

Pengaruh Gerhana Matahari Cincin 26 Desember 2019 Terhadap Pasang Surut, Studi Kasus: Semarang, Jawa Tengah

Shastya Addienda Puspitasari^{1*}, Warsito Atmodjo¹, Widodo S. Pranowo^{2,3}, Elis Indrayanti¹,
Gentur Handoyo¹

¹Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang, Kota Semarang, Kode Pos 50275 Telp/fax (024) 7474698

²Pusat Riset Kelautan, Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia

³Prodi Hidrografi, Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut Kluster Bina Samudera Ancol Timur, Jakarta Utara 14430 – DKI Jakarta

*Email: shasadin@students.undip.ac.id

Abstrak

Pasang surut dibangkitkan secara primer oleh gaya gravitasi antara bumi dengan bulan dan matahari. Matahari berperan penting dalam membangkitkan pasang surut air laut. maka dari itu, pengaruh gerhana matahari cincin 26 Desember 2019 terhadap pasang surut di analisis dari stasiun pengukur pasang surut dengan interval waktu satu jam dari Badan Informasi Geospasial. Perairan Semarang (Jawa Tengah) dipilih untuk mengamati dampak gerhana matahari cincin yang merupakan jalur lintas tidak langsung dari gerhana matahari cincin. Data pasang surut diolah dengan dua metode yaitu metode *admiralty* dan metode *least square* selama 2 periode untuk membandingkan data elevasi pada periode sebelum terjadinya gerhana matahari cincin yaitu tanggal 11 November 2019 – 10 Desember 2019 dan periode saat terjadinya gerhana matahari cincin yaitu tanggal 11 Desember 2019 – 09 Januari 2020. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen pembangkit pasang surut saat terjadi gerhana matahari cincin adalah komponen J1 dengan nilai signifikan senilai 0.865 ; ETA2 dengan nilai signifikan senilai 0.024 ; 3MK7 dengan nilai signifikan senilai 0,087 ; M8 memiliki nilai signifikan senilai 0,021. Pada hasil penelitian menunjukkan bahwa pada saat gerhana matahari berpengaruh terhadap elevasi kedudukan muka laut dengan nilai signifikan sebesar 0.012 dan pengaruh terhadap nilai formzahl dengan nilai signifikan sebesar 0.02 dimana $H_0 < 0.025$.

Kata kunci: Gerhana Matahari Cincin, Pasang Surut, Admiralty, Least Square, Semarang

Abstract

Ocean Tides are generated primarily by the gravitational force between the earth, the moon and the sun. As for the sun plays an important role in generating tides. Therefore, affecting the ocean tides and is the aim of this research. The annular solar eclipse that occurred on 26th of December 2019 and how it affects the sea water levels was analyzed from the tide gauge station at one-hour intervals obtained from the Geospatial Information Agency. The waters of Semarang (Central Java) were chosen to observe the impact of an annular solar eclipse which is an indirect path of an annular solar eclipse. Tidal data was processed by two methods : the Admiralty method and the Least square method for 2 periods to compare the elevation data in the period before the annular solar eclipse that occurred on 11th of November 2019 – 10th of December 2019 and the period during the annular solar eclipse that occurred on 11th of December 2019 – 09th of January 2020. Resulting in component of the tidal generator during an annular solar eclipse is the J1 component with a significant value of 0.86; ETA2 with a significant value of 0.024; 3MK7 with a significant value of 0.08; M8 with a significant value of 0.021. The results have shown that annular solar eclipse has affecting the sea level elevation with a significant value of 0.012 and the effect on the formzahl value with a significant value of 0.02 where $H_0 < 0.025$.

Keywords: Annular Solar Eclipse, Tides, Admiralty, Least Square, Semarang

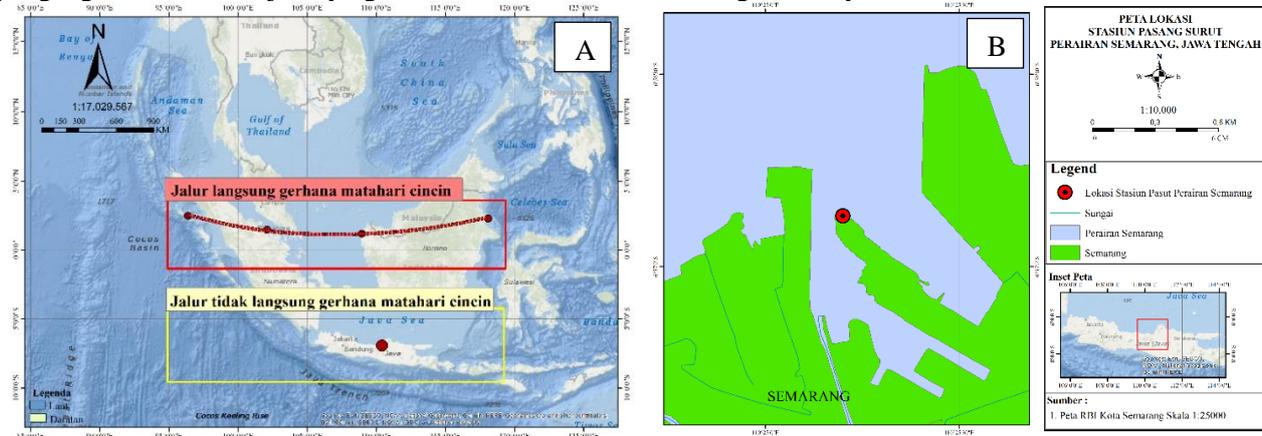
PENDAHULUAN

Pasang surut merupakan fenomena naik turunnya muka air laut yang di pengaruhi oleh gaya gravitasi matahari dan bulan. Menurut Fadilah *et al.*, (2014) Pasang surut terjadi secara periodik dalam kurun waktu harian tergantung pada lokasi perairan. Gerhana merupakan fenomena astronomi yang disebabkan oleh melintasnya benda angkasa bergerak ke dalam sebuah bayangan benda angkasa lain. Barbieri (2007) menyatakan bahwa berdasarkan peninjauan dari Bumi kita dapat mengamati gerhana yang melibatkan Matahari, Bumi, dan Bulan. Gerhana matahari cincin dapat terjadi hanya ketika ketiga objek berada dalam garis yang hampir lurus. Gerhana matahari cincin terjadi ketika Bulan melewati antara Bumi dan Matahari,

menghalangi semua atau sebagian Matahari. Gerhana memicu perubahan gaya gravitasi pada Bumi sehingga gerhana dapat mempengaruhi elevasi muka air laut atau pasang surut air laut. Pada saat gerhana, pengaruh gravitasi benda-benda langit terhadap Bumi menyebabkan perubahan pada dinamika muka laut, mengakibatkan perubahan bentuk Bumi (*bodily tides*) dan serta atmosfer (*atmospheric tides*).

Berdasarkan penelitian dari Radjawanne *et al.*, (2016) pembangkit utama dari pasang surut saat terjadi gerhana matahari cincin adalah tarikan gravitasi Bulan dan Matahari dengan pasang surut dari Bulan yang menjadi lebih besar karena Bulan jauh lebih dekat pada Bumi. Pasang surut terjadi pada posisi dan kesejajaran Matahari, Bumi, dan Bulan yang berbeda. Ketika Bumi, Bulan, dan Matahari sejajar maka gaya gravitasi yang dihasilkan yang diberikan pada air Bumi paling kuat pada saat gerhana matahari cincin dan di sebut sebagai pasang purnama (*spring tide*). Pasang surut purnama (*spring tide*) hanya dapat terjadi pada saat bulan purnama dan bulan baru.

Gerhana matahari cincin terjadi pada tanggal 26 Desember 2019 dan melintasi beberapa perairan di Indonesia. Menurut Barbieri (2007), gerhana matahari cincin merupakan fenomena alam yang cukup langka sehingga sangat menarik untuk melihat apa saja komponen-komponen pasang surut yang signifikan saat terjadinya fenomena alam tersebut. Hingga saat masih sedikit yang meneliti kejadian gerhana matahari cincin terhadap parameter oseanografi. Sehingga, perlu adanya kajian hidro-oseanografi dalam meneliti pengaruh fenomena gerhana matahari cincin terhadap pasang surut dengan analisa komponen harmonik pasang surut yang signifikan saat terjadinya gerhana matahari cincin di sebagian wilayah Indonesia.



Gambar 1. Peta Lokasi: (a) Jalur langsung dan tidak langsung gerhana matahari cincin; (b) Lokasi stasiun pasang surut perairan semarang, jawa tengah pada tanggal 26 Desember 2019

MATERI DAN METODE

Materi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data yang dibutuhkan dalam penelitian serta alat-alat yang digunakan dalam pengambilan dan pengolahan data. Data yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu data utama dan data penunjang. Data utama meliputi data perairan dan data pasang surut yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial dengan menggunakan instrument *tide gauge* pada jalur tidak langsung gerhana matahari cincin di Perairan Semarang (Jawa Tengah) pada titik lokasi stasiun pengamatan pasang surut yang terletak di $110^{\circ}25'12.0''\text{BT}$ dan $6^{\circ}56'52.1''\text{LS}$, sedangkan, data penunjang berfungsi sebagai pendukung data utama dalam pengolahan agar dihasilkan data yang lebih akurat, data penunjang meliputi peta Rupa Bumi Indonesia BIG Skala 1:25.000 tahun 2020 dan Data *magnitude* gerhana matahari cincin tanggal 26 Desember 2019 dari *timesanddates.com* (13 Januari 2021).

Penelitian ini dilakukan dengan pengamatan pasang surut selama 2 periode di jalur tidak langsung gerhana matahari cincin yaitu Perairan Semarang (Jawa Tengah) untuk membandingkan kedudukan muka laut pada periode sebelum terjadinya gerhana yaitu pada periode tanggal 11 November 2019 – 10 Desember 2019 dan pada periode saat terjadinya gerhana matahari cincin yaitu pada periode tanggal 11 Desember 2019 – 09 Januari 2020. Menurut Poerbandono dan Djunarsjah (2005), pengolahan metode *admiralty* dengan data pengamatan selama 1 bulan tiap jam. Hasil output dari pengolahan data pasang surut ini berupa *amplitude* (A) dan fasa (g) dari tiap komponen pasang surut, bilangan *formzahl* (F) dan beberapa elevasi muka air penting

yang dapat digunakan sebagai acuan perencanaan di daerah penelitian. Fungsi penunjang pada fungsi *T_Tide* pada Matlab berdasarkan penelitian Pawlowicz (2002), meliputi:

- *detren.m* (analisis tren linier) fungsi untuk melakukan analisis tren linier data tinggi muka air dengan hasil *output* berupa *significant noise ratio (snr)* dalam satuan (cm)
- *frek_har.m* (Frekuensi Harmonik) fungsi untuk memanggil frekuensi pada fasa komponen harmonik sesuai panjang data yang akan dianalisis dengan hasil *output* berupa nilai fase (*pha_p*) dan variasi nilai fase (*pha_err*) dalam satuan (°/jam matahari).
- *har_lsq.m* (harmonic least square) fungsi untuk menghitung komponen harmonik menggunakan metode *least square*.
- *amplitude_spectrum.m* (spektrum *amplitude*) fungsi untuk menggambarkan spektrum komponen harmonik dengan hasil *output* berupa nilai *amplitude* (amp) dan variasi nilai *amplitude* (*amp_err*) dalam satuan (cm).
- *sl_pred.m* (prediksi tinggi muka air) fungsi untuk melakukan prediksi tinggi muka air dengan satuan (cm);
- *sl_plot.m* (pengeplotan tinggi muka air) program untuk melakukan pengeplotan tinggi muka air dengan satuan (cm).

Besaran kesalahan yang terjadi dihitung dengan mencari nilai RE (*Relative Error*) dan MRE (*Mean Relative Error*). Berdasarkan penjelasan oleh Donnel *et al.*, (2003) dalam Leksono *et al.*, (2013), menjelaskan bahwa perhitungan untuk mencari nilai error dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$MRE = \frac{1}{n} \sum \frac{Km - Ke}{Km} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Menurut (Fadilah *et al.*, 2014), Komponen pasang surut dapat ditentukan tipe pasang surut, melalui perhitungan nilai *Formzahl*. *Formzahl* adalah bilangan untuk menentukan tipe pasang surut, menggunakan rumus:

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

Berdasarkan analisis *least square* menunjukkan adanya perbedaan nilai *formzahl* pada pengolahan data pasang surut sebelum terjadinya gerhana matahari pada periode pengamatan tanggal 11 November 2019 – 10 Desember 2019 mendapatkan nilai *formzahl* sebesar 1.8314 dengan tipe pasang surut campuran condong harian tunggal sedangkan pada nilai *formzahl* yang didapatkan pada pengolahan data pasang surut saat terjadi gerhana matahari cincin pada periode pengamatan 11 Desember 2019 – 09 Januari 2020 mendapatkan nilai *formzahl* sebesar 2,345 dengan tipe pasang surut campuran condong harian tunggal. Nilai *Formzahl* lebih besar pada saat gerhana matahari cincin karena posisi berada dalam satu garis, sehingga gaya tarik menarik antara bumi, bulan dan matahari mencapai maksimum.

Uji Statistik

Teknik analisis statistik yang digunakan untuk menguji perbedaan dua mean data adalah teknik analisis statistik uji-t. Menurut Santoso (2017), Uji-t cuplikan kembar adalah teknik analisis statistik yang digunakan untuk menganalisis perbedaan mean sampel *acak* bebas atau sampel mandiri (*independent sample*) sedangkan uji-t amatan ulangan adalah teknik analisis statistik yang digunakan untuk menganalisis perbedaan dua mean sampel yang berkorelasi, atau sampel tak mandiri (*dependent sample*). Rumus uji-t untuk sampel acak bebas adalah sebagai berikut menurut (Santoso, 2017):

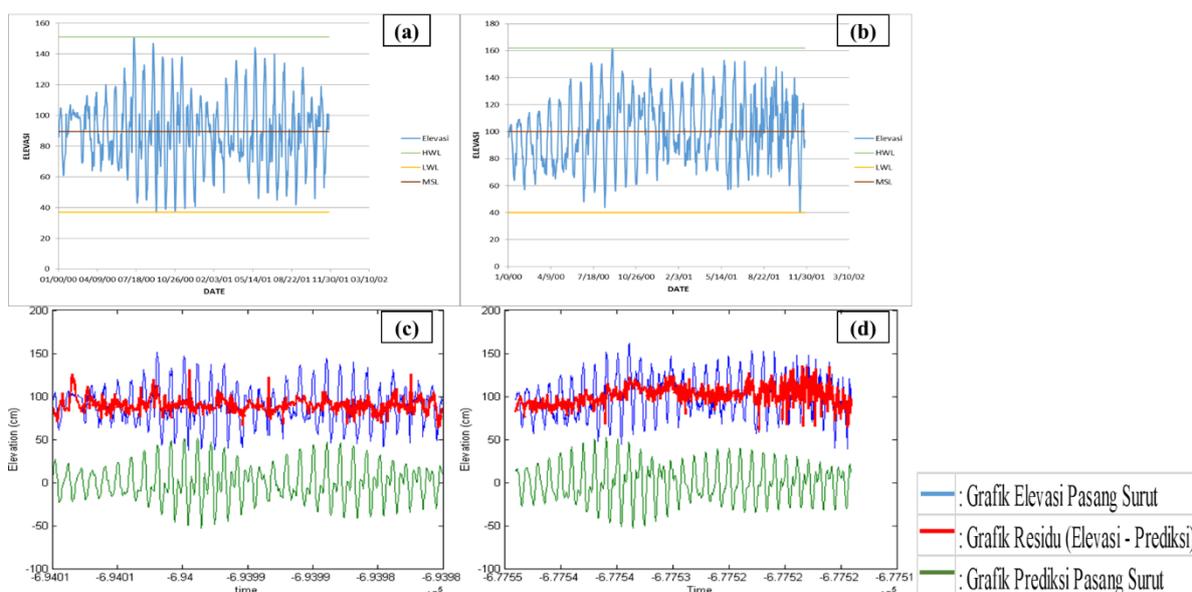
$$t = \frac{Mx_1 - Mx_2}{S} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan :

- t* = nilai t
- Mx₁* = Rata – rata hitung (mean) dari variabel elevasi muka laut saat terjadi gerhana
- Mx₂* = Rata – rata hitung (mean) dari variabel elevasi muka laut sebelum terjadi gerhana
- S* = Salah baku perbedaan antar dua rekan

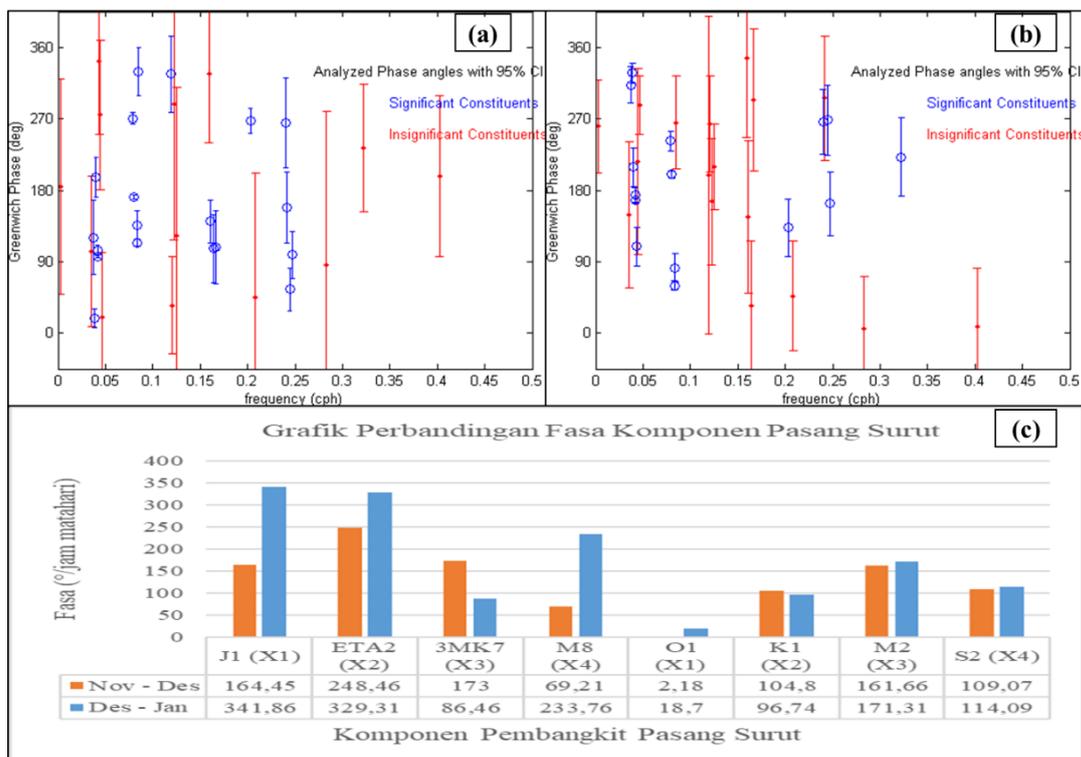
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis elevasi muka air pasang surut dengan metode admiralty di perairan Semarang (Jawa Tengah) pada saat terjadi gerhana matahari cincin pada tanggal 26 Desember 2019 pukul 13.00 WIB elevasi muka air laut sebesar 101 cm (Gambar 2). Perbandingan nilai osilasi pada elevasi muka air laut sesaat terjadi gerhana dan saat tidak terjadi gerhana dengan selisih nilai 39 cm. Kedudukan muka air pasang surut di Perairan Semarang Jawa Tengah pada saat sebelum terjadi gerhana matahari cincin nilai LLWL senilai 37 cm, MSL 91 cm dan HHWL 158 cm, sedangkan kedudukan muka air pasang surut nilai LLWL 40 cm, MSL 101 cm dan HHWL 158 cm. Hal ini menunjukkan bahwa gerhana matahari cincin berpengaruh terhadap tinggi elevasi pasut menjadi lebih tinggi dikarena posisi bumi, bulan dan matahari dalam satu garis. Dimana bulan berada di tengah antara bumi dan matahari, sehingga gaya tarik bulan lebih dominan dibandingkan matahari. Tipe pasang surut di perairan Semarang (Jawa Tengah) pada periode sebelum terjadinya gerhana matahari cincin nilai *Formzahl* (F) yaitu 1,8314, sedangkan pada saat terjadi gerhana matahari cincin nilai *formzahl* pada perairan Semarang, Jawa Tengah yaitu 2,345 dengan tipe pasang surut campuran condong harian tunggal. Tipe pasang surut tersebut adalah sama dengan tipe pasut pada kondisi normal tanpa gerhana yang pernah diteliti oleh Fuady *et al.*, (2016) yang menyatakan bahwa perairan Semarang memiliki nilai formzahl sebesar 1,822 dengan tipe pasang surut campuran condong harian tunggal.



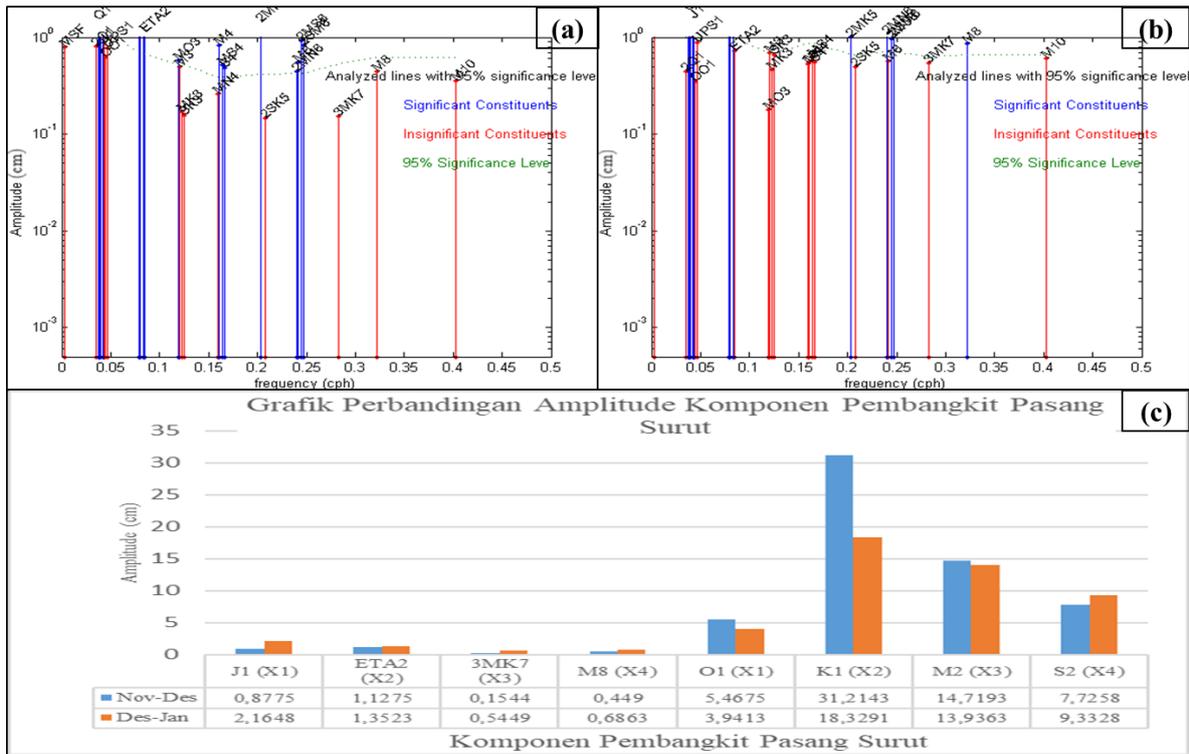
Gambar 2. Grafik Elevasi Pasang Surut Perairan Semarang pada saat tidak terjadi gerhana matahari cincin dengan metode *Admiralty* (A) dan saat terjadi gerhana matahari cincin dengan metode *Admiralty* (B); Grafik elevasi pasang surut perairan Semarang pada saat tidak terjadi gerhana matahari cincin dengan metode *Least Square* (C) dan saat terjadi gerhana matahari cincin dengan metode *Least Square* (D)

Hasil analisis elevasi pasang surut dengan metode *least square* pada sebelum terjadi gerhana matahari cincin pada periode di perairan Semarang (Jawa Tengah), menghasilkan nilai verifikasi sebesar 78,3%. Sedangkan pada periode gerhana matahari cincin menghasilkan nilai verifikasi sebesar 87%. Menurut Harito *et al.*, (2020), nilai verifikasi tersebut di atas adalah menunjukkan bahwa secara umum proses pengolahan dan analisis data telah dilakukan dengan baik. Grafik menunjukkan bahwa grafik berwarna biru merupakan grafik elevasi kedudukan muka laut, grafik hijau merupakan grafik elevasi prediksi pasang surut sedangkan grafik merah merupakan grafik residu yang dihasilkan dari pengurangan antara nilai elevasi kedudukan muka laut dan nilai elevasi prediksi pasang surut (Gambar 2).



Gambar 3. Grafik fasa pasang surut metode *Least Square*: (a) Periode pengamatan sebelum terjadi gerhana matahari cincin 11 November 2019 – 10 Desember 2019; (b) Periode pengamatan saat terjadi gerhana matahari cincin 11 Desember 2019 – 09 Januari 2020; (c) Perbandingan nilai amplitude periode pengamatan a dan b.

Nilai fasa dihasilkan dari altitude konfigurasi antara bumi, bulan dan matahari. Grafik berwarna biru menunjukkan nilai fasa dari konstanta yang signifikan sedangkan grafik berwarna merah menunjukkan nilai fasa dari konstanta yang tidak signifikan. Hasil analisis fasa pasang surut sebelum terjadi gerhana matahari cincin pada periode pengamatan pada tanggal 11 November 2019 hingga 10 Desember 2019 di jalur langsung terjadinya gerhana matahari cincin di Perairan Semarang (Jawa Tengah) menunjukkan bahwa komponen J1 memiliki nilai fasa 164,45°/jam matahari, komponen ETA2 memiliki nilai fasa 248,46°/jam matahari, komponen 3MK7 memiliki nilai fasa 173°/jam matahari, komponen M8 memiliki nilai fasa 69,21°/jam matahari, komponen O1 memiliki nilai fasa 2,18°/jam matahari, komponen K1 memiliki nilai fasa 104,8°/jam matahari, komponen M2 memiliki nilai fasa 161,66°/jam matahari dan komponen S2/jam matahari memiliki nilai fasa 109,07°/jam matahari sedangkan pada periode saat terjadinya gerhana matahari cincin yaitu pada tanggal 11 Desember 2019 – 09 Januari 2020 di perairan Semarang (Jawa Tengah) menunjukkan bahwa komponen J1 memiliki nilai fasa 341,86°/jam matahari, komponen ETA2 memiliki nilai fasa 329,31°/jam matahari, komponen 3MK7 memiliki nilai fasa 86,46°/jam matahari, komponen M8 memiliki nilai fasa 233,76°/jam matahari, komponen O1 memiliki nilai fasa 18,7°/jam matahari, komponen K1 memiliki nilai fasa 96,74°/jam matahari, komponen M2 memiliki nilai fasa 171,31°/jam matahari dan komponen S2 memiliki nilai fasa 114,09°/jam matahari. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Doodson (1921), bahwa bulan tersebut, posisi matahari relative terhadap bumi adalah berada di kisaran 1.13° - 159°/jam matahari pada Belahan Bumi Utara, sedangkan posisi lintasan bulan relative terhadap bumi berada di kisaran 2.18° - 341°/jam matahari pada belahan bumi selatan.



Gambar 4. Grafik amplitude pasang surut metode *Least Square*: (a) Periode pengamatan 11 November 2019 – 10 Desember 2019; (b) Periode pengamatan 11 Desember 2019 – 09 Januari 2020; (c) Perbandingan nilai amplitude pasang surut periode a dan b

Amplitudo pasang surut merupakan spektrum-spektrum komponen harmonik yang digambarkan sebagai grafik. Grafik berwarna biru merupakan grafik ketinggian *amplitude* yang di dihasilkan dari komponen signifikan dalam satuan centimeter sedangkan pada grafik berwarna merah merupakan grafik komponen yang tidak signifikan. Hasil analisis *amplitude* pasang surut sebelum terjadi gerhana matahari cincin pada periode pengamatan 11 November 2019 hingga 10 Desember 2019 di jalur tidak langsung gerhana matahari cincin pada perairan Semarang (Jawa Tengah) menunjukkan bahwa komponen J1 memiliki nilai *amplitude* 0,8775 cm, komponen ETA2 memiliki nilai *amplitude* 1,127 cm, komponen 3MK7 memiliki nilai *amplitude* 0,154 cm, komponen M8 memiliki nilai *amplitude* 0,449 cm, komponen O1 memiliki nilai *amplitude* 5,46 cm, komponen K1 memiliki nilai *amplitude* 31,214 cm, komponen M2 memiliki nilai *amplitude* 14,719 cm dan komponen S2 memiliki nilai *amplitude* 7,725 cm. Rerata *amplitude* pasang surut periode 11 November 2019 – 10 Desember 2019 menunjukkan bahwa rerata *amplitude* komponen J1 bernilai 1,25, pada komponen ETA2 bernilai 1,34, komponen 3MK7 bernilai 0,36, komponen M8 bernilai 0,276, komponen O1 bernilai 10,62, komponen K1 bernilai 21,81, komponen M2 bernilai 42,63 dan komponen S2 bernilai 18,68.

Sedangkan pada periode saat terjadi gerhana matahari cincin yaitu pada tanggal 11 Desember 2019 – 09 Januari 2020 menunjukkan bahwa komponen J1 memiliki nilai *amplitude* 2,1648 cm, komponen ETA2 memiliki nilai *amplitude* 1,3523 cm, komponen 3MK7 memiliki nilai *amplitude* 0,5449 cm, komponen M8 memiliki nilai *amplitude* 0,6863 cm, komponen O1 memiliki nilai *amplitude* 3,9413 cm, komponen K1 memiliki nilai *amplitude* 18,329 cm, komponen M2 memiliki nilai *amplitude* 13,9363 cm dan komponen S2 memiliki nilai *amplitude* 9,3328 cm. Rerata *amplitude* pasang surut periode 11 Desember 2019 – 09 Januari 2020 menunjukkan bahwa rerata *amplitude* komponen J1 memiliki nilai rerata *amplitude* 1,011 cm, pada komponen ETA2 memiliki rerata *amplitude* 1,3994 cm, komponen 3MK7 memiliki nilai rerata *amplitude* 0,45012 cm, komponen M8 memiliki nilai rerata *amplitude* 0,2945 cm, komponen O1 memiliki nilai rerata *amplitude* 11,44 cm, komponen K1 memiliki nilai rerata *amplitude* 15,146 cm, komponen M2 memiliki nilai rerata *amplitude* 44,4031 dan komponen S2 memiliki nilai rerata *amplitude* 24,4897 cm. Nilai-nilai amplitudo komponen-komponen tersebut adalah berada dalam kisaran amplitudo pasang surut di Laut Jawa yang pernah diteliti oleh Fuady *et al.*, (2016).

Tabel 1. Komponen Harmonik Pasang Surut Periode Sebelum Terjadinya Gerhana Matahari Cincin (Sumber : Hasil Analisis, 2021)

Tide	Freq	Amp (cm)	amp_err (cm)	pha_p (cm)	pha_err (cm)	snr
*O1	0.0387	5.467	1.197	18.7	11.77	21
*K1	0.0417	31.214	1.197	96.74	2.12	6.8
J1	0.0433	0.877	1.197	341.86	91.34	0.54
*M2	0.0805	14.72	0.683	171.31	2.68	4.6
*S2	0.0833	7.726	0.683	114.09	5.06	1.3
ETA2	0.085	1.127	0.683	329.31	30.09	2.7
3MK7	0.28332	0.1544	0.526	86.46	192.93	0.086
M8	0.322	0.449	0.614	233.76	80.44	0.53

Ket :
 * : Komponen Signifikan pembangkit pasang surut
 : Komponen pembangkit pasang surut saat terjadi gerhana matahari cincin

Tabel 2. Komponen Harmonik Pasang Surut Periode Saat Terjadinya Gerhana Matahari Cincin (Sumber: Hasil Analisis, 2021)

Tide	Freq	Amp (cm)	amp_err (cm)	pha_p (deg)	pha_err (deg)	snr
*O1	0.0387	5.306	0.982	2.18	12.34	29
*K1	0.0417	40.3701	0.982	104.8	1.52	17
*J1	0.0433	2.1648	0.982	164.45	24.42	4.9
*M2	0.0805	13.1312	0.998	161.66	4.24	170
*S2	0.0833	5.279	0.998	109.07	10.86	28
*ETA2	0.085	1.3523	0.998	248.46	58.28	1.8
*3MK7	0.28332	0.545	0.628	173	66.39	0.75
*M8	0.322	0.6863	0.666	69.21	49.77	1.1

Ket :
 * : Komponen Signifikan pembangkit pasang surut
 : Komponen pembangkit pasang surut saat terjadi gerhana matahari cincin

Analisis nilai komponen harmonik pasang surut di setiap lokasi seharusnya sama karena perputaran bumi terhadap bulan dan matahari memiliki nilai periodik sinodik yang tetap. Namun, adanya beberapa faktor seperti posisi lintang ataupun bujur (*magnitude*) menyebabkan adanya perbedaan *amplitude* dan fasa pada pasang surut hingga menyebabkan perubahan pada nilai *amplitude*. Perubahan *amplitude* dipicu oleh perubahan nilai fasa dimana nilai fasa menunjukkan konstituen yang mewakili rotasi bumi dalam kecepatan perjam matahari (Putra, 2017). Berdasarkan hasil analisis harmonik komponen pasang surut, diketahui komponen pasang surut J1 ETA2, 3MK7 dan M8 periode 10 November 2019 – 11 Desember 2019 berdasarkan penelitian Doodson (1921), Komponen J1 (*Smaller lunar elliptic diurnal*) menunjukkan Konstituen *diurnal* elips bulan yang lebih kecil. Konstituen ini, dengan kompone M2, memodulasi amplitudo K1 deklinasional, untuk efek orbit elips Bulan dengan kecepatan = $T + s + h - p = 159.064^\circ$ per jam matahari. dengan nilai *amplitude* 1,25 cm. Komponen ETA2 (*Smaller lunar evectional*) menunjukkan bahwa konstituen *semidiurnal* elips bulan yang lebih kecil dengan kecepatan 158.788° per jam dengan nilai *amplitude* 1.34 cm . Komponen M8 (*Shallow water eighth diurnal*) menunjukkan bahwa perairan dangkal menimpa konstituen bulan utama Kecepatan $M8 = 4M2 = 8T - 8s + 8h = 134.448^\circ$ per jam matahari dengan nilai *amplitude* 27 cm , sedangkan pada komponen 3MK7 menunjukkan konstituen *semidiurnal* dengan kecepatan 200.914° per jam matahari dengan nilai *amplitude* 36 cm. Komponen M2 menunjukkan konstituen *semidiurnal* bulan lunar. Konstituen ini mewakili rotasi Bumi sehubungan dengan Bulan dengan kecepatan 178.458° per jam matahari dengan nilai *amplitude* 42,636 cm. Komponen N2 menunjukkan Konstituen semi *diurnal* semi bulan elips yang lebih besar dengan kecepatan = $2T - 3s + 2h + p = 28.439.729,5^\circ$ per jam matahari dan berdasarkan penelitian dari Fadilah

et al., (2014) pada komponen N2 memiliki nilai 12,0 ° per jam matahari. Komponen K1 menunjukkan Konstituen *diurnal Lunisolar*. Konstituen ini, dengan O1, mengekspresikan efek deklinasi Bulan dan menunjukkan ketidaksetaraan *diurnal* dan ekstrem pasang *diurnal*. Komponen O1 menunjukkan Konstituen *diurnal* bulan dengan kecepatan 214.71° per jam matahari dengan nilai *amplitude* 10.625cm serta komponen K1 dengan kecepatan = $T - 2s + h = 214.71^\circ$ per jam matahari dengan nilai *amplitude* 21.818 cm (Doodson, 1928).

Uji Statistik

Hasil uji-t statistik untuk elevasi kedudukan muka laut diketahui variabel X1 merupakan nilai elevasi muka laut saat terjadi gerhana matahari cincin pada pengamatan periode 11 Desember 2019 – 09 Januari 2020 di jalur tidak langsung lintasan gerhana matahari cincin dan variabel X2 merupakan nilai elevasi muka laut sebelum terjadi gerhana matahari cincin pada periode pengamatan 11 November 2019 – 10 Desember 2019.

Tabel 3. Tabel Uji – T terhadap Elevasi Kedudukan Muka Laut (Sumber: Hasil Analisis, 2021)

Paired Samples Test								
Paired Differences								
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the		t	df	sig. (2-tailed)
				Lower	Upper			
Pair 1 X1 – Y	50.068	25.81328	11.5441	18.0165	82.1194	4.337	4	0.012
Pair 2 X2 – Y	97.068	79.56329	35.5818	-1.72291	195.859	2.728	4	0.053

Ket:

Pair 1 : *Magnitude* terhadap elevasi kedudukan muka laut periode 11 Desember 2019 – 09 Januari 2020

Pair 2 : *Magnitude* terhadap elevasi kedudukan muka laut periode 11 November – 10 Desember 2019

X1 : Elevasi muka laut saat terjadi gerhana

X2 : Elevasi muka laut tanpa gerhana

Y : *Magnitude* (Persentase tutupan bulan)

T : *t*hitung pada distribusi tabel-t

Df : Derajat Kebebasan (95%)

Tabel 4. Tabel Uji-T Komponen Harmonik (Sumber: Hasil Analisis, 2021)

Paired Samples Test								
Paired Differences								
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the		t	df	sig. (2-tailed)
				Lower	Upper			
Pair 1 X1 - Y	0.07892	0.97446	0.43579	-1.13104	1.28888	0.181	4	0.865
Pair 2 X2 - Y	0.46736	0.97147	0.43445	-0.73887	1.67359	1.076	4	0.024
Pair 3 X3 - Y	-0.4819	0.47679	0.21323	-1.07393	0.11009	-2.26	4	0.087
Pair 4 X4 - Y	-0.6375	0.38715	0.17314	-1.11817	-0.1568	-3.682	4	0.021

Ket:

Pair 1 : *Magnitude* terhadap komponen harmonik J1

Pair 2 : *Magnitude* terhadap komponen harmonik ETA2

Pair 3 : *Magnitude* terhadap komponen harmonik 3MK7

Pair 4 : *Magnitude* terhadap komponen harmonik M8

X1 : *Amplitude* pada komponen J1

X_2	: <i>Amplitude</i> pada komponen ETA2
X_3	: <i>Amplitude</i> pada komponen 3MK7
X_4	: <i>Amplitude</i> pada komponen M8
Y	: <i>Magnitude</i> (Persentase tutupan bulan)
T	: t_{hitung} pada distribusi tabel-t
Df	: Derajat Kebebasan (95%)

Nilai signifikan pada hipotesis 0 (H_0) yaitu pengaruh variabel *dependent* Y (*magnitude*) terhadap variabel *independent* (X_1) menghasilkan nilai signifikan 0,012 dimana $H_0 < 0,025$ sedangkan pada hipotesis 1 (H_1) yaitu pengaruh variabel *dependent* (Y) terhadap variabel *independent* (X_2) menghasilkan nilai signifikan 0,053 dimana $H_1 > 0,025$ (Tabel 3). Pada tabel 4 diketahui hasil uji-t statistik untuk komponen harmonik diketahui variabel X_1 merupakan nilai rerata *amplitude* (m) dari komponen J1 saat terjadi gerhana dan saat tidak terjadi gerhana, X_2 merupakan nilai rerata *amplitude* (m) dari komponen ETA2 saat terjadi gerhana dan saat tidak terjadi gerhana, X_3 merupakan nilai rerata *amplitude* (m) dari komponen 3MK7 saat terjadi gerhana dan saat tidak terjadi gerhana, dan X_4 merupakan nilai rerata *amplitude* (m) dari komponen M8 saat terjadi gerhana dan saat tidak terjadi gerhana dan Y merupakan *magnitude* persentase gerhana matahari cincin. Pada tingkat kepercayaan 95% (0,05) di uji dengan 2 variabel sehingga 0,05 dibagi dengan n (2) dan menghasilkan nilai 0,025. Nilai signifikan pada hipotesis 1 (H_1) yaitu pengaruh variabel *dependent* Y (*magnitude*) terhadap variabel *independent* (X_1) menghasilkan nilai signifikan 0,865 dimana $H_0 > 0,025$, pada hipotesis 3 (H_3) yaitu pengaruh variabel *dependent* (Y) terhadap variabel *independent* (X_3) menghasilkan nilai signifikan 0,087 dimana $H_3 > 0,025$ sedangkan pada hipotesis 4 (H_4) yaitu pengaruh variabel *dependent* (Y) terhadap variabel *independent* (X_4) menghasilkan nilai signifikan 0,021 dimana $H_4 < 0,021$.

Berdasarkan hasil Uji-T statistik dengan hipotesis pengaruh gerhana matahari cincin terhadap komponen signifikan, Santoso (2017) menyatakan jika $H_0 > 0.025$ maka hipotesis ditolak dan jika $H_0 < 0,025$ maka hipotesis diterima. Komponen J1 di duga memiliki nilai signifikan senilai 0.865 yang berarti $H_1 > 0,025$ dimana hipotesis pertama ditolak sehingga di duga tidak ada pengaruh signifikan pada komponen J1. Pada komponen ETA 2, memiliki nilai signifikan senilai 0.024 yang berarti $H_2 < 0,025$ dimana hipotesis kedua diterima sehingga di duga komponen ETA 2 memiliki pengaruh signifikan terhadap gerhana matahari cincin. Pada komponen 3MK7, memiliki nilai signifikan senilai 0,087 dimana $H_3 > 0,025$ yang berarti hipotesis ketiga ditolak sehingga di duga pada komponen 3MK7 tidak terdapat pengaruh signifikan terhadap gerhana matahari cincin. Pada komponen M8, memiliki nilai signifikan senilai 0,021 dimana $H_4 < 0,025$ sehingga di duga bahwa hipotesis tersebut diterima dan di duga terdapat pengaruh yang signifikan antara komponen M8 dengan gerhana matahari cincin.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini, di dapatkan kesimpulan bahwa Komponen – komponen pembangkit pasang surut pada saat terjadi gerhana matahari cincin yaitu komponen J1, ETA 2, 3MK7 dan M8. Gerhana matahari berpengaruh terhadap elevasi kedudukan muka laut pasang surut pada saat terjadi gerhana matahari cincin periode 11 Desember 2019 – 09 Januari 2020 di jalur pada saat gerhana matahari cincin di duga memiliki nilai signifikan sebesar 0.012 sedangkan pada saat periode pasang surut sebelum terjadigerhana matahari cincin 11 November 2019 – 10 Desember 2019 memiliki nilai signifikan 0.053. Gerhana matahari cincin berpengaruh terhadap komponen pasang surut di jalur gerhana matahari cincin dengan pasang surut di jalur gerhana matahari cincin dengan J1 memiliki nilai signifikan senilai 0.865, ETA2 memiliki nilai signifikan senilai 0.024, 3MK7, memiliki nilai signifikan senilai 0,087, M8 memiliki nilai signifikan senilai 0,021. Hal ini menunjukkan bahwa gerhana matahari cincin berpengaruh terhadap komponen harmonik J1, ETA 2, 3MK7 dan M8 dikarena posisi bumi, bulan dan matahari dalam satu garis. Dimana bulan berada di tengah antara bumi dan matahari, sehingga gaya tarik bulan lebih dominan dibandingkan matahari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kontributor utama dari artikel ini adalah Shastya Addiendra Puspitasari, Warsito Atmodjo dan Widodo Setiyo Pranowo. Artikel ini merupakan bagian dari tugas akhir Shastya Addiendra Puspitasari yang di bimbing oleh Warsito Atmodjo dan Widodo Setiyo Pranowo dengan penguji adalah Ibu Elis Indrayanti dan Bapak

Gentur Handoyo. Data pada artikel ini diperoleh dari Badan Informasi Geospasial dan *Times and Dates*. Sebagian analisis dilakukan di Laboratorium Data Laut dan Pesisir, Pusat Riset Kelautan, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Jakarta Utara, sebelum masa pandemi Covid-19. Diskusi dalam rangka analisis dan penyusunan naskah dilakukan secara *teleconference* menggunakan *Zoom Meeting* dan *Telegram*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2019. Eclipse, Norway: Times and Date.
- Aziz, M. F., 2006. Gerak Air di Laut. Oseana, pp. 9 - 21.
- Barbieri, C., 2007. Fundamentals of Astronomy. 1 ed. France: CRC Press.
- BMKG, 2019. Gerhana. Gerhana Matahari Cincin, 26 12, p. 2.
- Dhiauddin, R. *et al.*, 2017. Pemetaan Kerentanan Pesisir Pulau Simeulue dengan Metode CVI (Coastal Vulnerability Index). *EnviroScienteeae*, 13(2): 157-170.
- Donnel, B. P., Letter, J. V. & McAbally, W. H., 2003. User Guide for RMA2 Version 4.5. US army Engineer Research, Newyork, USA: Coastal and Hydraulics Laboratory.
- Doodson, A. T., 1928. The Analysis of Tidal Observations. The Royal Society, pp. 223 - 245.
- Dronkers, J. J., 1969. Tidal Computations for Rivers, Coastal Areas and Sea. Journal of Hydraulic Division, pp. 29 - 78.
- Fadilah, Suripin dan Sasongko, D. P., 2014. Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut. *Maspari Journal*, 6(1): 1 - 12.
- Fitriana, D., Oktaviani, N. dan Khasanah, I. U., 2019. Analisa Harmonik Pasang Surut dengan Metode Admiralty Pada Stasiun Berjarak Kurang Dari 50 Km. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 6(1): 38 - 48.
- Foreman, M. G. and Henry, R. F., 1989. The harmonic analysis of tidal model time series. *Advances in Water Resources*, pp. 109 - 120.
- Fricker, L. P., R., M. and A., S. H., 2018. Ocean Tide Influences on the Antarctic and Greenland Ice Sheets. *Advancing Earth and Space Science*, pp. 142 - 184.
- Harito, R. R., Fatoni, K. I. dan Pranowo, W. S., 2020. Studi Perhitungan Muka Surutan Peta Berdasarkan Waktu Terjadi Supermoon di Perairan Kalabahi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal STTAL*, 1(1): 10 - 23.
- Mihardja dan Radjawanne, 1990. Studi Dinamika Pasang Surut di Selat Malaka. Jakarta, Lokakarya Nasional.
- Nandy, D. *et al.*, 2018. The Large-scale Coronal Structure of the 2017 August 21 Great American Eclipse: An Assessment of Solar Surface Flux Transport Model Enabled Predictions and Observations. *The Astrophysical Journal*, pp. 50 - 62.
- NOAA. 2000. Tide and Current Glossary, s.l.: NOAA.
- Ongkosongko & Suyarso, 1989. Pasang Surut. Jakarta: Pusat Pengembangan Oseanologi LIPI.
- Pariwono, 1989. Gaya Penggerak Pasang Surut, Jakarta: P3O-LIPI.
- Pawlowicz, B. R., 2002. Classical tidal harmonic analysis including error estimate in MATLAB using T-Tide. *Pergamon: Computera and Geosciences*, 28(1): 929- 937.
- Pond, S. and Pickard, G. L., 1978. Introduction Dynamic Oceanography. Canada: Pergamon Press.

- Putra, A., 2017. Pembuatan Co-tidal Charts Perairan Laut Jawa, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Radjawanne, I, M., Simanjuntak, E., Adziima, A. dan Sofian. 2016. Investigation The Effect of Total Solar Eclipse March 9, 2016 on Tidal Elevation Study Cases: Bangka and Belitung Islands. *Journal of Physics: Conference Series*, 771.
- Santoso, S., 2017. Mahir Statistik SPSS 24. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- SNI-7646, 2010. Survey Hidrografi. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Supriyadi, E., S. dan Pranowo, W. S., 2018. Analisis Pasang Surut di Perairan Pameungpeuk, Belitung dan Sarmi Berdasarkan Metode Admiralty. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 19(1): 29 - 38.
- Supriyono, Pranowo, W. S., Rawi, S. dan Herunadi, B., 2015. Analisa dan Perhitungan Prediksi Pasang Surut Menggunakan Metode Admiralty dan Metode Least Square. *Jurnal Chart Datum*, 8-18.
- Suryani, Jumarang dan Apriyansyah, 2016. Perbandingan Kecepatan Arus Pasang Surut Dibeberapa Lokasi di Pantai Barat Kalimantan Barat. *Prism*, 4(2): 45-49.
- TNI-AL. 2017. Daftar Pasang Surut Kepulauan Indonesia, Jakarta: TNI-AL.
- Wyrcki, K., 1961. Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters. California: NAGA Report.