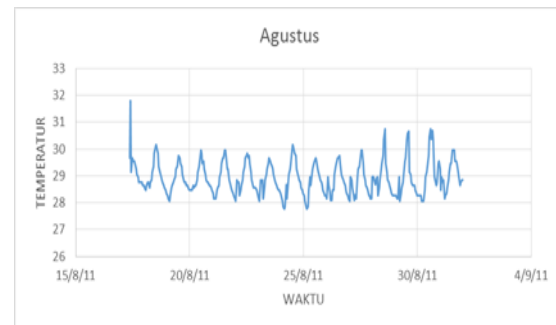
Karakteristik Suhu Permukaan Laut di Stasiun 02

Suhu Permukaan Laut (SPL) pada Stasiun Pererekam Data SPL 02



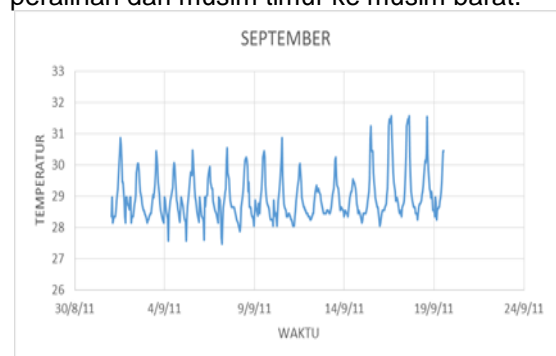
Gambar 4.8 Karakteristik SPL Bulan Agustus – September 2011 Stasiun 02

Dari data pengamatan di stasiun 02 dapat kita lihat dalam Gambar 4.8 dengan suhu maksimum $31,79^{\circ}\text{C}$, suhu minimum $27,468^{\circ}\text{C}$ dan suhu rata-rata adalah $28,944^{\circ}\text{C}$. Dengan melihat Gambar 4.8, suhu tertinggi terjadi di Bulan Agustus yaitu sebesar $31,88^{\circ}\text{C}$ pada bulan ini sedang terjadi musim timur, suhu menurun sampai menjelang akhir bulan, pada akhir Agustus suhu cenderung naik sampai awal September dan suhu cenderung meningkat sampai akhir September. Hal ini disebabkan karena, pada September terjadi musim peralihan dari musim timur ke musim barat. Perairan Pulau Pari masih termasuk ke dalam Laut Jawa, pada musim barat SPL di Kawasan Barat Indonesia (KBI) pada umumnya relatif lebih rendah daripada musim timur. Suhu air Laut Jawa cukup tinggi yaitu berada pada kisaran antara $27^{\circ}\text{C} - 29^{\circ}\text{C}$ (Wyrcki, 1961; Pranowo, 2002; Boyer et al., 2009). Nilai suhu rata-rata tahunan permukaan Laut Jawa adalah 28°C menurut (Weyl 1967) oleh Heryati 2016. Wyrcki (1961) mengemukakan, pada periode musim timur (Mei - Agustus), angin bergerak dari wilayah timur menuju barat membawa massa air yang bersuhu relative lebih rendah dari wilayah timur menuju barat, sedangkan pada saat musim barat (Nopember – Februari), angin bergerak dari barat menuju timur membawa massa air dengan suhu lebih hangat. Suhu rata-rata tahunan permukaan Laut Jawa adalah 28°C dengan simpangan suhu berkisar antara $2 - 3^{\circ}\text{C}$ (Heriyati 2016). Pada bulan Agustus dan September 2011 juga terjadi fenomena La Nina, dimana suhu permukaan laut lebih hangat daripada suhu normalnya.



Gambar 4.11 Karakteristik SPL Agustus 2011 Stasiun 02

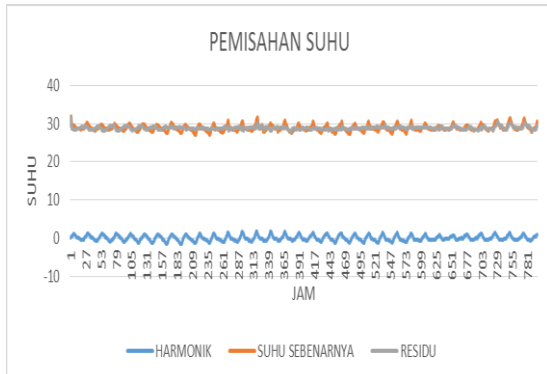
Pada Agustus 2011 di stasiun pengamatan 02 diketahui suhu maksimum adalah $31,79^{\circ}\text{C}$, suhu minimum $27,764^{\circ}\text{C}$ dan suhu rata-rata $28,921^{\circ}\text{C}$. Suhu tertinggi terjadi pada awal Agustus, yaitu sebesar $31,79^{\circ}\text{C}$, kemudian suhu cenderung menurun dan kembali menghangat pada akhir Agustus. Pada bulan ini perairan Indonesia masih mengalami musim timur sehingga suhu perairan cenderung rendah. Pada akhir Agustus terjadi kenaikan suhu permukaan laut, hal ini dikarenakan menjelang terjadinya musim peralihan dari musim timur ke musim barat.



Gambar 4.12 Karakteristik SPL bulan September 2011 stasiun 02

Pada Gambar 4.12 dapat kita lihat bahwa suhu maksimum pada September 2011 adalah $31,56^{\circ}\text{C}$, dengan suhu minimum adalah $27,468^{\circ}\text{C}$ dan suhu rata-rata $28,961^{\circ}\text{C}$. Suhu tertinggi mencapai suhu $31,37^{\circ}\text{C}$ terjadi pada akhir bulan. Hal ini terjadi diduga karena pada bulan ini terjadi musim peralihan yang cenderung memiliki suhu relatif rendah menuju musim barat yang bersuhu tinggi.

Dengan menggunakan toolbox Matlab program T-Tide beta 1.3, data SPL diolah, sehingga menghasilkan komponen harmonik dan diketahui pula suhu harmonik, suhu sebenarnya serta suhu residu (non harmonik), yang dapat dilihat pada Lampiran B. Gambar 4.13 adalah Grafik pemisahan suhu sebenarnya, suhu harmonik dan suhu residu (non harmonik) dari data SPL di stasiun 02.



Gambar 4.13 Suhu harmonik, suhu sebenarnya dan suhu residu (non harmonik) Stasiun 02

Dalam Gambar 4.13 suhu harmonik adalah suhu yang dipengaruhi oleh interaksi benda-benda astronomis terutama Bumi-Bulan-Matahari (garis Grafik warna biru). Sedangkan suhu sebenarnya adalah suhu permukaan laut yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung di lapangan (garis Grafik warna jingga). Suhu residu adalah suhu yang diduga diperoleh dari pengaruh pantulan sinar matahari yang menyentuh ke permukaan air laut, gesekan air dengan dasar laut, pengaruh presipitasi, keluaran (outlet) air sungai di sekitar wilayah perairan dan lain sebagainya (garis Grafik warna abu-abu).

Total Komponen Harmonik Yang Didapat Dari Stasiun 02

Tabel 4.8 Total Konstanta Harmonik Stasiun 02

no	tide	freq	Amp(°C)	amp_err	pha	pha_err	snr
1	MM	0.001512	0.0955	0.123	229.92	73.63	0.61
2	*MSF	0.002822	0.1804	0.123	304.39	38.97	2.2
3	*ALP1	0.034397	0.0834	0.021	191.22	15.42	15
4	*2Q1	0.035706	0.0215	0.021	259.1	66.69	1
5	*Q1	0.037219	0.0718	0.021	102.15	17.43	11
6	*O1	0.038731	0.0598	0.021	244.27	18.79	7.8
7	*NO1	0.040269	0.0876	0.021	89.76	9.65	17
8	*P1	0.041553	0.3819	0.021	108.39	3.21	3.20E+02
9	*K1	0.041781	1.1541	0.021	101.32	1.01	2.90E+03
10	*J1	0.043293	0.0565	0.021	142.87	26.98	7
11	*OO1	0.044831	0.0515	0.021	199.87	18.83	5.8
12	*UPS1	0.046343	0.0406	0.021	51.38	27.03	3.6
13	EPS2	0.076177	0.0046	0.025	268.24	309.26	0.034
14	*MU2	0.07769	0.0305	0.025	116.6	47.27	1.5
15	*N2	0.078999	0.0772	0.025	173.77	18.79	9.6
16	*M2	0.080511	0.1297	0.025	191.1	11.15	27
17	*L2	0.082024	0.0449	0.025	286.37	26.64	3.2
18	*S2	0.083333	0.2322	0.025	5.95	6.15	87
19	*K2	0.083562	0.0632	0.025	28.35	20.45	6.4
20	*ETA2	0.085074	0.0331	0.025	53.07	35.56	1.8
21	MO3	0.119242	0.0284	0.048	319.5	88.76	0.36
22	*M3	0.120767	0.0592	0.048	51.75	46.73	1.6
23	*MK3	0.122292	0.0556	0.048	232.3	47.23	1.4
24	*SK3	0.125114	0.0696	0.048	196.53	37.25	2.1
25	MN4	0.159511	0.0213	0.042	67.8	117.03	0.25
26	M4	0.161023	0.0252	0.042	95.66	98.65	0.35
27	SN4	0.162333	0.0108	0.042	58.12	228.03	0.065
28	*MS4	0.163845	0.0469	0.042	335.83	52.34	1.2

29	*S4	0.166667	0.0608	0.042	120.6	39.87	2.1
30	*2MK5	0.202804	0.0257	0.022	287.59	48.24	1.3
31	*2SK5	0.208447	0.043	0.022	184.56	28.1	3.8
32	2MN6	0.240022	0.0023	0.018	207.25	472.69	0.016
33	M6	0.241534	0.0017	0.018	46.16	630.83	0.0088
34	*2MS6	0.244356	0.0266	0.018	166.54	40.46	2.1
35	2SM6	0.247178	0.0153	0.018	239.41	69.49	0.69
36	3MK7	0.283315	0.0143	0.015	25.4	60.88	0.86
37	M8	0.322046	0.0095	0.011	17.78	69.23	0.75
38	M10	0.402557	0.0102	0.011	356.9	65.46	0.86

Table 4.10 Komponen Harmonik Signifikan turunan SPL stasiun 02 Yang Digunakan Untuk memprediksi Pasang Surut

komp	freq	Amp (°C)	amp_err	pha	pha_err	snr
*O1	0.038731	0.0598	0.021	244.27	18.79	7.8
*P1	0.041553	0.3819	0.021	108.39	3.21	3.20E+02
*K1	0.041781	1.1541	0.021	101.32	1.01	2.90E+03
*N2	0.078999	0.0772	0.025	173.77	18.79	9.6
*M2	0.080511	0.1297	0.025	191.1	11.15	27
*S2	0.083333	0.2322	0.025	5.95	6.15	87
*K2	0.083562	0.0632	0.025	28.35	20.45	6.4
*MS4	0.163845	0.0469	0.042	335.83	52.34	1.2
M4	0.161023	0.0252	0.042	95.66	98.65	0.35

Tabel 4.11 komponen harmonik turunan dari TMD Stasiun 02

Latitude	Longitude	Parameter	Konstanta	Amplitudo	Phase
-5.8591	106.6227	z(m)	m2	0.0942	18.54
-5.8591	106.6227	z(m)	s2	0.0742	132.05
-5.8591	106.6227	z(m)	n2	0.0109	31.41
-5.8591	106.6227	z(m)	k2	0.0176	126.8
-5.8591	106.6227	z(m)	k1	0.2597	31.99
-5.8591	106.6227	z(m)	o1	0.098	8.09
-5.8591	106.6227	z(m)	p1	0.0151	81.22
-5.8591	106.6227	z(m)	mm	0.0066	32.88
-5.8591	106.6227	z(m)	m4	0.001	73.31

Dari prediksi pasut hasil olahan TMD di stasiun 02 diketahui surut terendah adalah -0.4043 m, pasang tertinggi adalah 0.4724 m dan tunggang pasutnya 0.8767 m..

Kesimpulan

Penelitian yang dilaksanakan pada skripsi ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

a. Diperoleh kurang lebih 38 komponen harmonik dari hasil olahan data SPL. SPL

dipengaruhi oleh kombinasi sistem matahari dan bulan.

b. Karakteristik SPL di Perairan Pulau Pari dipengaruhi oleh komponen harmonik diurnal, semidiurnal dan perairan dangkal

1) Konstanta diurnal signifikan antara lain (K1 (~ 1.1541°C -1.1551°C, freq 0.041781 cph), P1 (~ 0.3819°C - 0.3823°C, freq 0.041553 cph), dan O1 (~-0.0598°C – 0.0601°C, freq 0.038731 cph).

2) Konstanta semidiurnal antara lain S2 (~ 0.2321°C- 0.2322°C, freq

- 0.083333 cph), M2 (~ 0.1297°C - 0.1298°C, freq 0.080511 cph), N2 (~0.0772°C, freq 0.078999 cph) dan K2 (~0.0632°C, freq 0.08356 cph).
- 3) Konstanta laut dangkal (shallow water harmonics) signifikan antara lain MS4 (~ 0.047°C- 0.0469°C, freq 0.16384 cph) DAN M4 (~0.0252°C, freq 0.16102 cph).
- c. Berdasarkan komponen harmonik yang diturunkan dari data SPL menunjukan bahwa Pulau Pari memiliki jenis Pasang Surut harian tunggal (diurnal).
- d. Dari pengolahan data Pasang Surut TMD diperoleh 8 (delapan) komponen harmonik yang sama dengan hasil olahan data Pasang Surut SPL.
- e. Karakteristik perairan Pulau Pari berdasarkan olahan data pasang surut menunjukan bahwa Pulau Pari mempunyai jenis pasut antara campuran cenderung diurnal hingga diurnalaplikasi Monalisa, terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

DAFTAR PUSTAKA

- Candrasari., 2015 : Peramalan Nilai Msl Berdasarkan Data Pasang Surut Dengan Metode Admiralty Dan Autoregressive Integrated Moving Average (Arima) Di Perairan Pulau Pari
- Garrison, T. 1999 : Oceanography An Introductin to Marine Science 3rd edition. Wadsworth Publishing Company
- Garrison, T. 2006 : Essentials of Oceanography 4th. Thomson Brooks/Cole
- Hadi., Oseanografi Fisis. 2010. Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Hutabarat., dan Evans. 1995. Pengantar Oseanografi. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Hasibuan.G, 2009, Skripsi : Analisis Surut Astronomis Terendah di Perairan Sabang, Sibolga, Padang, Cilacap, dan Benoa Menggunakan Superposisi Konstanta Harmonik Pasang Surut., Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Hasibuan, G. 2007. Analisa surut astronomis terendah di perairan sabang dengan menggunakan superposisi konstanta harmonik pasang surut.
- Heryati, 2016. Hubungan fenomena ENSO dengan variabilitas massa air Laut Jawa pada 1997 – 1998 dan 2014 – 2015.
- Irfan. A., 2014.Menentukan Komponen Harmonik dengan World Tides. <http://sahmadirfanaw.wordpress.com>
- Kepulauan SeribuEgberb, Eroveeva, 2003 TMD (Tidal Model Driver)
- Nugraha.,dkk. 2010. KepulauanSeribu.2010<http://www.jakarta.go.id>
- Nulhakim.,dkk.TeoriHarmonikPasut.<http://www.academia.edu/11561646/>
- Pickard, G. L. 1975 : Descriptive Physical Oceanography, 2nd edition. Pergamon Press
- Pariwono., 1989. Gaya Penggerak Pasang Surut, P3O LIPI. Jakarta.
- Pawlowicz, R., B. Beardsley, S. Lents (2002), Classical tidal harmonic analysis including eror estimates in MATLAB using T-TIDE, Pergamon. Computers and Geosciences 28 (2002).
- Pond,. & Pickard (1983) : Introductory Dynamical Oceanography, 2nd edition. Pergamon Press
- Pickard,. 1975 : Descriptive Physical Oceanography, 2nd edition. Pergamon Press
- Rosana,. 2015. Letak geografis wilayah Indonesia. <http://www.ilmusiana.com>
- Safingi, M. 2006. Sebaran Konsentrasi Klorofil dan Suhu permukaan Laut Menggunakan Citra Satelit Terra MODIS Di Perairan Natuna.
- The Open University 1989 : Waves, Tides and Shallow-Water Precesses. Butterworth-Heineman.
- Wismadi., dkk. 2014. Karakteristik pasut di laut Raja Ampat
- Wyrcki, 1962. Naga Report.International Maritime Organization. 2004. *Carriage Requirements For Shipborne Navigational Systems And Equipment*. Regulation 19.2 of Solas Chapter V.