

**Perbandingan Konstanta Harmonik
Antara Suhu Permukaan Laut Dan Pasang Surut
Di Perairan Tanimbar**

Koswara¹, Sahat Monang S², Johar Setiadi³, Widodo S. Pranowo⁴

¹Mahasiswa Program Studi Diploma III Hidro-Oseanografi, STTAL

²Dosen Pengajar Prodi D-III Hidro-Oseanografi, STTAL

³Dosen Pengajar Prodi D-III Hidro-Oseanografi, STTAL

⁴Peneliti dari Badan Riset Kelautan dan Perikanan, KKP

ABSTRAK

Jenis penelitian yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini adalah komparasi (perbandingan) dengan tujuan untuk mendapatkan karakteristik berdasarkan analisis konstanta harmonik dan mawar arahnya, serta untuk mengetahui tipe pasutnya. Sehingga dapat dicari kemungkinannya apakah tipe pasut dari konstanta harmonik hasil pengolahan data Suhu Permukaan Laut tersebut dapat digunakan sebagai alternatif untuk prediksi pasang surut ataukah tidak. Adapun data pasang surut diperoleh dari Stasiun Pasang Surut di Saumlaki milik Badan Informasi Geospasial.

Proses pengolahan data Suhu Permukaan Laut dan Pasang Surut dilaksanakan dengan menggunakan perangkat lunak *t_tide-v1.3beta* sampai dengan mendapatkan 9 (sembilan) konstanta harmonik yang biasa dipakai dalam survei Pushidrosal, yang terdiri dari konstanta Harian Ganda (M2, S2, N2, K2), konstanta Harian Tunggal (K1, O1, P1) dan konstanta Perairan Dangkal (M4, MS4).

Secara umum berdasarkan analisis harmonik, 9 konstanta harmonik diperoleh dari hasil pengolahan kedua data utama. Namun, untuk konstanta harmonik K2 dari data SPL adalah tidak signifikan, sedangkan konstanta harmonik M4 dari data pasang surut adalah yang tidak signifikan. Kedua konstanta harmonik tersebut tidaklah berpengaruh terhadap penentuan tipe pasut. Secara eksperimental, dengan asumsi nilai amplitudo konstanta harmonik adalah sebagai nilai indek tidak bersatuan, berdasarkan selisih indeks konstanta pasang surut dikurangi indeks elevasi suhu permukaan laut maka tipe pasang surut di Tanimbar adalah campuran condong ke harian ganda. Tipe tersebut sama dengan tipe pasut yang dihasilkan oleh konstanta harmonik berdasarkan data pasut.

Kata Kunci : Suhu Permukaan Laut, Pasang Surut, Konstanta Harmonik, Hobo T-Logger, *T_tide-v1.3beta*.

ABSTRACT

The aim of this thesis research is processing and providing a harmonics constant from SST time series data, and then it compared with tidal constant harmonics. All constant harmonics is provided as numerical constants and a constant-roses for further analysis. It is experimental research analysis to find a possibe tidal type, which is derived from SST harmonic constants. A comparison with tidal harmonic constants is definitely conducted in here.

*The processing of SST and Tidal data is carried out using *t_tide-v1.3beta* software. More than 38 harmonic constants are resulted, but up to 9(nine) is only focused, whih is commonly used by Pushidrosal surveys. Those are consisting of Semidiurnal (dual daily) constants (M2, S2, N2, K2), Diurnal (single daily) constants (K1, O1, P1), and also two shallow water constants (M4, and MS4).*

In general, based on harmonic analysis, even though 9 harmonic constants are resulted, but some of them is not significant. Thera are K2 SST constant, and M4 tidal constant. Both are not considered in the tidal type computation of Form factor analysis. Experimentatly, using an assumption that all constant value is an unitless index, based on subtraction between tidal constants and SST constants, it reveals tidal type of mixed prevailing semidiurnal is belongs to Tanimbar Coastal Waters. The type is stay the same, when the computation is conducted based on tidal harmonic constants only.

Keywords : Sea Surface Temperature, Tidal, Harmonic Constant, Hobo T-Logger, *T_tide-v1.3beta*.

Latar Belakang

Suhu laut adalah hal yang paling dasar yang diketahui dan diukur oleh para ahli jaman dahulu untuk mendeskripsikan massa air, suhu laut dapat dipetakan secara vertikal maupun horisontal tergantung pada waktu dan tempat disesuaikan dengan kebutuhan kajian. Suhu Permukaan Laut (SPL) bersumber pada beberapa hal, yaitu : matahari yang merupakan sumber utama dari dinamika yang ada di bumi, interior bumi termasuk daratan dan kerak bumi serta energi kinetik yang ada dalam kolom air (*Purba dan Pranowo, 2015*).

Secara alami suhu air di permukaan laut merupakan lapisan yang hangat karena mendapatkan radiasi matahari pada siang hari. Aliran arus laut yang dipengaruhi oleh angin dan gelombang akan membawa perubahan suhu pada kolom air yang dilewatinya. Hal ini terjadi karena proses adveksi arus laut membawa suhu baru yang bercampur pada daerah yang dilaluinya. Variabilitas dari arus permukaan laut yang berada di daerah Maluku Utara menunjukkan berbagai komponen *budget* dari pergerakan horisontal (*adveksi*), perubahan energi di dalam kolom air dan perubahan suhu di permukaan laut (*Aldrian, 2003*).

Dewasa ini Suhu Permukaan Laut banyak diaplikasikan untuk perikanan dan pemanfaatan sumberdaya hayati laut. Akan tetapi, untuk kepentingan militer, sementara ini penelitian tentang suhu laut secara keseluruhan masih terbatas hanya untuk mengidentifikasi zona bayangan (*shadow zone*) yang berada di kolom air sebagai tempat persembunyian kapal selam dari radar kapal patroli. Menyikapi hal tersebut diperlukan adanya suatu metode untuk mengidentifikasi adanya konstanta harmonik yang terdapat pada data suhu permukaan laut, serta untuk mengetahui besaran nilainya kemudian akan dilaksanakan perbandingan antara konstanta harmonik dari data suhu permukaan laut tersebut dengan konstanta harmonik dari data pasang surut air laut di daerah yang sama, mengingat keduanya sama-sama mendapatkan pengaruh rotasi dan revolusi serta transfer energi yang sama dari bulan dan matahari.

Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mendapatkan karakteristik dan tipe pasut berdasarkan konstanta harmonik hasil pengolahan kedua data *time series* Suhu Permukaan Laut dan Pasang Surut di perairan Tanimbar – Maluku Tenggara Barat dengan menggunakan perangkat lunak *t_tide-v1.3beta*.

Kemudian setelah di analisa menggunakan *script* diagram mawar arah yang dijalankan dengan perangkat lunak *Mathworks Matlab R2009b* dan *Microsoft Excel 2010* akan dilaksanakan perbandingan untuk mencari kemungkinan apakah tipe pasut berdasarkan konstanta harmonik hasil pengolahan data SPL dapat digunakan sebagai alternatif untuk prediksi pasang surut ataukah tidak.

Metodologi Penelitian

1. Jenis Penelitian

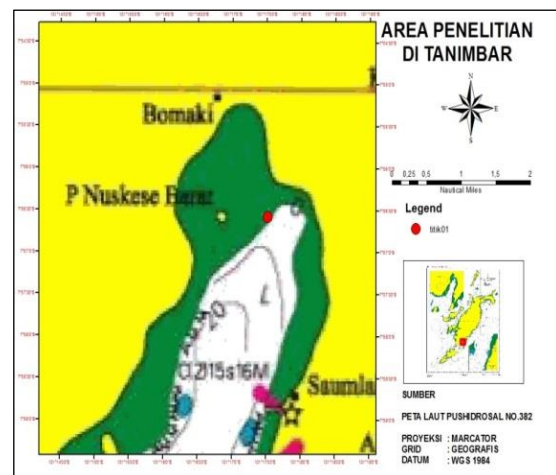
Jenis penelitian yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini adalah komparasi (perbandingan) dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik dan tipe pasut dari hasil kedua pengolahan data (*time series* SPL dan PASUT), serta untuk mendapatkan karakteristik dan tipe pasut berdasarkan konstanta harmonik SELISIH, hasil pengurangan konstanta harmonik data PASUT dikurangi konstanta harmonik data SPL.

2. Jalannya Penelitian

Jalannya penelitian yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini merupakan sistem kerja rancangan dari seluruh rangkaian kegiatan penelitian untuk mendapatkan *input* data yang dilaksanakan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan yang berada di Komplek Bina Samudera Jl. Pasir Putih II Lantai 4, Ancol Timur, Jakarta Utara 14430-DKI Jakarta. Mulai dari proses instalasi perangkat keras *Hobo T-Logger*, pengunduhan (*download*) data serta pengolahan data dengan menggunakan perangkat lunak *t_tide-v1.3beta* sampai dengan mendapatkan *output* data yang diharapkan.

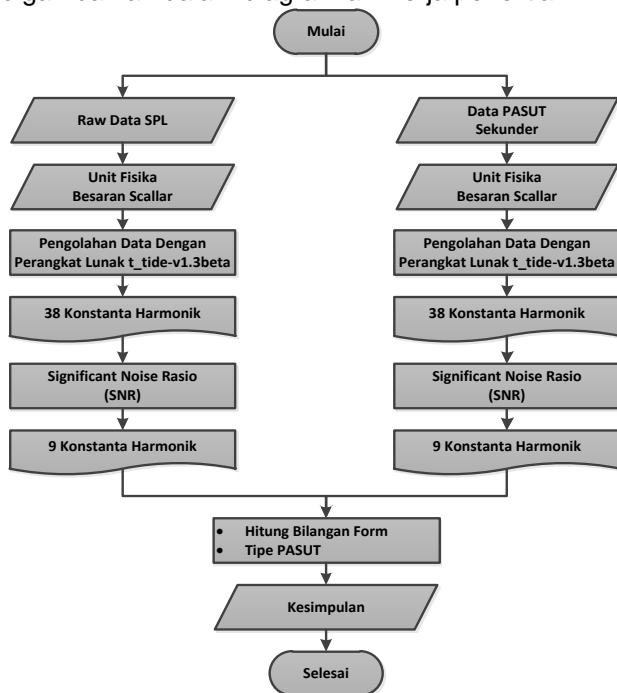
3. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu dan tempat penelitian berada di daerah perairan 77n Tanimbar Kabupaten Maluku Tenggara Barat, pada tanggal 22 Juli 2016 sampai dengan 08 Oktober 2016, untuk posisi penempatan alat berada di Pelabuhan Pendaratan Ikan (PPI) Ukularang dengan titik koordinat (7° 58' 57.61" S - 131° 17' 26.00" E).



4. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian adalah konsep yang dapat memberikan gambaran secara umum tentang proses yang akan dilaksanakan dalam penelitian. Rancangan penelitian yang dilakukan oleh penulis yaitu dimulai dari kedua input data (SPL dan PASUT) yang kemudian dilaksanakan pengolahan data dengan menggunakan perangkat lunak *t_tide-v1.3beta* sampai dengan mendapatkan konstanta harmonik dari kedua *input* data tersebut, yang selanjutnya dilaksanakan analisis data dengan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel 2010* dan *script* diagram mawar arah yang dijalankan dengan perangkat lunak *Mathworks Matlab R2009b*, sampai dengan mendapatkan karakteristik dan tipe pasut dari kedua input data tersebut. Berikut ini merupakan rancangan penelitian penulis yang digambarkan dalam diagram alir kerja penelitian.



5. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari metode primer dan metode sekunder yang diperoleh penulis sebagai berikut :

a. Metode Primer

Merupakan data Suhu Permukaan Laut yang diperoleh penulis dari hasil akuisisi data primer dengan menggunakan alat Hobo T-Logger secara time series di Pelabuhan Pendaratan Ikan (PPI) Ukularang, yang dilaksanakan pada tanggal 22 Juli 2016 sampai dengan 08 Oktober 2016.

b. Metode Sekunder

Merupakan data pasang surut air laut daerah Saumlaki yang diperoleh penulis dari hasil permohonan data kepada Badan Informasi dan Geospasial (BIG) pada tanggal 14 maret 2017.

6. Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data time series Suhu Permukaan Laut (SPL) dan Pasang Surut (PASUT) dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *t_tide-v1.3beta* dan *Microsoft Excel 2010* sampai dengan mendapatkan hasil berupa 38 konstanta harmonik yang memiliki karakteristik yang berbeda-beda, kemudian konstanta harmonik hasil pengolahan data tersebut akan dicopy kedalam *Microsoft Excel* yang selanjutnya akan dilakukan pemisahan antara konstanta harmonik significant dan konstanta harmonik non-significant. Selanjutnya dari konstanta harmonik significant dari tiap-tiap data tersebut akan dilakukan pemisahan kembali menjadi 9(sembilan) konstanta harmonik yang umum digunakan dalam perhitungan prediksi pasang surut dengan metode *admiralty* yang biasa digunakan oleh Pushidros TNI-AL.

Langkah selanjutnya untuk mendapatkan tipe pasut berdasarkan 9(sembilan) konstanta harmonik hasil kedua pengolahan data tersebut akan dilakukan penghitungan dengan menggunakan rumus $formzahl = \frac{K1 + O1}{M2 + S2}$ keterangan dari komponen harmonik tersebut yaitu : K1(unsur pasut tunggal yang disebabkan oleh gaya tarik matahari), O1(unsur pasut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan), M2(unsur pasut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan) dan S2(unsur pasut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari).

Hasil Pengolahan Data

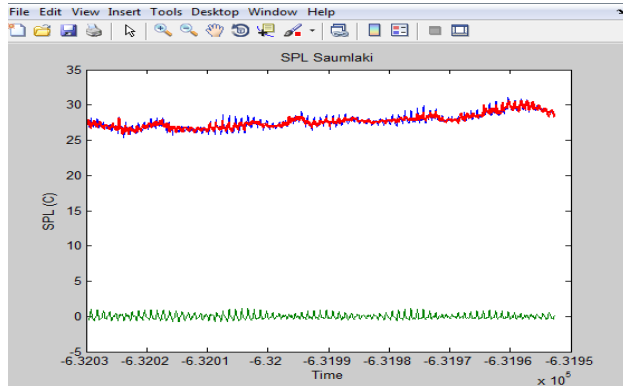
Pengolahan data dengan menggunakan perangkat lunak *t_tide-v1.3beta* menghasilkan grafik/konstanta harmonik, *non-harmonik* dan residu dari masing-masing data *time series* Suhu Permukaan Laut dan Pasang Surut

a. Hasil Pengolahan Data SPL

38 konstanta harmonik data SPL.

tidal amplitude and phase with 95% CI estimates						
tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
MM	0.001512	0.292	0.367	160.35	71.92	0.63
MSF	0.002822	0.2808	0.367	219.18	74.8	0.59
ALP1	0.034397	0.0224	0.036	222.72	104	0.39
2Q1	0.035706	0.0239	0.036	283.99	97.78	0.44
Q1	0.037219	0.0021	0.036	312.24	1186	0.0033
*O1	0.038731	0.207	0.036	188	12.38	33
NO1	0.040269	0.022	0.036	208.91	119.47	0.38
*P1	0.041553	0.1737	0.036	131.67	11.74	23
*K1	0.041781	0.5249	0.036	124.6	4.45	2.10E+02
*J1	0.043293	0.0711	0.036	45.54	30.97	3.9
OO1	0.044831	0.0358	0.036	232.79	121.1	0.99
UPS1	0.046343	0.0148	0.036	188.47	278.45	0.17
EPS2	0.076177	0.0157	0.026	262.28	91.17	0.37
*MU2	0.07769	0.057	0.026	171.66	24.97	4.9
*N2	0.078999	0.0592	0.026	303.53	23.94	5.3
*M2	0.080511	0.202	0.026	316.24	7.04	62
*L2	0.082024	0.0278	0.026	35.55	49.54	1.2
*S2	0.083333	0.0437	0.026	47.95	33.8	2.9
K2	0.083562	0.0119	0.026	70.35	164.7	0.21
*ETA2	0.085074	0.0317	0.026	114.24	73.67	1.5
*MO3	0.119242	0.0615	0.018	114.01	19.63	12
*M3	0.120767	0.0184	0.018	16.57	51.79	1.1
*MK3	0.122292	0.072	0.018	68.88	15.26	17

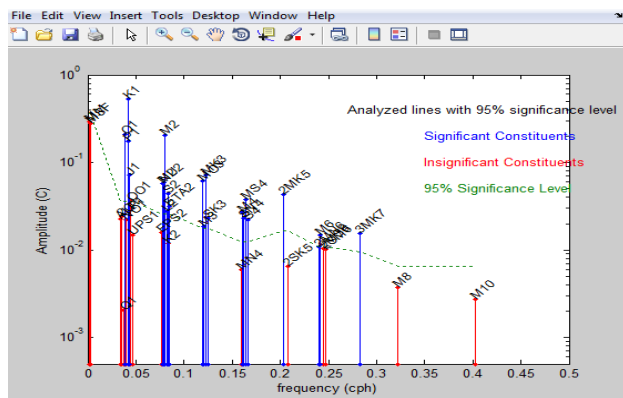
*SK3	0.125114	0.0229	0.018	301.8	49.86	1.7
MN4	0.159511	0.006	0.012	261.13	109.36	0.24
*M4	0.161023	0.027	0.012	221.03	24.26	4.8
*SN4	0.162333	0.0231	0.012	154.45	29.48	3.5
*MS4	0.163845	0.038	0.012	30.71	17.91	9.6
*S4	0.166667	0.0219	0.012	213.87	32.25	3.2
*2MK5	0.202804	0.0434	0.017	36.39	23.15	6.8
2SK5	0.208447	0.0065	0.017	74.28	166.29	0.15
*2MN6	0.240022	0.0109	0.011	252.34	50.72	1
*M6	0.241534	0.015	0.011	259.94	36.96	1.9
2MS6	0.244356	0.0104	0.011	208.02	55.11	0.94
2SM6	0.247178	0.0103	0.011	150.53	58.2	0.91
*3MK7	0.283315	0.0156	0.01	83.55	35.88	2.6
M8	0.322046	0.0038	0.007	283.45	86.86	0.33
M10	0.402557	0.0027	0.007	187.85	114.91	0.17



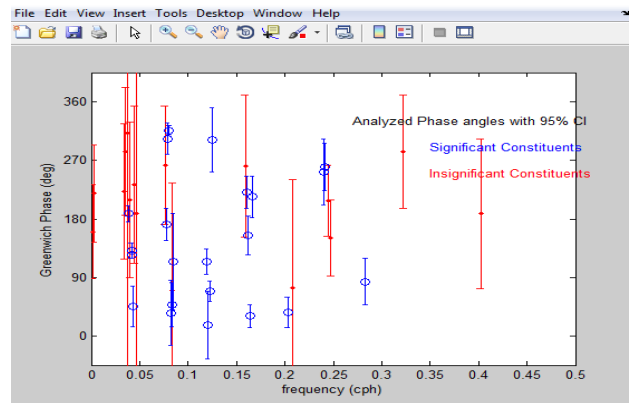
Keterangan pada gambar diatas yaitu, konstanta harmonik suhu permukaan laut (grafik warna hijau) menyatakan konstanta harmonik yang dihasilkan memiliki nilai significant lebih dari 95% yang dipengaruhi oleh interaksi benda-benda astronomis terutama bumi, bulan dan matahari.

Sedangkan grafik warna biru menyatakan grafik dari suhu permukaan laut sebenarnya yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung dilapangan.

Untuk grafik warna merah menyatakan residu yang diperkirakan diperoleh dari pengaruh pantulan sinar matahari yang menyentuh permukaan air laut, gesekan air dengan dasar laut, penambahan debit air laut dari air sungai yang berada disekitar wilayah perairan



Gambar diatas menerangkan nilai *Amplitudo* data SPL

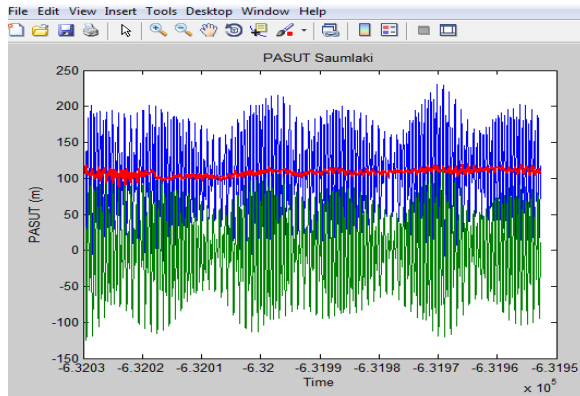


Gambar diatas menerangkan nilai *Phase* data SPL

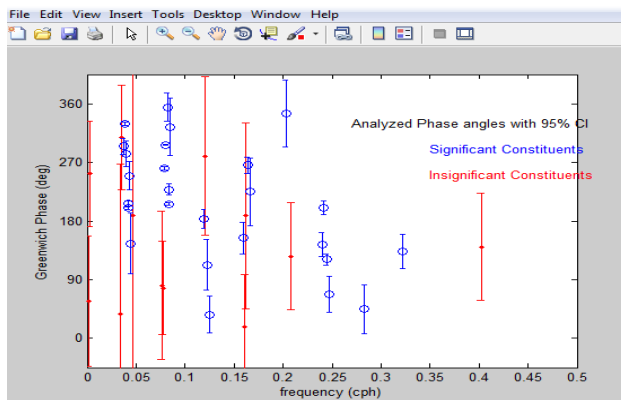
b. Hasil pengolahan data PASUT

38 Konstanta Harmonik Data PASUT

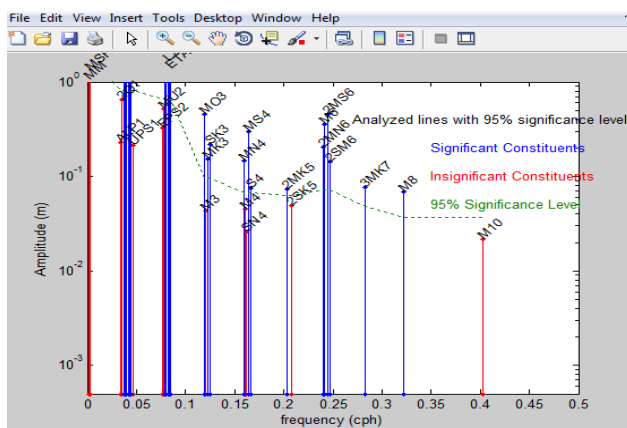
tidal amplitude and phase with 95% CI estimates						
tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
MM	0.0015122	10.603	1.854	57.37	100.18	0.33
MSF	0.0028219	13.140	1.854	252.87	80.84	0.5
ALP1	0.0343966	0.226	0.805	37.01	230.77	0.079
2Q1	0.0357064	0.6487	0.805	308.11	80.67	0.65
*Q1	0.0372185	43.828	0.805	294.98	12.47	30
*O1	0.0387307	197.678	0.805	329.31	2.9	6.00E+02
*NO1	0.0402686	29.449	0.805	283.25	20.01	13
*P1	0.0415526	101.500	0.805	206.96	4.49	1.60E+02
*K1	0.0417807	306.712	0.805	199.89	1.7	1.50E+03
*J1	0.0432929	22.031	0.805	249.73	22.35	7.5
*OO1	0.0448308	20.667	0.805	145.65	46.95	6.6
UPS1	0.046343	0.2158	0.805	189.07	426.13	0.072
EPS2	0.0761773	0.3274	0.669	80.8	113.95	0.24
MU2	0.0776895	0.5167	0.669	77.29	71.73	0.6
*N2	0.0789992	117.154	0.669	260.88	3.15	3.10E+02
*M2	0.0805114	624.831	0.669	296.52	0.59	8.70E+03
*L2	0.0820236	16.506	0.669	354.73	21.68	6.1
*S2	0.0833333	223.246	0.669	206	1.72	1.10E+03
*K2	0.0835615	60.756	0.669	228.4	8.39	82
*ETA2	0.0850736	13.657	0.669	324.55	44.48	4.2
*MO3	0.1192421	0.4517	0.096	183.02	14.63	22
M3	0.1207671	0.043	0.096	279.67	121.57	0.2
*MK3	0.1222921	0.154	0.096	112.57	39.11	2.6
*SK3	0.1251141	0.2202	0.096	36.53	28.41	5.2
*MN4	0.1595106	0.1472	0.067	154.06	24.32	4.8
M4	0.1610228	0.045	0.067	17.65	79.69	0.45
SN4	0.1623326	0.0261	0.067	187.92	142.73	0.15
*MS4	0.1638447	0.2994	0.067	265.7	12.45	20
*S4	0.1666667	0.0752	0.067	224.82	51.55	1.2
*2MK5	0.2028035	0.0735	0.063	344.68	51.41	1.4
2SK5	0.2084474	0.0498	0.063	125.96	81.99	0.63
*2MN6	0.2400221	0.2022	0.072	143.85	18.28	7.9
*M6	0.2415342	0.3569	0.072	200.64	10.37	25
*2MS6	0.2443561	0.4503	0.072	121.36	8.54	39
*2SM6	0.2471781	0.1428	0.072	67.44	28	3.9
*3MK7	0.2833149	0.076	0.048	44.55	37.11	2.5
*M8	0.3220456	0.0693	0.037	133.07	26.43	3.5
M10	0.402557	0.0216	0.037	140.13	82.01	0.34



Keterangan pada gambar diatas yaitu, konstanta harmonik pasut ditunjukkan dengan grafik warna hijau menyatakan bahwa konstanta harmonik yang dihasilkan memiliki nilai significant lebih dari 95% yang dipengaruhi oleh interaksi benda-benda astronomis terutama bumi, bulan dan matahari. Sedangkan grafik warna biru menyatakan grafik pasut sebenarnya yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung dilapangan. Untuk grafik warna merah menyatakan residu yang diperkirakan diperoleh dari pengaruh pantulan sinar matahari yang menyentuh permukaan air laut, gesekan air dengan dasar laut, penambahan debit air laut dari air sungai yang berada disekitar wilayah perairan serta pengaruh presipitasi (curah hujan).



Gambar diatas menrangkan nilai Phase data PASUT.



Gambar diatas menerangkan nilai Amplitudo data PASUT.

1. Pemisahan Konstanta Harmonik Data SPL

Konstanta Harmonik Significant Noise Ratio

tidal amplitude and phase with 95% CI estimates						
tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
*O1	0.038731	0.207	0.036	188	12.38	33
*P1	0.041553	0.1737	0.036	131.67	11.74	23
*K1	0.041781	0.5249	0.036	124.6	4.45	2.10E+02
*J1	0.043293	0.0711	0.036	45.54	30.97	3.9
*MU2	0.07769	0.057	0.026	171.66	24.97	4.9
*N2	0.078999	0.0592	0.026	303.53	23.94	5.3
*M2	0.080511	0.202	0.026	316.24	7.04	62
*L2	0.082024	0.0278	0.026	35.55	49.54	1.2
*S2	0.083333	0.0437	0.026	47.95	33.8	2.9
*ETA2	0.085074	0.0317	0.026	114.24	73.67	1.5
*MO3	0.119242	0.0615	0.018	114.01	19.63	12
*M3	0.120767	0.0184	0.018	16.57	51.79	1.1
*MK3	0.122292	0.072	0.018	68.88	15.26	17
*SK3	0.125114	0.0229	0.018	301.8	49.86	1.7
*M4	0.161023	0.027	0.012	221.03	24.26	4.8
*SN4	0.162333	0.0231	0.012	154.45	29.48	3.5
*MS4	0.163845	0.038	0.012	30.71	17.91	9.6
*S4	0.166667	0.0219	0.012	213.87	32.25	3.2
*2MK5	0.202804	0.0434	0.017	36.39	23.15	6.8
*2MN6	0.240022	0.0109	0.011	252.34	50.72	1
*M6	0.241534	0.015	0.011	259.94	36.96	1.9
*3MK7	0.283315	0.0156	0.01	83.55	35.88	2.6

Konstanta Harmonik Non-Significant Noise Ratio

tidal amplitude and phase with 95% CI estimates						
tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
MM	0.001512	10.603	1.854	57.37	100.18	0.33
MSF	0.002822	13.140	1.854	252.87	80.84	0.5
ALP1	0.034397	0.226	0.805	37.01	230.77	0.079
2Q1	0.035706	0.6487	0.805	308.11	80.67	0.65
UPS1	0.046343	0.2158	0.805	189.07	426.13	0.072
EPS2	0.076177	0.3274	0.669	80.8	113.95	0.24
MU2	0.07769	0.5167	0.669	77.29	71.73	0.6
M3	0.120767	0.043	0.096	279.67	121.57	0.2
M4	0.161023	0.045	0.067	17.65	79.69	0.45
SN4	0.162333	0.0261	0.067	187.92	142.73	0.15
2SK5	0.208447	0.0498	0.063	125.96	81.99	0.63
M10	0.402557	0.0216	0.037	140.13	82.01	0.34

Berdasarkan tabel diatas terdapat 22 konstanta harmonik significant noise ratio dan 16 konstanta harmonik non-significant noise ratio.

2. Karakteristik Konstanta Harmonik Data SPL

Karakteristik konstanta harmonik SPL di perairan Saumlaki merupakan komponen-komponen yang mempengaruhi gaya potensial pasut laut berdasarkan sembilan konstanta harmonik gaya pembangkit pasang surut yang disebabkan oleh gaya tarik menarik antara bumi, bulan dan matahari, yang terbagi menjadi 3(tiga) kelompok komponen harmonik yaitu komponen pasut harian tunggal (diurnal), komponen pasut harian ganda (semidiurnal), dan komponen pasut perairan dangkal (shallow water harmonics).

Komponen pasut harian tunggal (diurnal) yang significant antara lain *K1 = (amp 0.5249 c, freq 0.041781 cph) yang merupakan fenomena dari deklinasi sistem bulan dan matahari, *P1 = (amp 0.1737 c, freq 0.041553 cph) yang merupakan fenomena dari deklinasi matahari, dan *O1 = (amp 0.207 c, freq 0.038731 cph) yang merupakan fenomena dari deklinasi bulan.

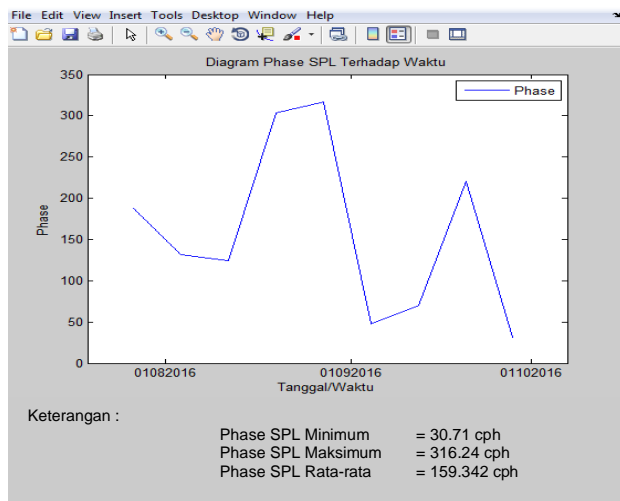
Komponen pasut harian ganda (semidiurnal) yang significant antara lain *S2 = (amp 0.0437° c, freq 0.083333 cph) yang merupakan fenomena dari gaya gravitasi matahari dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi, *M2 = (amp 0.202° c, freq 0.080511 cph) yang merupakan fenomena dari gaya gravitasi bulan dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi, *N2 = (amp 0.0592° c, freq 0.078999 cph) yang merupakan fenomena dari perubahan jarak bulan ke bumi akibat lintasan yang berbentuk elips, K2 = (amp 0.0119° c, freq 0.083562 cph) yang merupakan fenomena dari perubahan jarak bulan ke bumi akibat lintasan yang berbentuk elips.

Komponen pasut perairan dangkal (shallow water harmonics) yang significant antara lain *MS4 = (amp 0.038° c, freq 0.163845 cph) yang merupakan fenomena dari Interaksi *M2 dan *S2, *M4 = (amp 0.027° c, freq 0.161023 cph) yang merupakan fenomena dari 2 x kecepatan sudut *M2.

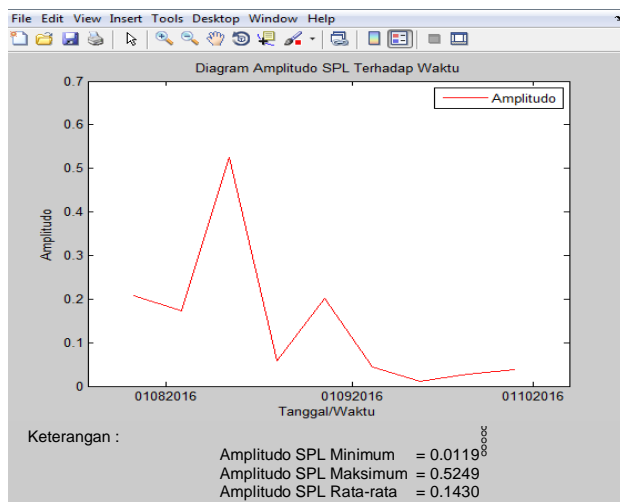
3. Analisis Mawar Arah Komponen Harmonik Data SPL

Berikut ini merupakan figure dan grafik yang dihasilkan dari data Suhu Permukaan Laut berdasarkan 9(sembilan) komponen harmonik utama pembangkit pasut.

Phase SPL dalam derajat arah, Amplitudo dalam derajat celcius, dan Diagram mawar arah dari 9 konstanta harmonik data SPL



Phase SPL



Amplitudo SPL

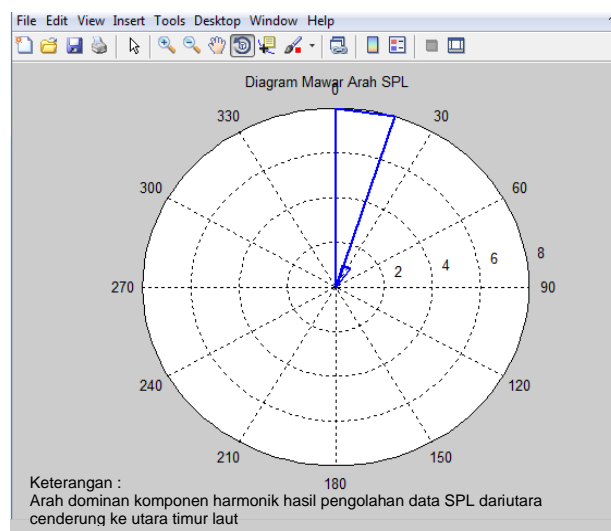


Diagram Mawar Arah SPL

Berdasarkan grafik dan figure dari analisis mawar arah menunjukkan bahwa phase SPL minimum 30.71 cph, maksimum 316.24 cph, rata-rata 159.342 cph. phase SPL tertinggi terjadi pada akhir bulan Agustus, pada bulan ini sedang terjadi musim timur menuju ke musim peralihan. Hal ini dikarenakan mulai tanggal 21 Maret sampai dengan 23 September kedudukan matahari tepat berada di utara sampai garis lintang 23,5°LU pada tanggal 21 Juni.

Sedangkan untuk posisi pengambilan data berada di selatan yang dilaksanakan pada tanggal 22 Juli 2016 sampai dengan 08 Oktober 2016, dan sedang terjadi musim peralihan dari musim kemarau ke musim hujan. Jadi karakteristik dari komponen harmonik data SPL dipengaruhi oleh intensitas sinar matahari pada waktu pergantian musim dari musim timur ke musim peralihan. Hal ini dibuktikan dengan adanya satu konstanta harmonik SPL yaitu K2 yang merupakan bagian dari komponen pasut harian ganda (semidiurnal) yang tidak memiliki nilai significant yang merupakan fenomena dari perubahan jarak bulan ke bumi akibat lintasan yang berbentuk elips.

4. Tipe Pasut Data SPL Perairan Saumlaki

Langkah yang dilakukan untuk mendapatkan tipe pasut dari data SPL yaitu dengan cara melaksanakan pemisahan komponen harmonik significant noise ratio dari data SPL menjadi 9(sembilan) konstanta harmonik pasang surut utama dengan metode *admiralty* yang biasa digunakan oleh Pushidrosal.

Konstanta harmonik dari data SPL yang sesuai dengankomponen harmonik admiralty.

tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
*O1	0.038731	0.207	0.036	188	12.38	33
*P1	0.041553	0.1737	0.036	131.67	11.74	23
*K1	0.041781	0.5249	0.036	124.6	4.45	2.10E+02
*N2	0.078999	0.0592	0.026	303.53	23.94	5.3
*M2	0.080511	0.202	0.026	316.24	7.04	62
*S2	0.083333	0.0437	0.026	47.95	33.8	2.9
*M4	0.161023	0.027	0.012	221.03	24.26	4.8
*MS4	0.163845	0.038	0.012	30.71	17.91	9.6
K2	0.083562	0.0119	0.026	70.35	164.7	0.21

Kemudian untuk mendapatkan tipe pasut dari 9 (sembilan) konstanta harmonik data SPL, dilakukan penghitungan dengan menggunakan rumus Formzahl yang diambil dari data amplitudo komponen harmonik significant noise ratio (snr).

$$\text{Rumus Formzahl} = \frac{K1 + O1}{M2 + S2}$$

$$= \frac{0.5249 + 0.207}{0.202 + 0.0437}$$

$$= 2.978836$$

Hasil bilangan Form dari data Suhu Permukaan Laut tersebut diklasifikasikan dengan menggunakan referensi tipe pasut dibawah ini.

Klasifikasi Komponen Harmonik Data SPL

F	Klasifikasi
0 < F < 0,25	Harian Ganda (Semi Diurnal)
0,25 < F < 1,5	Campuran Condong Ke Harihan Ganda
1,5 < F < 3	Campuran Condong Ke Harihan Tunggal
3 < F	Harian Tunggal

Maka, tipe pasut hasil pengolahan data Suhu Permukaan Laut dengan menggunakan perangkat lunak t_tide-v1.3beta tersebut yaitu **campuran condong ke harian tunggal**.

5. Pemisahan Konstanta Harmonik Data PASUT

Konstanta Harmonik Significant Noise Ratio Data PASUT

tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
*Q1	0.037219	43.828	0.805	294.98	12.47	30
*O1	0.038731	197.678	0.805	329.31	2.9	6.00E+02
*NO1	0.040269	29.449	0.805	283.25	20.01	13
*P1	0.041553	101.500	0.805	206.96	4.49	1.60E+02
*K1	0.041781	306.712	0.805	199.89	1.7	1.50E+03
*J1	0.043293	22.031	0.805	249.73	22.35	7.5
*OO1	0.044831	20.667	0.805	145.65	46.95	6.6
*N2	0.078999	117.154	0.669	260.88	3.15	3.10E+02
*M2	0.080511	624.831	0.669	296.52	0.59	8.70E+03
*L2	0.082024	16.506	0.669	354.73	21.68	6.1
*S2	0.083333	223.246	0.669	206	1.72	1.10E+03
*K2	0.083562	60.756	0.669	228.4	8.39	82
*ETA2	0.085074	13.657	0.669	324.55	44.48	4.2
*MO3	0.119242	0.4517	0.096	183.02	14.63	22
*MK3	0.122292	0.154	0.096	112.57	39.11	2.6
*SK3	0.125114	0.2202	0.096	36.53	28.41	5.2
*MN4	0.159511	0.1472	0.067	154.06	24.32	4.8
*MS4	0.163845	0.2994	0.067	265.7	12.45	20
*S4	0.166667	0.0752	0.067	224.82	51.55	1.2
*2MK5	0.202804	0.0735	0.063	344.68	51.41	1.4
*2MN6	0.240022	0.2022	0.072	143.85	18.28	7.9
*M6	0.241534	0.3569	0.072	200.64	10.37	25
*2MS6	0.244356	0.4503	0.072	121.36	8.54	39
*2SM6	0.247178	0.1428	0.072	67.44	28	3.9
*3MK7	0.283315	0.076	0.048	44.55	37.11	2.5

*M8	0.322046	0.0693	0.037	133.07	26.43	3.5
-----	----------	--------	-------	--------	-------	-----

Konstanta Harmonik Non-Significant Noise Ratio Data PASUT

tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	snr
MM	0.001512	10.603	1.854	57.37	100.18	0.33
MSF	0.002822	13.140	1.854	252.87	80.84	0.5
ALP1	0.034397	0.226	0.805	37.01	230.77	0.079
2Q1	0.035706	0.6487	0.805	308.11	80.67	0.65
UPS1	0.046343	0.2158	0.805	189.07	426.13	0.072
EPS2	0.076177	0.3274	0.669	80.8	113.95	0.24
MU2	0.07769	0.5167	0.669	77.29	71.73	0.6
M3	0.120767	0.043	0.096	279.67	121.57	0.2
M4	0.161023	0.045	0.067	17.65	79.69	0.45
SN4	0.162333	0.0261	0.067	187.92	142.73	0.15
2SK5	0.208447	0.0498	0.063	125.96	81.99	0.63
M10	0.402557	0.0216	0.037	140.13	82.01	0.34

Berdasarkan tabel diatas terdapat 26 konstanta harmonik significant noise ratio dan dari tabel 4.9 terdapat 12 konstanta harmonik non-significant noise ratio.

6. Karakteristik Konstanta Harmonik Data PASUT

Karakteristik konstanta harmonik PASUT di perairan Saumlaki merupakan komponen-komponen yang mempengaruhi gaya potensial pasut laut berdasarkan sembilan konstanta harmonik gaya pembangkit pasang surut yang disebabkan oleh gaya tarik menarik antara bumi, bulan dan matahari, yang terbagi menjadi 3(tiga) kelompok komponen harmonik yaitu komponen pasut harian tunggal (diurnal), komponen pasut harian ganda (semidiurnal), dan komponen pasut perairan dangkal (shallow water harmonics).

Komponen pasut harian tunggal (diurnal) yang significant antara lain *K1 = (amp 306.712 m, freq 0.041781 cph) yang merupakan fenomena dari deklinasi sistem bulan dan matahari, *P1 = (amp 101.500 m, freq 0.041553 cph) yang merupakan fenomena dari deklinasi matahari, dan *O1 = (amp 197.678 m, freq 0.038731 cph) yang merupakan fenomena dari deklinasi bulan.

Komponen pasut harian ganda (semidiurnal) yang significant antara lain *S2 = (amp 223.246 m, freq 0.083333 cph) yang merupakan fenomena dari gaya gravitasi matahari dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi, *M2 = (amp 624.831 m, freq 0.080511 cph) yang merupakan fenomena dari gaya gravitasi bulan dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi, *N2 = (amp 117.154 m, freq 0.078999 cph) yang merupakan fenomena dari perubahan jarak bulan ke bumi akibat lintasan yang berbentuk elips, *K2 = (amp 60.756 m, freq 0.083562 cph) yang merupakan fenomena dari perubahan jarak bulan ke bumi akibat lintasan yang berbentuk elips.

Komponen pasut perairan dangkal (shallow water harmonics) yang significant antara lain *MS4 = (amp 0.2994 m, freq 0.163845 cph) yang merupakan fenomena dari Interaksi *M2 dan *S2,

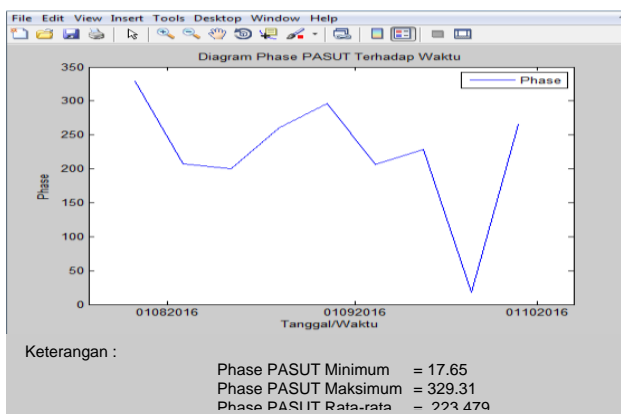
M4 = (amp 0.045 m, freq 0.161023 cph) yang merupakan fenomena dari 2 x kecepatan sudut *M2.

Diagram Mawar Arah PASUT

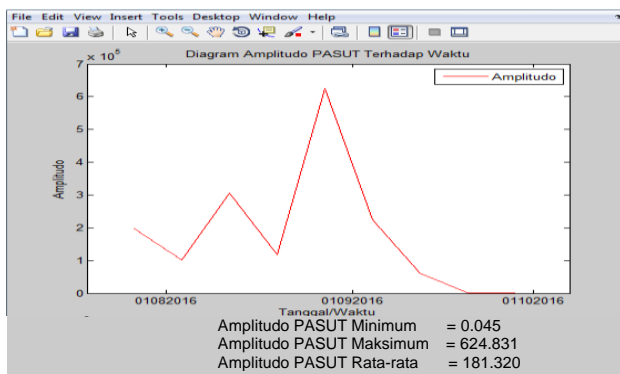
7. Analisis Mawar Arah Komponen Harmonik Data PASUT

Berikut ini merupakan figure dan grafik yang dihasilkan dari data Pasang Surut Laut di perairan Tanimbar berdasarkan 9(sembilan) komponen harmonik utama pembangkit pasut.

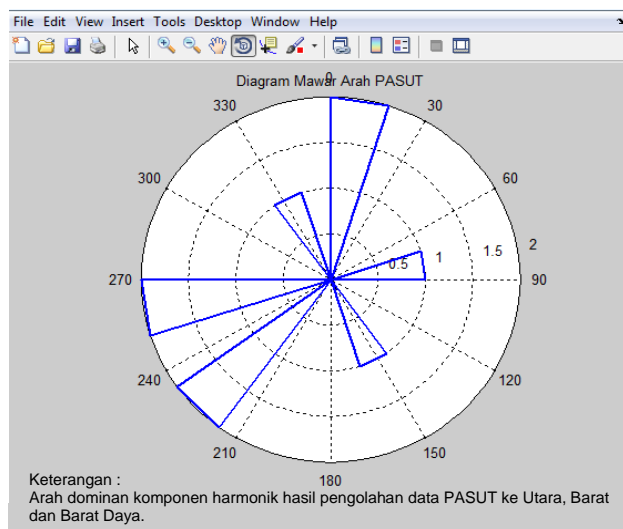
PhasePASUT dalam derajat arah, Amplitudo dalam meter, dan Diagram mawar arah dari 9 konstanta harmonik data SPL.



PhasePASUT



Amplitudo PASUT



Berdasarkan grafik dan figure dari analisis mawar arah menunjukkan bahwa phase PASUT minimum 17.65 cph, maksimum 329.31 cph, rata-rata 223.479 cph. Phase PASUT tertinggi terjadi pada akhir Bulan Juli, pada bulan ini sedang terjadi musim timur. Hal ini dikarenakan mulai tanggal 21 maret sampai dengan 23 september kedudukan matahari tepat berada di utara sampai garis lintang 23,5°LU pada tanggal 21 Juni.

Sedangkan untuk posisi pengambilan data berada di selatan yang dilaksanakan pada tanggal 22 Juli 2016 sampai dengan 08 Oktober 2016, dan sedang terjadi musim timur. Jadi karakteristik dari komponen harmonik data PASUT sebagian besar dipengaruhi oleh gravitasi bulan yang pada waktu itu sejajar dengan ekuator. Hal ini dibuktikan dengan adanya satu konstanta harmonik PASUT yang tidak significant yaitu komponen M4 dari komponen pasut perairan dangkal, yang mempunyai kecepatan sudut 2x lebih besar dari M2.

8. Tipe Pasut Data Pasang Surut Perairan Saumlaki

Langkah yang dilakukan untuk mendapatkan tipe pasut dari data Pasang Surut laut di perairan Saumlaki yaitu dengan cara melaksanakan pemisahan komponen harmonik significant noise ratio dari data Pasang Surut di perairan Saumlaki menjadi 9(sembilan) harmonik pasang surut utama dengan metode *admiralty* yang biasa digunakan oleh Pushidrosal.

Komponen Harmonik Dari Data PASUT Yang Sesuai Dengan Komponen Harmonik Admiralty.

tide	freq	amp	amp_err	pha	pha_err	Snr
*O1	0.038731	197.678	0.805	329.31	2.9	6.00E+02
*P1	0.041553	101.500	0.805	206.96	4.49	1.60E+02
*K1	0.041781	306.712	0.805	199.89	1.7	1.50E+03
*N2	0.078999	117.154	0.669	260.88	3.15	3.10E+02
*M2	0.080511	624.831	0.669	296.52	0.59	8.70E+03
*S2	0.083333	223.246	0.669	206	1.72	1.10E+03
*K2	0.083562	60.756	0.669	228.4	8.39	82
*MS4	0.163845	0.2994	0.067	265.7	12.45	20
M4	0.161023	0.045	0.067	17.65	79.69	0.45

Kemudian untuk mendapatkan tipe pasut dari pengolahan data Pasang Surut di perairan Saumlaki tersebut akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus *Formzahl* yang diambil dari data *amplitudo* komponen harmonik *significant noise ratio*.

$$\frac{K1 + O1}{M2 + S2}$$

Rumus *Formzahl* =

$$= \frac{306.712 + 197.678}{624.831 + 223.246}$$

$$= 0.594746$$

Hasil bilangan Form dari data Pasang Surut tersebut diklasifikasikan dengan menggunakan referensi tipe pasut dibawah ini.

Klasifikasi Komponen Harmonik Data PASUT

F	Klasifikasi
0 < F < 0,25	Harian Ganda (Semi Diurnal)
0,25 < F < 1,5	Campuran Condong Ke Harian Ganda
1,5 < F < 3	Campuran Condong Ke Harian Tunggal
3 < F	Harian Tunggal

Maka, tipe pasut dari hasil pengolahan data Pasang Surut dengan menggunakan perangkat lunak *t_tidev-1.3beta* tersebut yaitu **campuran condong ke harian ganda**.

Kesimpulan

Hasil penelitian dari data Suhu Permukaan Laut (SPL) dan Pasang Surut (PASUT) secara runtut waktu (time series), dengan interval waktu 1 (satu) jam di perairan Saumlaki – Kepulauan Tanimbar menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

a. Karakteristik suhu permukaan laut di perairan Tanimbar berdasarkan analisis FFT dipengaruhi oleh pergerakan sistem bumi, bulan dan matahari dengan memperoleh komponen pasut harian tunggal (diurnal), komponen pasut harian ganda (semidiurnal), dan komponen pasut perairan dangkal (shallow water harmonics). Komponen pasut harian tunggal (diurnal) yang significant antara lain *K1=(amp 0.5249° c, freq 0.041781cph), *P1=(amp 0.1737° c, freq 0.041553cph), dan *O1=(amp 0.207° c, freq 0.038731cph). Komponen pasut harian ganda (semidiurnal) yang significant antara lain *S2=(amp 0.0437° c, freq 0.083333cph), *M2=(amp 0.202° c, freq 0.080511cph), *N2=(amp 0.0592° c, freq 0.078999cph), K2=(amp 0.0119° c, freq 0.083562cph). Komponen pasut perairan dangkal (shallow water harmonics) yang significant antara lain *MS4=(amp 0.038° c, freq 0.163845cph), *M4=(amp 0.027° c, freq 0.161023cph).

b. Karakteristik pasang surut di perairan Tanimbar berdasarkan analisis FFT dipengaruhi oleh pergerakan sistem bumi, bulan dan matahari dengan memperoleh komponen pasut harian tunggal (diurnal), komponen pasut harian ganda (semidiurnal), dan komponen pasut perairan dangkal (shallow water harmonics). Komponen pasut harian tunggal (diurnal) yang significant antara lain *K1=(amp 306.712 m, freq 0.041781cph), *P1=(amp 101.500 m, freq 0.041553cph), dan *O1=(amp 197.678 m, freq 0.038731cph). Komponen pasut harian ganda (semidiurnal) yang

significant antara lain *S2=(amp 223.246 m, freq 0.083333cph), *M2=(amp 624.831 m, freq 0.080511cph), *N2=(amp 117.154 m, freq 0.078999cph), *K2=(amp 60.756 m, freq 0.083562cph). Komponen pasut perairan dangkal (shallow water harmonics) yang significant antara lain *MS4=(amp 0.2994 m, freq 0.163845cph), M4=(amp 0.045 m, freq 0.161023cph).

c. Tipe pasang surut di perairan Saumlaki berdasarkan komponen harmonik hasil pengolahan data SPL adalah bertipe **campuran condong ke harian tunggal**, sedangkan tipe pasut berdasarkan komponen harmonik hasil pengolahan data PASUT adalah bertipe **campuran condong ke harian ganda**.

Saran

Proses pengolahan data yang telah dilakukan oleh penulis dengan menggunakan perangkat lunak *t_tide-v1.3beta* mempunyai kekurangan. *T_tide* hanya dapat menampilkan figure/grafik serta nilai konstanta harmonik dari masing-masing input data dengan format angka dalam satuan derajat (°) bukan dalam arah informasi mata angin, sehingga tidak semua pembaca dapat mengetahui pembacaan arah pasut tersebut .

Saran dari penulis ketika melakukan pengolahan data dengan menggunakan *script-script* dari perangkat lunak *t_tide-v1.3beta* harus dikombinasikan dengan *script-script* Mawar_Arah.m dengan tujuan untuk menampilkan grafik mawar arah dari masing-masing *input* data. Sehingga pembaca akan lebih mudah untuk mengetahui kecepatan dan arah dari figure/grafik mawar arah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Gross, M. G., 1990. Oseanography ; A View of Earth Prentice Hall, Inc. Englewood Cliff. New Jersey.
- King, C. A. M. 1966. An Introduction to Oceanography. McGraw Hill Book Company, Inc. New York. San Francisco.
- Laevastu, T. dan M.L. Hayes. 1981. Fisheries Oceanography and Ecology. Fishing News Books Ltd. London. 119 p.
- McPhaden, and Hayes, S.P., 1991. On the Variability of Winds, Sea Surface Temperature and Surface Layer Heat Content in the Western Equatorial Pacific. J. Geophys. Res. 96: 3331 – 3342.
- Miharja, D. K., S. Hadi, dan M. Ali, 1994. Pasang Surut Laut. Kursus Intensive Oseanografi bagi perwira TNI-AL. Lembaga Pengabdian masyarakat dan jurusan Geofisika dan Meteorologi. Institut Teknologi Bandung.
- Nontji, A. 1987. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Pariwono., 1989. Gaya Penggerak Pasang Surut. P3O LIPI. Jakarta.

- Pawlowicz, R., B. Beardsley, S. Lents (2002), Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T-TIDE, Pergamon. Computers and Geosciences 28 (2002).
- Peta Laut No. 382 Pushidrosal. Diakses tanggal 23 Juli 2017.
- Pranowo, dkk. 2016. Penyusunan Basis Data Laut dan Pesisir Pulau Terdepan – Pulau Tanimbar. ISBN: 978-602-9086-53-9; e-ISBN: 978-602-9086-54-6. Diakses tanggal 9-07-2017.
- Pond dan Pickard, 1978. Introductory to Dynamic Oceanography. Pergamon Press, Oxford.
- Purba, NP., dan W.S Pranowo. 2015. Dinamika Oseanografi, Deskripsi Karakteristik Masa Air dan Sirkulasi Laut. ISBN: 978-602-0810-20-1.
- Ross, D.A. 1970. Introduction to Oceanography. Meredith Cooperation. USA.PP.
- Widiantoso, H. 2016. Studi Konstanta Harmonik Pasang Surut Terhadap Data Suhu Permukaan Laut Di Perairan Pulau Pari. STTAL, Jakarta.
- Wyrski, K. 1961. Physical Oceanography of The Southeast Asian Waters. Naga Report. Vol. 2. Sripis Institution of Oceanography. The University of California. California. 195 p.