

DOI: doi.org/10.21009/03.1301.FA01

ANALISIS TIPE PASANG SURUT DI PERAIRAN SEMARANG MENGGUNAKAN METODE ADMIRALTY

Alfiyani Az Zahro^{1, a)}, Syafrima Wahyu², Nadia Zahrina Wulansari³

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta ²Pusat
Hidro-Oseanografi TNI Angkatan Laut, Dinas Oseanografi dan Meteorologi

Email: ^{a)}alfiyani799@gmail.com

Abstrak

Pasang surut merupakan naik turunnya permukaan air laut akibat adanya gravitasi benda-benda di langit, khususnya matahari dan bulan, terhadap massa air laut di bumi. Perairan Semarang terletak di pesisir utara Jawa Tengah yang merupakan salah satu wilayah pesisir penting di Indonesia. Lokasi ini terletak di antara beberapa pelabuhan besar dan jalur perdagangan laut, sehingga informasi mengenai pasang surut air laut sangat penting untuk kegiatan navigasi dan operasional pelabuhan. Penelitian ini menggunakan data pasang surut air laut di perairan Semarang pada Januari hingga Februari 2018. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan dua cara. Metode yang digunakan adalah data sekunder dan data primer. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari survei langsung yang dilakukan oleh Tim Satuan Survei Hidro Oseanografi pada wilayah perairan tertentu. Sedangkan data primer merupakan pelengkap dari data sekunder yang mendukung penelitian ini, yaitu dengan menggunakan metode admiralty. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis pasang surut di perairan Semarang adalah pasang harian tunggal (diurnal tide) dengan nilai formzahl sebesar 3,94.

Kata-kata kunci: Pasang surut, Admiralty, Harmonik Konstan, Jenis-jenis pasang surut.

Abstract

Tides are the rise and fall of sea levels due to the gravitational force of objects in the sky, especially the sun and moon, on the mass of sea water on earth. Semarang waters are located on the north coast of Central Java, which is one of the important coastal areas in Indonesia. This location is located between several large ports and sea trade routes, so information about sea tides is very important for navigation activities and port operations. This research uses tide data in Semarang waters from January to February 2018. The data collection technique was carried out in two ways. The methods used are secondary data and primary data. Secondary data is data obtained from direct surveys carried out by the Hydro Oceanographic Survey Unit Team in certain water areas. Meanwhile, primary data is a complement to secondary data that supports this research, namely using the admiralty method. The research results show that the type of tide in Semarang waters is a single daily tide (diurnal tide) with a formzahl value of 3.94.

Keywords: Tides, Admiralty, Constant Harmonic, Types of tides.

LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan sebagian besar wilayahnya merupakan perairan. Potensi perairan di Indonesia merupakan posisi strategis untuk pelayaran internasional maupun nasional, bahkan skala terkecil pelayaran antar pulau di Indonesia. Untuk mendukung kegiatan pelayaran khususnya dan aktifitas yang dilakukan di perairan (transportasi air) pada umumnya, mutlak di ketahui gerakan naik dan turunnya permukaan air laut yang biasa disebut pasang surut. Pasang surut laut (pasut) merupakan gerakan naik turunnya permukaan laut yang disebabkan gaya tarik menarik antara bumi, bulan, dan matahari.

Pasang surut merupakan peristiwa naik turunnya permukaan air laut yang terjadi secara periodik yang diakibatkan oleh hubungan gravitasional antara matahari, bulan, dan bumi. Selain faktor tersebut pasang surut juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti angin, curah hujan, dan iklim. Faktor ini juga menentukan ketinggian tambahan pada permukaan laut dan fluktuasinya sepanjang masa (Pariwono, 1989). Fluktuasi muka air laut berubah-ubah secara periodik dalam suatu selang waktu tertentu atau sering disebut dalam satu siklus pasang surut. Karakteristik pasang surut di perairan dipengaruhi oleh letak geografis, morfologi pantai, maupun batimetri perairan.

Pada daerah pesisir pengamatan pasut jangka panjang diperlukan untuk memprediksi kemungkinan terjadinya kenaikan muka laut yang dapat membahayakan kehidupan masyarakat membahayakan kehidupan masyarakat pesisir. Pencegahan bencana secara dini dapat dilakukan dengan mengkaji secara seksama perilaku kedudukan muka air laut dari waktu ke waktu dalam jangka waktu yang panjang.

Arus laut didefinisikan sebagai gerakan horizontal massa air laut yang dipicu oleh gaya-gaya penggerak yang bekerja pada air laut seperti pasang surut, stres angin, gradien tekanan, dan gelombang laut (Hadi dan Radjawane, 2009). Arus laut secara umum dapat dikategorikan menjadi 4 yaitu arus yang berhubungan dengan densitas, arus pasang surut, arus akibat gelombang, dan arus yang ditimbulkan oleh angin (Ippen, 1996). Arus pasut adalah pergerakan massa air laut secara horizontal yang dihubungkan dengan naik turunnya permukaan air laut akibat gaya tarik benda-benda angkasa terutama bulan dan matahari.

Arus pasang surut yang disebabkan oleh adanya fenomena pasang surut air laut berubah arahnya secara periodik. Sedangkan gelombang laut adalah pergerakan naik dan turunnya air laut dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva atau grafik sinusoidal (Holthuijsen, 2007). Gelombang laut tersebut memiliki dimensi berupa periode gelombang (T), panjang gelombang (λ), dan tinggi gelombang (h), serta cepat rambat gelombang (v). Arus, pasang surut dan gelombang merupakan parameter penting dalam dinamika perairan yang memberikan pengaruh terhadap wilayah pesisir dan laut (Dijkstra, 2008).

Apabila kita mengamati pergerakan air laut di pantai dalam waktu yang cukup lama, maka kita akan merasakan bahwa kedalaman air dimana kita berpijak selalu berubah sepanjang waktu. Pada mulanya muka air terlihat rendah, beberapa waktu kemudian menjadi tinggi dan akhirnya mencapai maksimum. Dinamika perubahan elevasi muka air laut tersebut merupakan gerakan air laut yang paling aneh diantara semua gerakannya. Di Indonesia dinamika permukaan air laut tersebut dinamakan pasang surut (pasut) air laut (Sahala, 1986).

Dalam menganalisis tipe pasang surut suatu wilayah perairan biasanya menggunakan metode admiralty. Metode admiralty merupakan salah satu dari beberapa metode dalam analisis pasang surut yang mampu menguraikan karakteristik level muka air mencakup informasi konstanta harmonik pasang surut, elevasi muka air dan tipe pasang surut (Hendri et al., 2019) umumnya digunakan dalam perencanaan bangunan pantai maupun untuk berbagai aktivitas lainnya. Metode ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya akurasi yang baik dan dapat menggunakan data pengamatan pasut dalam deret waktu waktu pendek, menghasilkan sembilan komponen pasang surut. Metode admiralty juga memiliki kelebihan dalam hasil penentuan nilai bilangan Formzahl lebih mendekati atau berkesesuaian dengan nilai referensi (Sangkop et al., 2015).

Dengan memperhatikan nilai formzahl (pada kolom nilai F) dapat diketahui bahwa pasang surut di perairan lepas pantai sekitar Karimun Jawa bertipe tunggal (diurnal), dicirikan pada nilai F sebesar 3,86. Tipe pasang surut di Semarang juga menunjukkan tipe pasang surut harian tunggal nilai $F > 3,00$ (Ibid, 2000).

RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan masalah yang diidentifikasi adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mendapatkan nilai suau bilangan Formzahl untuk tipe pasang surut air laut yang berada di wilayah Perairan Semarang?
2. Bagaimana komponen harmonik pasang surut mempengaruhi elevasi muka air terhadap gelombang pasang surut di Perairan Semarang?

Batasan Masalah

Adapun permasalahan penelitian ini dibatasi pada:

1. Data pasang surut selama 29 piantan (29 hari) di Perairan Semarang pada tanggal 12 Januari hingga 9 Februari 2018.
2. Tipe pasang surut dan nilai bilangan formzahl yang berada di Perairan Semarang selama 29 piantan (29 hari).
3. Komponen harmonik yang digunakan seperti S_0 , M_2 , S_2 , N_2 , K_1 , O_1 , M_4 , MS_4 , K_0 , dan P_1 .

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis tipe pasang surut air lau yang berada di wilayah Perairan Semarang.
2. Menentukan nilai bilangan Formzahl yang berada di wilayah Perairan Semarang.

LANDASAN TEORI

Pasang Surut

Fenomena pasang surut air laut diartikan sebagai fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh pengaruh dari kombinasi gaya gravitasi dari benda-benda astronomis terutama matahari dan bulan serta gaya sentrifugal bumi. Pengaruh gravitasi benda angkasa lain (selain bulan dan matahari) dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil (Prasetyo, 2002).

Puncak elevasi disebut pasang tinggi dan lembah elevasi disebut pasang rendah. Periode pasang surut (Tidal Range) adalah waktu antara puncak atau lembah gelombang ke puncak atau lembah gelombang berikutnya. Dalam siklus bulanan, terjadi 2 kali pasang tinggi yang tertinggi dan pasang rendah yang terendah yaitu saat konjungsi dan oposisi (Danu, 2002).

Menurut teori gravitasi universal, besaran gaya gravitasi berbanding terbalik terhadap jarak. Oleh karena itu, meskipun ukuran bulan lebih kecil dari matahari, gaya tarik gravitasi bulan lebih besar daripada gaya tarik matahari dalam membangkitkan pasang surut laut karena jarak bulan ke bumi lebih dekat dari pada jarak matahari ke bumi (John, 2005).

Bulan sebagai objek utama penyebab terjadinya pasang surut air laut, selain mengelili bumi juga mengelilingi matahari bersama bumi. Oleh karena orbit matahari dan bulan yang berbentuk oval, maka sistem jarak bumi-bulan matahari selalu berubah-ubah. Di samping itu, matahari bersama bulan sama-sama menarik air laut yang menjadikannya pasang. Apabila bulan dan matahari berada pada satu garis langit, tarikannya menjadi lebih kuat. Tetapi kerap kali bulan dan matahari itu menarik dari jurusan yang berbeda-beda, dengan demikian maka kadang-kadang pasang itu sangat tinggi dan pada waktu lainnya sangat rendah (Heinz, 1979).

Jenis Pasang Surut

Jenis pasang surut teridentifikasi sebagai bentuk pengaruh gravitasi bulan dan matahari serta gaya sentrifugal bumi secara langsung terhadap pergerakan air laut. Adapun tipe pasang surut biasanya dipengaruhi oleh faktor lokalitas laut secara khusus, sehingga membedakan karakter pasang surut antara satu tempat dengan tempat yang lain (Poerbondo, 2005).

1. Pasang purnama (spring tide) adalah pasang yang terjadi ketika bumi, bulan dan matahari berada dalam suatu garis lurus. Pada saat itu akan dihasilkan pasang tinggi yang sangat tinggi dan pasang rendah yang sangat rendah. Pasang surut purnama ini terjadi pada saat bulan baru dan bulan purnama (konjungsi dan oposisi).
2. Pasang perbani (neap tide) adalah pasang yang terjadi ketika bumi, bulan dan matahari membentuk sudut tegak lurus. Pada saat itu akan dihasilkan pasang tinggi yang rendah dan pasang rendah yang tinggi. Pasang surut perbani ini terjadi pada saat bulan 1/4 dan 3/4. (Kahar, 2008).

Tipe Pasang Surut

Tipe pasut ditentukan oleh frekuensi air pasang dan surut setiap harinya. Hal ini disebabkan karena perbedaan respon setiap lokasi terhadap gaya pembangkit pasang surut. Sehingga terjadi tipe pasut yang berlainan di sepanjang pesisir. Ada empat tipe pasut sebagai klasifikasi-nya, yaitu:

1. Pasang surut harian tunggal (Diurnal Tide) yaitu bila dalam sehari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Biasanya terjadi di laut sekitar katulistiwa. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.
2. Pasang surut harian ganda (Semi Diurnal Tide) yaitu bila dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang hampir sama tingginya.
3. Pasang surut campuran condong harian tunggal (Mixed Tide Prevailing Diurnal) merupakan pasut yang tiap harinya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut tetapi terkadang dengan dua kali pasang dan dua kali surut yang sangat berbeda dalam tinggi dan waktu.
4. Pasang surut campuran condong harian ganda (Mixed Tide Prevailing Semi Diurnal) merupakan pasut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari tetapi terkadang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan memiliki tinggi dan waktu yang berbeda (Mihardja, 1989).

Konsep Prediksi Pasang Surut

Mengingat pasang surut air laut yang dapat dijelaskan dengan teori gravitasi universal dan teori gerak periodik benda-benda langit, maka pasang surut air laut juga bisa dijelaskan secara matematis. Hal ini merupakan logika yang jelas dapat diaplikasikan karena konsep matematis fenomena-fenomena alam lain yang terkait tersebut telah terlebih dahulu dapat dirumuskan (Hidayat, 2010).

Dengan demikian, bukanlah hal yang mustahil jika pada suatu tempat dapat diprediksi potensi dan dinamika pasang surut air lautnya. Hal ini dikarenakan kajian pasang surut secara matematis sudah mampu merepresentasikan keakuratan pasang surut air laut secara nyata. Prediksi pasang surut ditujukan untuk memperoleh informasi tinggi muka laut di masa mendatang pada saat dan lokasi tertentu. Hasil prediksi ditampilkan dalam tabel yang berisi jam dan tinggi muka air. Tabel-tabel prediksi pasang surut di beberapa lokasi dipublikasikan dalam sebuah buku pasang surut (Poerbondo, 2005).

Untuk memprediksi pasang surut, diperlukan data amplitudo dan beda fase dari masing-masing komponen pembangkit pasang surut. Komponen-komponen utama pasang surut terdiri dari komponen tengah harian dan harian. Namun demikian, karena interaksinya dengan bentuk (morfologi) pantai dan superposisi antar gelombang pasang surut komponen utama, akan terbentuklah komponen-komponen pasang surut yang baru (Hidayat, 2010).

Prediksi pasang surut dilakukan dengan menurunkan atau mencari komponen-komponen pasang surut dari data pasang surut dalam rentan pengamatan tertentu. Pendekatan yang dipakai untuk mendapatkan komponen-komponen pasang surut adalah analisis harmonik. Cara yang lazim dipakai adalah metode admiralty atau kuadrat kecil. Penggunaan metode admiralty biasanya diterapkan pada panjang data 15-29 piantan dengan interval waktu pengamatan 1 jam. Untuk data dengan interval waktu pengamatan yang lebih kecil dengan rentan waktu pengamatan yang lebih panjang, metode kuadrat terkecil cukup efektif dipakai untuk mendapatkan komponen-komponen harmonik dari data pengamatan pasang surut (Saroso, 2017).

Komponen Harmonik Pasang Surut

Matahari dan bumi akan menghasilkan fenomena pasang surut yang mirip dengan fenomena yang diakibatkan oleh bumi dan bulan (Pariwono, 1989). Perbedaan yang utama adalah gaya penggerak pasang surut yang disebabkan oleh matahari hanya separuh dari kekuatan yang disebabkan oleh bulan, dikarenakan jarak bumi dan bulan yang jauh lebih dekat dibanding jarak matahari dan bumi, meskipun massa matahari jauh lebih besar daripada bulan.

Gaya penggerak pasang surut dapat diuraikan sebagai hasil gabungan sejumlah komponen harmonik pasang surut, dan data dikelompokkan menjadi 3 (tiga) bagian komponen, yaitu: tengah harian, harian, dan periode panjang. Berikut penyusunan metode admiralty menggunakan skema 1 hingga skema 8.

1. Skema 1

Sebelum melakukan pengolahan data pasang surut disusun menurut Skema 1 terlebih dahulu. Kolom Skema 1 menunjukkan waktu pengamatan dari pukul 00.00 sampai 23.00, dan ke bawah menunjukkan tanggal selama 29 piantan, yaitu bulan Januari dan Februari tahun 2018.

2. Skema 2

Skema 2 diisi dengan mengalikan data pasang surut dengan nilai pengali pada Tabel 2 pada masing-masing harinya. Tabel 2 berisi deretan bilangan 1 dan -1, kecuali untuk X4 ada yang berisi bilangan 0 dan tidak dimasukkan dalam perkalian. Kemudian dilakukan perhitungan dengan menjumlahkan bilangan yang dikalikan dengan 1 dan diisikan dibawah kolom bertanda (+) untuk masing-masing X1, Y1, X2, Y2, X4, Y4. Hal yang sama juga dilakukan untuk penjumlahan dari perkalian dengan bilangan -1.

3. Skema 3

Skema 3 diisi dengan prosedur sebagai berikut:

- 3.1. Untuk kolom X0 (+) diperoleh dengan menjumlahkan X1 (+) dengan X1 (-), tanpa melihat tanda (+) dan (-).
- 3.2. Untuk kolom X1, Y1, X2, Y2, X4 dan Y4 diperoleh dengan menjumlahkan masing masing tanda (+) dan (-). Agar tidak ada nilai yang negatif, maka hasilnya ditambahkan dengan 2000.

4. Skema 4

Pengisian kolom-kolom pada Skema 4 dibantu dengan Tabel 3. Nilai X00 yang diisikan pada kolom X (tambahan) merupakan penjumlahan dari nilai X0 dari Skema 3 yang telah dikalikan dengan faktor pengali dari Tabel 3 kolom 0, dimana perkalian dilakukan baris per baris. Faktor 29 menunjukkan berapa kali harus dikurangkan dengan bilangan tambahan 2000 dan seterusnya.

5. Skema 5 dan 6

Skema 5 dan Skema 6 diisi dengan bantuan Tabel 6. Pada Tabel 6, kolom kedua diisi terlebih dahulu. Kolom ketiga dan seterusnya diisi dengan hasil perkalian kolom 2 dengan faktor pengali.

6. Skema 7 dan 8

Pengisian Skema 7 dan Skema 8 memerlukan tahapan yang panjang dengan beberapa format isian.

Elevasi Muka Air

Elevasi muka air rencana diperlukan untuk pengembangan dan pengelolaan daerah pantai. Mengingat elevasi muka air laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut, beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Muka air tinggi (high water level), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (low water level), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
3. Muka air rendah rerata (mean low water level, MLWL), adalah rerata dari muka air rendah selama periode 18,6 tahun.
4. Muka air laut rerata (mean sea level, MSL), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata.
5. Muka air tinggi tertinggi (highest high water level, HHWL), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

METODOLOGI

Dalam penelitian ini dilakukan penelitian dengan dilakukan dengan dua cara yaitu menggunakan data sekunder dan data primer. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari hasil survei langsung oleh Tim Satuan Survei Hidro-Oseanografi di wilayah perairan tertentu yaitu Perairan Semarang pada tanggal 12 Januari hingga 9 Februari 2018. Sedangkan data primer merupakan pelengkap dari data sekunder yang mendukung penelitian yaitu menggunakan metode admiralty.

Tahapan Penelitian

Adapun diagram alir metode penelitian adalah sebagai berikut.



GAMBAR 1. Diagram Alir Metode Penelitian

Prosedur Penelitian

Berikut merupakan diagram alir pengolahan data.



GAMBAR 2. Diagram Alir Pengolahan Data

Berikut deskripsi dari skema 1 hingga skema 8 yang ditujukan pada Gambar 2, yaitu:

1. Skema 1

Sebelum melakukan pengolahan data pasang surut disusun menurut Skema 1 terlebih dahulu. Kolom Skema 1 menunjukkan waktu pengamatan dari pukul 00.00 sampai 23.00, dan

ke bawah menunjukkan tanggal selama 29 piantan, yaitu bulan Januari dan Februari tahun 2018.

2. Skema 2

Skema 2 diisi dengan mengalikan data pasang surut dengan nilai pengali pada Tabel 2 pada masing-masing harinya. **TABEL 1** berisi deretan bilangan 1 dan -1, kecuali untuk X4 ada yang berisi bilangan 0 dan tidak dimasukkan dalam perkalian. Kemudian dilakukan perhitungan dengan menjumlahkan bilangan yang dikalikan dengan 1 dan diisikan dibawah kolom bertanda (+) untuk masing-masing X1, Y1, X2, Y2, X4, Y4. Hal yang sama juga dilakukan untuk penjumlahan dari perkalian dengan bilangan -1.

TABEL 1. Konstanta Pengalian Skema

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
b	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
c	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
d	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
e	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
f	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

3. Skema 3

Adapun pengisian Skema 3 diisi dengan prosedur sebagai berikut.

- 3.1. Untuk kolom X₀ (+) diperoleh dengan menjumlahkan X₁ (+) dengan X₁(-), tanpa melihat tanda (+) dan (-).
- 3.2. Untuk kolom X₁, Y₁, X₂, Y₂, X₄ dan Y₄ diperoleh dengan menjumlahkan masing masing tanda (+) dan (-). Agar tidak ada nilai yang negatif, maka hasilnya ditambahkan dengan 2000.

4. Skema 4

Pengisian kolom-kolom pada Skema 4 dibantu dengan Tabel 3. Nilai X₀₀ yang diisikan pada kolom X (tambahan) merupakan penjumlahan dari nilai X₀ dari Skema 3 yang telah dikalikan dengan faktor pengali dari Tabel 2 kolom 0, dimana perkalian dilakukan baris per baris. Faktor 29 menunjukkan berapa kali harus dikurangkan dengan bilangan tambahan 2000. Begitu seterusnya. Arti indeks pada Skema 4, contohnya:

- 4.1. Indeks 00 untuk X, artinya X₀ pada Skema 3 dan indeks 0 pada Tabel 2.
- 4.2. Indeks 00 untuk Y, artinya Y₀ pada Skema 3 dan indeks 0 pada Tabel 2.

TABEL 2. Konstanta Pengali Skema 4

5. Skema 5 dan 6

Skema 5 dan Skema 6 diisi dengan bantuan Tabel 3. Pada Tabel 3, kolom kedua diisi terlebih dahulu. Kolom ketiga dan seterusnya diisi dengan hasil perkalian kolom 2 dengan faktor pengali yang ada pada TABEL 3.

TABEL 3. Faktor analisa untuk pengamatan 29 hari (29 piantan)

	B_0	M_0	B_1	N_1	K_1	D_1	M_2	M_{2c}
Untuk skema V	1,000							
PR cos t					1,000	-0,080		
X12 - Y1b		0,070				-0,020	1,000	0,020
X13 - Y1c		21009						
X20		-0,030	1,000	-0,030				
X22 - Y2b		1,000	0,015	0,032	0,002	-0,068		-0,035
X23 - Y2c		-0,060		1,000				
X42 - Y4b		0,030						1,000
X44 - Y4d							1,000	0,080
Untuk skema VI					1,000	-0,080		
Y12 + X1b		0,070				-0,020	1,000	0,020
Y13 + X1c								
Y20		-0,030	1,000	-0,030				
Y22 + X2b		1,000	0,015	0,032		-0,068		-0,035
Y23 + X2c		-0,060		1,000				
Y42 + X4b		0,030					0,010	1,000
Y44 + X4d							1,000	0,080

6. Skema 7 dan 8

Pengisian Skema 7 dan Skema 8 memerlukan tahapan yang panjang dengan beberapa format isian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai bilangan Formzahl yang terdapat di Perairan Semarang yaitu sebesar 3,94 dan termasuk tipe pasang surut **Harian Tunggal (diurnal tide)**. Berikut merupakan nilai akhir dari masing masing komponen harmonik pasang surut di Perairan Semarang pada bulan Januari-Februari 2018.

HASIL TERAKHIR										
	S ₁	N ₁	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₁	N ₂	K ₂	P ₁
h Cm	102,94	1,20	1,90	10,87	22,87	0,29	1,40	1,07	0,87	1,40
g'	198,70	198,70	198,20	201,00	200,80	201,80	201,80	201,20	198,70	201,00

GAMBAR 3. Nilai komponen harmonic pasut pada 12 Januari – 9 Februari 2018

Pembahasan

Dengan komponen pasang surut di atas dapat ditentukan tipe pasang surut, melalui perhitungan nilai Formzahl. Formzahl adalah bilangan untuk menentukan tipe pasang surut, menggunakan rumus:

$$F = \frac{(O_1 + K_1)}{(M_2 + S_2)} \tag{1}$$

Keterangan:

F : Bilangan Formzahl

O₁: Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan.

K₁: Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari.

M₂: Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan.

S₂: Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari.

Bilangan formzahl memiliki range tertentu untuk menentukan tipe pasang surut suatu wilayah. Range formzahl dijelaskan pada Gambar 4.

Nilai Formzahl	Tipe Pasang Surut	Keterangan
0,00 < F ≤ 0,25	Setengah Harian (Semidiurnal/Ganda)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. ✓ Bentuk gelombang simetris.
0,25 < F ≤ 1,50	Campuran dengan tipe ganda lebih menonjol (Condong Ganda)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. ✓ Bentuk gelombang pasang pertama tidak sama dengan gelombang pasang kedua (asimetris) dengan bentuk condong semi diurnal.
1,50 < F ≤ 3,00	Campuran dengan tipe tunggal lebih menonjol (Condong Tunggal)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. ✓ Bentuk gelombang pasang pertama tidak sama dengan gelombang pasang kedua (asimetris) dengan bentuk condong diurnal.
F > 3,00	Harian (Tunggal)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dalam sehari terjadi sekali pasang dan sekali surut.

GAMBAR 4. Tipe pasang surut berdasarkan bilangan Formzahl

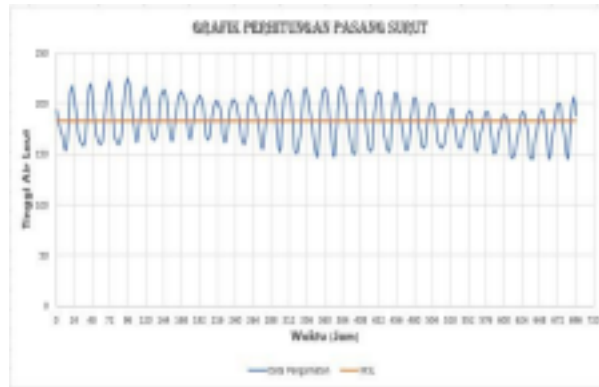
Dengan menggunakan rumus di atas, diperoleh nilai Formzahl = 3,94. Maka dapat diketahui bahwa tipe pasang surut di Perairan Semarang adalah tipe Harian Tunggal (Diurnal tide).

Elevasi yang cukup penting yaitu muka air tinggi tertinggi dan muka air rendah terendah. Muka air tinggi tertinggi sangat diperlukan untuk perencanaan bangunan pantai, sedangkan muka air rendah terendah sangat diperlukan untuk perencanaan pembangunan pelabuhan. Sehingga diperoleh nilai MSL, HHWL, MHWL, LLWL, dan MLWL pada bulan Januari hingga Februari 2018 adalah sebagai berikut:

1. MSL = 1.83 m
2. HHWL = 2.51 m

3. LLWL = 1.13 m
4. MLWL = 63.64 m

Dari nilai muka air rencana diperoleh grafik pasang surut di Perairan Semarang seperti berikut ini:



GAMBAR 5. Grafik pasang surut di Perairan Semarang pada 12 Januari - 9 Februari 2018

Nilai muka air rencana yang diperoleh di atas masih sangat fluktuatif, dikarenakan panjang data yang digunakan hanya 2 (dua) bulan. Secara teoritis, panjang data yang dibutuhkan untuk nilai yang lebih valid adalah 18,6 tahun yang merupakan periode ulang pasang surut, dengan menggunakan proses pengolahan data pasang surut yang sama. Selain itu, panjang data pasang surut 18,6 tahun untuk memastikan bahwa pada saat surut astronomis terendah selang waktu 18,6 tahun berada dalam satu periode gelombang (Hasibuan, 2009).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dalam penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Tipe pasang surut di Perairan Semarang adalah tipe pasang surut harian tunggal dan mempunyai nilai bilangan Formzahl yaitu sebesar 3,94.
2. Perhitungan admiralty dapat menentukan nilai bilangan Formzahl dengan perhitungan 29 piantan.
3. Pasang surut suatu perairan dapat diperhitungkan menggunakan metode admiralty.
4. Pasang surut memiliki beberapa komponen harmonik dalam perhitungan yang digunakan seperti S0, M2, S2, N2, K1, O1, M4, MS4, K2, dan P1.
5. Pasang surut di Perairan Semarang memiliki nilai elevasi pasang surut MSL sebesar 1,83m, HHWL sebesar 2,51m dan LLWL sebesar 1,13m.

Saran

Adapun saran untuk penelitian ini diantaranya:

1. Nilai elevasi muka air tertinggi (HHWL) yang diperoleh sebesar 251 cm sebaiknya menjadi acuan atau dasar dalam perencanaan sistem reklamasi, dan juga acuan dalam menentukan tinggi elevasi lahan yang akan direklamasi.
2. Hasil analisis pasang surut ini juga dapat membantu program pemerintah terkait perencanaan reklamasi ataupun pengembangan selanjutnya pada daerah Perairan Semarang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang terlibat dalam penulisan jurnal ini.

REFERENSI

- [1] S. Hadi dan I. Radjawane, *Arus Laut*. Bandung: ITB Press, 2009.
- [2] P. Hasibuan dan Gading, "Analisis surut astronomis terendah di perairan Sabang, Sibolga, Padang, Cilacap, dan Benoa menggunakan superposisi komponen harmonik pasang surut," Bogor: IPB, 2009.
- [3] S. Hidayat, "Analisis harmonik pasang surut dengan metode Admiralty," Bogor: IPB, 2010.
- [4] Ibid, "Analisis pasang surut di Pantai Kartini Jepara dengan metode kuadrat terkecil," Semarang: Universitas Diponegoro, 2000.
- [5] K. Mihardja et al., "Dinamika pasang surut perairan pantai," Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 1989.
- [6] I. Pariwono dan John, "Gaya penggerak pasang surut," Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 1989.
- [7] Poerbondono, *Survei Hidrografi*. Bandung: Refika Aditama, 2012.
- [8] S. Pond dan G. L. Pickard, *Introductory Dynamic Oceanography*. Pergamon Press, 1981.
- [9] B. Triatmodjo, *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset, 1999.
- [10] B. Triatmodjo, *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset, 2012.