

Implementasi Metode Admiralty dalam Menganalisis Karakteristik Harmonik Pasang Surut Air Laut di Perairan Semarang

Novi Ken Sydney^{1*}

¹Universitas Negeri Jakarta, Indonesia

ABSTRACT

The determination of tidal harmonic constants and types of sea tides is greatly influenced by the location, position of the moon and sun which have their own period values at each time. This study uses tidal observation data for the waters of Semarang for the period 12 January - 9 February 2018 obtained from the Indonesian Navy Hydro-Oceanography Center (PUSHIDROSAL). Tidal harmonic constants are calculated using the Admiralty Method, then compared with the Least Square Method. The analysis produces 9 harmonic constants which are then used to determine the datum of the shape number and air surface height of a body of water. The characterization of the shape of the number shows that the waters of Semarang have a single daily tidal type. While the characterization of the datum using sea surface height analysis obtained the results of the waters of Semarang having the highest water surface height during the full moon tide, which is 2.35 m. The lowest air height during low tide is 1.32 m.

ABSTRAK

Penentuan konstanta harmonik pasang surut dan jenis pasang surut air laut sangat dipengaruhi oleh letak, posisi bulan dan matahari yang mempunyai nilai periode tersendiri setiap waktunya. Penelitian ini menggunakan data observasi pasang surut perairan Semarang pada periode 12 Januari – 9 Februari 2018 yang diperoleh dari Pusat Hidro-Oseanografi TNI Angkatan Laut (PUSHIDROSAL). Konstanta harmonik pasang surut dihitung menggunakan Metode Admiralty, kemudian komparasi dengan Metode *Least Square*. Analisis tersebut menghasilkan 9 konstanta harmonik yang kemudian digunakan untuk menentukan datum bilangan bentuk dan tinggi muka air suatu perairan. Karakterisasi bentuk angka menunjukkan bahwa perairan Semarang mempunyai tipe pasang surut harian tunggal. Sedangkan karakterisasi datum menggunakan analisis elevasi muka air laut diperoleh hasil perairan Semarang mempunyai tinggi muka air tertinggi pada saat pasang bulan purnama yaitu 2,35 m. Ketinggian air terendah pada saat air surut bernilai 1,32 m.

KONTAK

noviken70@gmail.com

KATA KUNCI

Pasang Surut, Admiralty, Least Square

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan sebagian besar wilayahnya merupakan perairan (Dina, 2019). Potensi perairan di Indonesia merupakan posisi strategis untuk pelayaran internasional maupun nasional, bahkan skala terkecil pelayaran antar pulau di Indonesia (Supriyono *et al.*, 2015).

Sebagai negara kepulauan, tidak sedikit masyarakat yang memanfaatkan perairan dalam aktivitas sehari-hari seperti nelayan dan petambak. Kedua profesi tersebut memanfaatkan parameter lingkungan perairan sebagai acuan dalam menjalankan aktivitas di laut. Salah satu parameter lingkungan di perairan adalah parameter hidrooseanografi yang meliputi arus, gelombang, sedimentasi, dan pasang surut. Pasang surut menjadi salah satu parameter hidrooseanografi yang dapat mempengaruhi sektor perikanan, transportasi, organisme perairan laut pada zona interdal dan litoral, serta profil wilayah pantai (Hamuna *et al.*, 2018).

Pasang surut laut merupakan gerakan naik turunnya permukaan laut yang disebabkan gaya tarik menarik antara bumi, bulan dan matahari. Selain gaya tarik menarik tersebut pengaruh meteorologis dan oseanografi juga ikut berperan dalam pembentukan karakteristik pasang surut, sehingga di setiap permukaan bumi memiliki kedudukan permukaan air laut yang bervariasi dari satu tempat ke tempat lain dan dari waktu ke waktu (Supriyono *et al.*, 2015). Kedudukan permukaan air laut ini sering disebut dengan nilai elevasi muka air. (Muldiyatno *et al.*, 2016). Kondisi amplitudo dan fase yang sangat bervariasi pada perairan Laut Jawa berkontribusi dalam tipe pasang surut yang dibentuk (Putra & Pratomo, 2017). Selain itu, sifat pasang surut yang periodik maka dapat diramalkan dengan mendapatkan nilai - nilai dari komponen - komponen pembentuknya (Supriyono *et al.*, 2015).

Metode Admiralty merupakan salah satu dari metode harmonik yang digunakan untuk menghitung dua konstanta harmonik yaitu amplitudo dan beda fase dalam rentang waktu yang pendek (29 hari). Output yang dihasilkan dalam metode admiralty meliputi amplitudo (A) dan fase (g) dari setiap komponen pasang surut dan elevasi beberapa muka air penting. Komponen pasang surut hasil pengolahan metode admiralty meliputi 9 komponen utama pasang surut yaitu: M_2 , S_2 , N_2 , K_1 , O_1 , P_1 , M_4 , MS_4 , dan K_2 . Sedangkan nilai elevasi yang dihasilkan dari pengolahan data ini antara lain: MSL, HWL, HHWL dan LLWL. Dalam pengolahan lebih lanjut, nilai amplitudo (A) digunakan untuk menentukan nilai Formzahl (F), sehingga akan didapatkan tipe pasang surut pada lokasi penelitian.

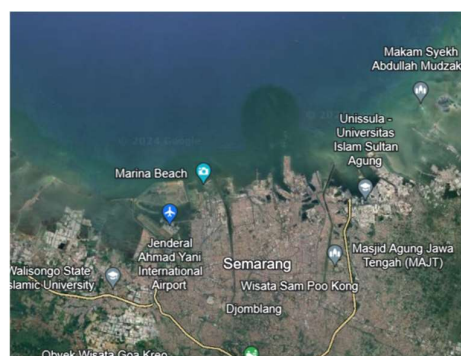
Di Indonesia sendiri metode Admiralty digunakan untuk mengamati pasang surut di beberapa perairan. Bahkan muara sungai yang berbatasan dengan laut dan menghasilkan pasang surut mampu ditentukan dengan metode ini. Penelitian yang dilakukan oleh Nurisman (2012) di sungai Musi dengan metode Admiralty menemukan tipe pasang surut yang dihasilkan bersifat harian tunggal dengan rentang data pengamatan dari tahun 2000 sampai 2010. Metode yang sama juga diaplikasikan pada perairan Widuri, Pemalang oleh Wicaksono (2016) didapatkan tipe pasang surut bersifat campuran dengan condong harian ganda. Begitu pula tipe pasang surut pada perairan Manokwari bersifat campuran condong harian ganda dengan kejadian pasang besar terjadi pada kondisi purnama dan surut besar terjadi pada kondisi perbani oleh Suhaemi (2018).

Dari penelitian tersebut menunjukkan perairan Indonesia memiliki kekhasan dalam tipe pasang surutnya. Bahkan dua perairan yang tidak berjauhan jaraknya mampu menghasilkan tipe pasang surut berbeda. Namun dari semua penelitian di atas tidak ada satupun yang menjelaskan secara detail metode Admiralty yang sebenarnya, sehingga kerap membingungkan pengguna pemula yang akan melakukan penentuan tipe pasang surut suatu perairan. Oleh sebab itu, penelitian ini lebih menekankan detail analisis dan metode Admiralty dengan maksud sebagai bahan referensi lanjutan pada penelitian mendatang.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai elevasi, komponen harmonik serta tipe pasang surut berdasarkan metode admiralty 29 piamtan yang terhitung dari 12 Januari hingga 9 Februari 2018 di Perairan Semarang, Jawa Tengah. Setelah itu dilanjutkan dengan komparasi metode *Least Square*.

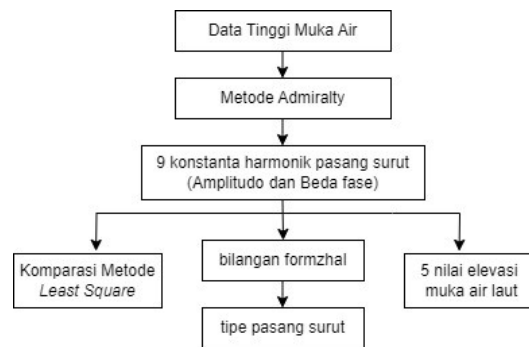
METODOLOGI

Data yang dikumpulkan berupa data primer yaitu data pasang surut selama rentang waktu satu bulan dimulai dari tanggal 12 Februari sampai 9 Februari 2018 dengan data pengamatan selama 24 jam. Data primer merupakan data yang didapat dari pihak instansi Pusat Hidro-Oseanografi TNI Angkatan Laut melalui pengukuran pasang surut secara langsung. Data pasang surut diberikan oleh Pushidrosal sebagai pihak yang melakukan pengambilan data. Lokasi pengambilan data terletak di Perairan Semarang. Data yang diberikan adalah data 29 piamtan yang sudah disortir dan diolah menggunakan metode admiralty.



Gambar 4. Peta Lokasi Data Penelitian

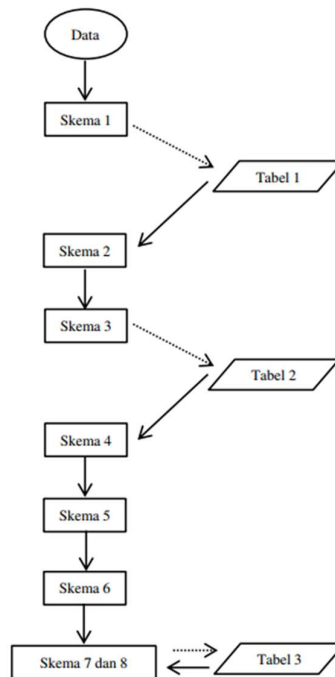
Pengolahan data pasang surut dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel 365. Tahapan pengolahan data pasang surut diantaranya adalah melakukan smoothing data pasang surut kemudian mengolah data tersebut menggunakan metode admiralty yaitu dengan menyusun data pada skema, kemudian melakukan penjumlahan dan pengurangan data pada skema, mengali data skema dengan konstanta pengali, perhitungan formzahl untuk mengetahui tipe pasang surut. Selain itu juga akan dilakukan komparasi dengan metode Least Square memperkuat hasil penelitian. Tahapan atau alur pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

Metode Admiralty

Proses pengolahan data menggunakan metode admiralty memerlukan bantuan beberapa skema dan tabel bantuan. Dalam pengerjaannya, metode ini memerlukan tiga tabel konstanta dan delapan skema. Setiap skema merupakan hasil akhir dari olahan skema sebelumnya atau hasil perhitungan dengan tabel konstanta. Tahapan 8 skema dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Skema Admiralty

Uraian diagram alir pengerjaan metode Admiralty dijelaskan pada Gambar 3.1.2. Metode ini menggunakan tiga tabel konstanta dan delapan buah skema. Dimana masing-masing skema merupakan bentuk hasil akhir dari olahan skema sebelumnya dan atau olahan dengan Tabel konstanta.

Uraian diagram alir pengerjaan metode *Admiralty* dijelaskan pada Gambar 1. Metode ini menggunakan tiga tabel konstanta dan delapan buah skema. Dimana masing-masing skema merupakan bentuk hasil akhir dari olahan skema sebelumnya dan atau olahan dengan Tabel konstanta. Berikut deskripsi skema dan tabel yang digunakan pada Gambar 1 (detail dapat dilihat pada pembahasan):

- Skema 1 : Matriks data tinggi pasang surut yang terdiri dari jam pengamatan dan tanggal pengamatan.
- Tabel 1 : Tabel pengali untuk skema 2.
- Skema 2 : Matriks penyesuaian skema 1 dengan kolom sebagai X1, Y1, X2, Y2, X4, dan Y4 dan baris sebagai tanggal pengamatan

- Skema 3 : Matriks penyesuaian skema 2 dengan kolom sebagai X0, X1, Y1, X2, Y2, X4, dan Y4 dan baris sebagai jam pengamatan.
- Tabel 2 : Tabel pengali untuk skema 3.
- Skema 4 : Matriks penyesuaian skema 3 dengan kolom sebagai kombinasi X dan Y dengan 0, 2, B, 3, C, 4, dan D dan baris sebagai tanggal pengamatan.
- Skema 5 : Matriks penyesuaian skema 4 dengan kolom sebagai X dan Y sedangkan baris sebagai 28 kombinasi parameter X dan Y dengan 0, 2, B, 3, C, 4, dan D pada skema 4.
- Skema 6 : Matriks penyesuaian skema 5 dengan kolom sebagai S0, M2, S2, N2, K1, O1, M4, dan MS4 dan nilai-nilai penjumlahan atau pengurangan dari skema 5.
- Tabel 3 : Tabel parameter w/f dan W/f.
- Skema 7 : Penyusunan hasil komponen pasang surut utama dengan bantuan Tabel 3.
- Skema 8 : Penyusunan hasil komponen pasang surut utama dengan bantuan Tabel 3.

Hasil metode admiralty meliputi amplitudo (A) dan fase (g) dari setiap komponen pasang surut dan elevasi beberapa muka air penting. Komponen pasang surut hasil pengolahan metode admiralty meliputi 9 komponen utama pasang surut yaitu:

Tabel 1. Komponen Hamonik Pasang Surut

Komponen Pasang Surut Utama	Interval pengamatan setiap jam		Kategori
	Periode (jam)	Kecepatan sudut ($^{\circ}$ /jam)	
M ₂	12,42	28,98	Semidiurnal
S ₂	12,00	30,00	Semidiurnal
N ₂	12,66	28,44	Semidiurnal
K ₂	11,97	30,08	Semidiurnal
K ₁	23,93	15,04	Diurnal
O ₁	25,82	13,94	Diurnal
P ₁	24,06	14,96	Diurnal
M ₄	6,21	57,96	Periode Panjang
MS ₄	6,10	58,98	Periode Panjang
S ₄	6	60,00	Periode Panjang

Dimana:

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

Secara temporal, pasang surut ini selalu memiliki nilai ketinggian yang berbeda jika dibandingkan dengan perairan lepas. Sehingga diperlukan beberapa parameter elevasi dalam rangka penentuan rekayasa di suatu pantai, diantaranya seperti MSL, HHWL, MHWL, MLWL, LLWL. Penjelasan lebih lanjut pada tabel berikut ini

Tabel 2 Nilai Elevasi Muka Air Laut

Simbol	Formula
MSL	= So
HHWL	= So + Z _o
MHWL	= Z _o + (M ₂ + S ₂)
LLWL	= So - (M ₂ + S ₂ + N ₂ + K ₁ + O ₁ + P ₁ + M ₄ + MS ₄)
MLWL	= Z _o - (M ₂ + S ₂)
Z _o	= M ₂ + S ₂ + N ₂ + K ₁ + O ₁ + P ₁ + M ₄ + MS ₄

Sumber: Fadilah dkk (2014)

Beberapa penjelasan parameter nilai elevasi Tabel 2 dijelaskan sebagai berikut:

1. *Mean Sea Level* (MSL) adalah rata-rata permukaan air laut
2. *Highest High Water Level* (HHWL) adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama;
3. *Mean High Water Level* (MHWL) adalah rata rata muka air tinggi selama periode 19 tahun;
4. *Mean Low Water Level* (MLWL) adalah rata-rata muka air rendah selama periode 19 tahun
5. *Lowest Low Water Level* (LLWL) adalah air terendah pada saat pasang surut purnama

Bilangan *formzahl* adalah pembagian antara amplitudo konstanta pasang surut harian utama dengan amplitudo konstanta pasang surut ganda utama (Korto, 2015). Perhitungan bilangan *formzahl* adalah sebagai berikut:

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

Hasil perhitungan bilangan Form di atas selanjutnya di klasifikasikan dalam Tabel 3 untuk melihat jenis pasang surut suatu perairan.

Tabel 3. Tipe Pasang Surut

Bilangan <i>Form</i>	Jenis pasang surut
$0.00 < F < 0.25$	Pasang surut harian ganda
$0.25 < F < 1.5$	Pasang surut campuran, condong harian ganda
$1.5 < F < 3$	Pasang surut campuran, condong harian tunggal
$F > 3$	Pasang surut harian tunggal

Nilai komponen harmonik pasang surut pada Tabel 1 dapat menentukan tipe pasang surut suatu perairan. Wyrski dalam Hutabarat menemukan ada empat tipe pasang surut air laut di perairan Asia Tenggara:

1. *Diurnal Tide* (pasang surut harian tunggal) terjadi bila suatu perairan mengalami satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari;
2. *Semi diurnal tide* (pasang surut harian ganda) terjadi bila perairan mengalami dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari;
3. *Mixed tide, prevailing diurnal* (pasang surut campuran condong harian tunggal) merupakan pasang surut yang tiap harinya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, namun terkadang juga terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang berbeda;

Metode Least Square

Metode least square dikembangkan oleh Rich Pawlowicz pada tahun 2002, yaitu paket T_Tide. T_Tide dijalankan menggunakan aplikasi MATHLAB. Data pasang surut pada lokasi stasiun yang telah diolah dengan menggunakan paket T_Tide akan menghasilkan nilai kedudukan muka air yang berupa nilai LWL (Lowest Water Level), MSL (Mean Sea Level) dan HWL (Highest Water Level). Selain nilai-nilai tersebut, dapat diketahui pula waktu awal dan akhir pengamatan serta rentang waktu pengamatan sekaligus. Selain itu, pengolahan dengan paket T_Tide ini juga menghasilkan nilai komponen pasang surut yang meliputi nilai amplitudo (A), fasa (g), serta nilai frekuensi dari masing-masing komponen pasang surut. Nilai amplitudo komponen pasang surut kemudian diolah untuk mendapatkan nilai formzahl (F) sehingga dapat diketahui tipe pasang surut dari lokasi penelitian. Di dalam paket T_Tide juga tersedia tools untuk melakukan prediksi pasang surut pada lokasi, prediksi pasang surut dapat dilakukan pada waktu sebelum maupun sesudah waktu pengamatan.

$$\eta(t) = S0 + \sum_{i=1}^N A_i \cos(\omega_i t - P_i) \dots \dots (2)$$

Keterangan :

$\eta(t)$ = Elevasi pasang surut (fungsi waktu)
 ω_i = $\frac{2\pi}{T_i}$, T_i merupakan periode komponen
 P_i = Fase ke-i
 $S0$ = *Mean Sea Level*
 T = waktu
 N = Jumlah Komponen
 A_i = Amplitudo ke-i

T-Tide masih menjadi program pengolah data pasang surut yang populer di kalangan akademisi, Namun bagi pengguna tanpa dasar pemrograman matlab akan sulit mengoperasikan software ini, Maka dari banyak dari peneliti dibidang kelautan menggunakan alternatif lain yang lebih mudah dimengerti yaitu *LP-Tides*. *LP-Tides* dikembangkan oleh Teguh Sulistian yang merupakan salah seorang peneliti di Pusat Kelautan dan Lingkungan Pantai, Badan Informasi Geospasial. Program ini bukanlah program yang berdiri sendiri, melainkan tetap berjalan dalam aplikasi matlab. Program ini membawa fitur dasar dari T-Tide, yaitu analisa konstanta harmonik dan prediksi pasang surut. Program ini juga dapat menyajikan grafik dari hasil observasi, rekonstruksinya dan grafik prediksinya. *LP-Tides* juga terdapat fitur *Loss Day Validation* yang berfungsi untuk melakukan pengecekan gap dari data pengamatan dan fitur *Fill Gap* yang berfungsi untuk mengisi kekosongan dari gap data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode Admiralty

Metode admiralty digunakan untuk mengetahui nilai komponen harmonik pasang surut. Ichasari *et all* (2020) menjelaskan bahwa metode admiralty merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghitung amplitudo dan beda fase pada rentang waktu yang pendek (29 piantan). Data pasang surut dilakukan *smoothing* untuk menghilangkan *noise* pada data lapangan yang didapatkan dari pengukuran alat (Pasaribu *et all.*, 2022).

Perhitungan metode admiralty menghasilkan sembilan komponen harmonik pasang surut yang menyebabkan terjadinya pasang surut. Sembilan komponen tersebut termasuk ke dalam komponen pasut harian ganda, tunggal dan perairan dangkal. Komponen tersebut adalah M_2 , S_2 , N_2 , dan K_2 yang termasuk ke dalam komponen pasut harian ganda. K_1 , O_1 , dan P_1 yang termasuk ke dalam komponen pasut harian tunggal serta M_4 dan MS_4 yang termasuk ke dalam komponen pasut perairan dangkal. Pada metode *admiralty* proses perhitungan dilakukan dari Skema I sampai Skema VIII. Hasil nilai komponen pasang surut dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Nilai Komponen Harmonik

HASIL TERAKHIR										
	S_0	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1	M_4	MS_4	K_2	P_1
A Cm	182,641	7,434	1,952	10,067	22,697	13,391	10,451	11,824	0,527	7,490
g°		155,747	156,737	198,380	351,900	330,567	267,531	126,311	156,737	351,900

Berdasarkan nilai komponen pasang surut maka dapat ditentukan tipe pasang surut di Perairan Lampung. Nilai yang digunakan adalah nilai amplitudo dan beda fase. Komponen yang digunakan adalah komponen pasang surut ganda yaitu M_2 dan S_2 serta komponen pasang surut tunggal yaitu K_1 dan O_1 . Nilai ini kemudian dimasukkan ke dalam persamaan *formzahl*.

$$\text{FORMZAHL} = 3,8445023$$

Gambar 6. Nilai Akhir Formzhal

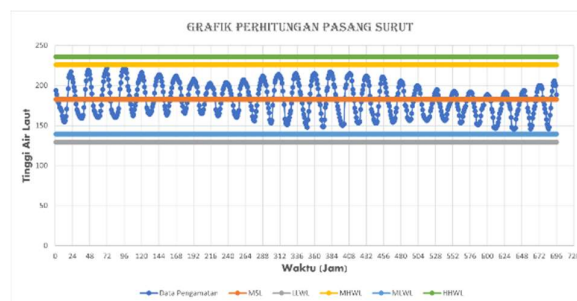
Nilai yang didapatkan dari persamaan *formzahl* adalah sebesar 3,8445023. Sehingga tipe pasang surut di perairan Lampung termasuk ke dalam tipe Pasang Surut Harian Tunggal (*Diurnal Tide*). Perairan dengan tipe ini memiliki karakteristik dalam satu hari/piantan terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. (Syahputra dan Rahma., 2023).

Tabel 5. Nilai Elevasi Muka Air

Elevasi muka air	Nilai (cm)
<i>MSL</i>	182,6
<i>HHWL</i>	235,911
<i>MHWL</i>	129,4
<i>LLWL</i>	225,9
<i>MLWL</i>	139,3

Nilai komponen harmonik pasang surut dapat digunakan untuk menentukan elevasi muka air laut. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai *Mean Sea Level* berasal dari nilai *S0* yaitu sebesar 182,6 cm. Nilai ini merupakan rata-rata muka air laut dari semua data pengamatan. Nilai muka air tinggi tertinggi adalah 235,911 cm yaitu lebih tinggi 53,31 cm (+53,31) dari tinggi muka air rata-rata (*MSL*). Untuk nilai muka air rendah terendah di perairan Semarang selama waktu pengamatan adalah 129,4 cm atau lebih rendah 53,2 cm (-53,2) dari tinggi muka air rata-rata (*MSL*).

Data pasang beserta dengan 9 komponen harmonik dan nilai elevasi muka air laut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. Grafik Perhitungan Pasang Surut

Data tinggi air laut diukur dalam kurun waktu 29 Hari/Piantan (1 piantan = 24 Jam). Mulai dari 12 Januari 2018 sampai dengan 9 Februari 2018 di Perairan Semarang. Pada grafik, setiap jarak 24 menggambarkan 1 piantan. Contoh pada hari pertama mulai dari jam ke-0 sampai ke-23, hari kedua mulai dari jam ke-24 sampai ke-47, hari ketiga mulai dari jam ke-48 sampai ke-71, dan begitu seterusnya.

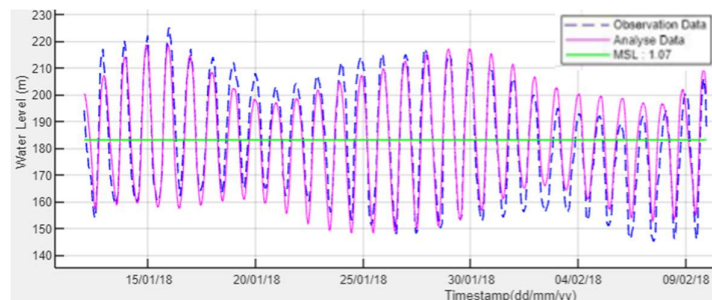
Komparasi Metode *Least Square*

Setelah selesai dengan metode admiralty, lalu di komparasi dengan metode *Least Square*. Pengolahan data pasang surut dengan menggunakan metode ini hasilnya ditampilkan dalam beberapa grafik yang menggambarkan ketinggian air terhadap waktu pelaksanaan pengamatan. Dari pengolahan data tersebut juga diketahui beberapa kedudukan muka air laut di Perairan Semarang selama 29 piantan, Berdasarkan hasil analisis data pasang surut di perairan Semarang didapat nilai bilangan formzahl (F) yaitu sebesar 6.547759. Sehingga diketahui bahwa tipe pasang surut dari perairan Semarang berdasarkan metode *Least square* adalah tipe harian tunggal. Berikut hasil yang didapatkan dalam metode *least square* (*diurnal tide*).

-----Time Range Of Analyse-----				M3	0.1207671	0.1937	314.74	
1. Start of observation : 12/01/2018 00:00:00				MK3	0.1222921	0.8884	168.46	
2. End of observation : 09/02/2018 23:00:00				SK3	0.1251141	0.8626	83.10	
3. Duration of observation : 29 day				MN4	0.1595106	0.1486	252.90	
4. Epoch of observation : 696 epoch				M4	0.1610228	0.1502	123.06	
-----Harmonic Constituent-----				MS4	0.1638447	0.2080	85.77	
				S4	0.1666667	0.0180	121.63	
				2MK5	0.2028035	0.1298	230.77	
Const	Freq	Ampl	Phase	2SK5	0.2084474	0.2271	215.25	
				2MN6	0.2400221	0.0079	63.33	
MSF	0.0028219	3.5441	323.19	M6	0.2415342	0.0648	259.39	
2Q1	0.0357064	1.8453	336.57	2MS6	0.2443561	0.0989	30.12	
Q1	0.0372185	3.4067	127.95	2SM6	0.2471781	0.0858	176.12	
O1	0.0387307	3.6625	13.75	3MK7	0.2833149	0.0490	319.03	Elevasi muka air
N01	0.0402686	3.9036	44.21	M8	0.3220456	0.1178	205.98	
K1	0.0417807	26.5538	7.32					
J1	0.0432929	2.5289	161.91					
O01	0.0448308	4.8693	141.42					
UPS1	0.0463430	3.4729	261.40					
N2	0.0789992	1.0286	217.56					
M2	0.0805114	2.7656	329.27					
S2	0.0833333	1.8491	170.02					
ETA2	0.0850736	0.7383	250.98					
M03	0.1192421	0.2588	280.17					
				-----Tidal Type-----				
				1. Mean Sea Level (MSL) : 183.000000				
				2. Formzal Number : 6.547759				
				3. Tidal Type : Diurnal				
				hhwl =	225.2303	m		
				mhws =	217.4977	m		
				mhw1 =	200.5643	m		
				mlwl =	164.9393	m		
				llwl =	144.9788	m		

Gambar 6. Hasil Metode *Least Square*

Pada hasil pengolahan pasang surut dengan menggunakan metode *least square* dilakukan perbandingan terhadap data observasi yang disajikan dalam bentuk grafik



Gambar 7. Grafik Perhitungan Metode *Least Square*

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisa data pasang surut dengan menggunakan Metode Admiralty dapat disimpulkan bahwa:

- Metode perhitungan pasang surut menggunakan Metode Admiralty menghasilkan dua konstanta harmonik yaitu amplitudo dan beda fase. Proses perhitungan dengan metode ini ialah menggunakan bantuan tabel dan beberapa skema perhitungan.
- Dari hasil perhitungan konstanta harmonik pasang surut, diperoleh nilai amplitudo pasang surut harian tunggal (K1 adalah 22,697 cm dan O1 adalah 13,391 cm), amplitudo pasang surut harian ganda (M2 adalah 7,434 cm dan S2 adalah 1,952 cm) dan amplitudo pasang surut dangkal (M4 adalah 10,451 cm dan MS4 adalah 11,824 cm).
- Hasil perhitungan bilangan Formzahl di Perairan Semarang adalah $F = 3,8445023$ sehingga tipe pasang surut pada lokasi tersebut adalah tipe pasang surut harian tunggal yang hanya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari.
- Hasil komparasi dengan metode Least Square adalah nilai MSL dan tipe pasang surut hasilnya akurat dan sama persis, Nilai Formzahl hasilnya mendekati, nilai elevasi muka air laut (kecuali MSL) dan konstanta harmonik hasilnya berbeda jauh.

REFERENSI

- Anggraini, A., Mulia, A. P., Hasibuan, G. C. R., & Faisal, M. (2023). Analisis Kenaikan Muka Air Laut di Belawan. *Jurnal Syntax Admiration*, 4(8).
- Cahyono, B. (2013). Penggunaan Software Matrix Laboratory (MATLAB) dalam pembelajaran aljabar linier. *Jurnal Phenomenon*, 1(1), 45-62.
- Djaja, R. (1989). Makalah : Cara Perhitungan Pasut Laut Dengan Metode Admiralty, PASANGSURUT,. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi.
- Herlina Sagala, Roberto Patar Pasaribu, F. K. U. (2018). Pemodelan Pasang Surut Dengan Menggunakan Metode Flexible Mesh Untuk Mengetahui Genangan Rob Di Pesisir Karawang. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 2(September), 10–27.
- Hikmah, D., Arisanti, L. E., & Irmawan, D. (2020). Dengan Metode Admiralty. 2, 86–95.
- Nurisman, N. 2012. Karakteristik Pasang Surut di Alur Pelayaran Sungai Musi Menggunakan Metode Admiralty. *Maspari Journal*, 4(1), 110-115.
- Ongkosongo. (1989). *Pasang Surut* (Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi (ed.)). Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 257 hal.
- Prayogo, L. M. (2021). Metode Kuadrat Terkecil untuk Analisis Konstanta Harmonik Pasang Surut Air Laut di Pulau Gili Raja, Kabupaten Sumenep, Madura. *Pena Akuatika: Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 20(1)
- Ramadhan, M. (2011). Komperasi Hasil Pengamatan Pasang Surut di Perairan Pulau Pramuka dan Kabupaten Pati dengan Prediksi Pasang Surut Tide Tipe Driver. Jakarta Utara: Peneliti pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Pesisir dan Laut.

- Sudirman Adibrata. (2007). Analisis Pasang Surut Di Pulau Karampuang , Provinsi Sulawesi Barat Tide Analysis in Karampuang Island of West Sulawesi Province. *Sumberdaya Perairan*, 1(April), 1–6
- Suhaemi, Raharjo, S., dan Marhan. 2018. Penentuan Tipe Pasut Perairan Pada Alur Pelayaran Manokwari dengan Menggunakan Metode Admiralty. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 2(1), 57-64
- Supriyadi, E., & Siswanto, W. S. (2019). 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., & Herunadi, B. (2015). Analisis dan Perhitungan Prediksi Pasang Surut Menggunakan Metode Admiralty dan Metode Least Square (Studi Kasus Perairan Tarakan dan Balikpapan. *Jurnal Chart Datum*, 1(1): 8 -18
- Syahri, Q. A., Mahfudz, A. A., Johan, Y., & Wulansari, N. Z. (2024, March). ANALISIS TIPE PASANG SURUT MENGGUNAKAN METODE ADMIRALTY (STUDI KASUS: TELUK LAMPUNG). In *PROSIDING SEMINAR NASIONAL HASIL PENELITIAN KELAUTAN DAN PERIKANAN* (Vol. 2, pp. 52-63). Triatmojo, B. (1999). Teknik pantai. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada.
- Ulum, M., & Khomsin. (2013). Perbandingan Prediksi Pasang surut Antara Metode Admiralty dan Metode Least Square. *Journal of Geodesy and Geomatics*, 9 (1).
- Wicaksono, P.H., Handoyo, G., dan Atmodjo, W. 2016. Analisis Peramalan Pasang Surut dengan Metode Admiralty dan Arima di Perairan Pantai Widuri Kab. Pemalang. *Jurnal Oseanografi*, 5(4), 489-495.