

**STUDI KOMPARATIF PASANG SURUT METODE *LEAST SQUARE* DAN METODE *ADMIRALTY* DI PELABUHAN DONGGALA**

**Setiyawan<sup>1</sup> dan Emiliana Mustafa<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>*Jurusan Teknik sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako  
Jalan Soekarno Hatta Km. 9, Palu, Sulawesi Tengah, Indonesia (94118)*

Email: [setiyawanvip@yahoo.co.id](mailto:setiyawanvip@yahoo.co.id)

**Abstrak**

Pelabuhan Donggala merupakan pelabuhan bongkar muat barang yang terhubung dengan Kota Donggala terletak di Kecamatan Banawa Kabupaten Donggala. Gempa dan tsunami Tahun 2018 menyebabkan kerusakan fasilitas pelabuhan, termasuk dermaga di Pelabuhan Donggala. Oleh karena itu, diperlukan pembuatan rencana pengembangan pelabuhan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan jenis pasang surut dan membandingkan hasil pengolahan pasang surut menggunakan Metode Kuadrat Terkecil dan Metode Admiralty. Analisis data menggunakan data pengamatan pasut periode 15 hari di Pelabuhan Donggala. Jenis pasang surut didasarkan pada perhitungan Bilangan Formzhal dengan menggunakan Metode Kuadrat Terkecil dan Metode Admiralty yaitu pasang campuran cenderung berlipat ganda setiap hari. Berdasarkan konstanta pasut harmonik, elevasi muka air kuadrat terkecil adalah HHWL 249.682 cm, MHWL 200.437 cm, MSL 128.957 cm, MLWL 57.457 cm dan LLWL 8.212 cm. Sedangkan pada metode Admiralty tinggi muka air adalah HHWL 221.373 cm, MHWL 167.522 cm, MSL 128.540 cm, MLWL 89.558 cm dan LLWL 35.708 cm. Berdasarkan hasil perbandingan perhitungan RMSE data pengamatan dan data sekunder, diperoleh nilai RMSE metode least square sebesar 4,204 cm dan nilai RMSE metode Admiralty sebesar 8,636 cm. Agar analisis pasut lebih akurat bila menggunakan metode least square karena nilai RMSE yang didapat lebih rendah dibandingkan dengan metode Admiralty.

**Kata Kunci:** Pasang surut, *Least Square*, *Admiralty*, Pelabuhan Donggala.

**Abstract**

*Donggala Port is a port for loading and unloading of goods connected to Donggala City, located in Banawa District, Donggala Regency. The 2018 earthquake and tsunami caused damage to port facilities, including the wharf at Donggala Port. Therefore, it is necessary to make a port development plan. The purpose of this research is to determine the type of tides and compare the results of tidal processing using the Least Squares Method and the Admiralty Method. Data analysis used tidal observation data for a period of 15 days at Donggala Port. The type of tide is based on the Formzhal Number calculation using the Least Squares Method and the Admiralty Method, namely mixed tides tend to double every day. Based on the harmonic tidal constant, the least squared water level is HHWL 249,682 cm, MHWL 200,437 cm, MSL 128,957 cm, MLWL 57,457 cm and LLWL 8,212 cm. Whereas in the Admiralty method the water level is HHWL 221,373 cm, MHWL 167,522 cm, MSL 128,540 cm, MLWL 89,558 cm and LLWL 35,708 cm. Based on the results of a comparison of the RMSE calculations of observational data and secondary data, the RMSE value of the least square method is 4.204 cm and the RMSE value of the Admiralty method is 8.636 cm. So that the analysis of tides is more accurate when using the least squares method because the RMSE value obtained is lower than the Admiralty method.*

**Keywords:** Tidal, *Least Square*, *Admiralty*, Donggala Port.

## 1. Pendahuluan

Pelabuhan Donggala merupakan pelabuhan bongkar muat barang yang terhubung langsung dengan pusat kota Donggala, yang terletak di Kecamatan Banawa, Kabupaten Donggala. Bencana gempa dan tsunami yang terjadi pada tahun 2018 menyebabkan kerusakan pada beberapa fasilitas pelabuhan termasuk dermaga di Pelabuhan Donggala. Untuk itu dibutuhkan beberapa tindakan, seperti dengan membuat perencanaan pembangunan pelabuhan. Studi tentang peramalan pasang surut sangat penting diadakan di daerah tersebut sebagai data pendukung untuk perencanaan pembangunan dan pengembangan wilayah Pelabuhan Donggala. Untuk merencanakan pembangunan pelabuhan serta memperhatikan agar aktifitas pelabuhan dapat berjalan secara optimal, maka dibutuhkan pengetahuan mengenai tipe dan karakteristik pasang surut. Dalam pengolahan data pasang surut dibutuhkan metode untuk mengolah data yang diperoleh. Terdapat beberapa metode yang dapat membantu dalam pengolahan data pasang surut. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan data pasang surut selama 15 hari dan pengolahan data menggunakan Metode *Least Square* dan Metode *Admiralty*. Dari kedua metode tersebut dilakukan perhitungan masing-masing komponen pasang surut, untuk mendapatkan jenis atau tipe pasang surut dan elevasi muka air rencana. Selain itu juga diperoleh hasil prediksi yang kemudian dilakukan analisis untuk membandingkan keakuratannya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan tipe pasang surut di Pelabuhan Donggala dan untuk mengetahui perbandingan pengolahan data pasang surut dengan menggunakan Metode *Least Square* dan Metode *Admiralty*.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Pasang Surut

Pasang surut merupakan proses naik turunnya muka air laut secara berkala akibat adanya gaya tarik benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi (Pariwono, 1989). Menurut Triatmodjo (2010) Pengaruh gaya tarik bulan terhadap pasang surut air laut lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari, hal ini terjadi karena jarak bulan yang lebih dekat ke bumi sehingga pengaruh gravitasi bulan lebih besar daripada gravitasi matahari meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari.

### 2.2. Tipe Pasang Surut

Tipe pasang surut yang terjadi di bumi tidak sama di semua tempat. Perbedaan ini terjadi karena beberapa hal, yaitu karena bentuk dan konfigurasi cekungan yang mempengaruhi gerakan air, kondisi topografi dasar laut lokal, dan pengaruh efek Coriolis. Tipe pasang surut ditentukan oleh frekuensi air pasang dan surut setiap harinya. Hal ini disebabkan karena perbedaan respon setiap lokasi

## Setiyawan

terhadap gaya pembangkit pasang surut. Sehingga tipe pasang surut di berbagai daerah berlainan atau tidak sama (Kahar, 2008). Pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan menggunakan angka pasang surut “F” (*tide form number “Formzahl”*) Menurut Triatmodjo (2010), pasang surut di Indonesia dibagi menjadi empat tipe yaitu pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), pasang surut harian ganda (*semidiurnal tide*) dan dua jenis campuran. Penyebaran tipe pasang surut di Indonesia menurut Triatmodjo (2016) digambarkan seperti Gambar 1 berikut.



**Gambar 1. Penyebaran Tipe Pasang Surut di Indonesia**

(Sumber:Triatmodjo, 2016)

Selain dengan melihat data pasang surut yang diplot dalam bentuk grafik tipe pasang surut juga dapat ditentukan berdasarkan bilangan formzahl (F). Perhitungan tipe pasang surut menggunakan persamaan Formzahl dapat dilihat pada persamaan 1 berikut ini:

$$F = \frac{AK_1 + AO_1}{AM_2 + AS_2} \quad (1)$$

Adapun klasifikasi tipe pasang surut menurut Triatmodjo (2016) sesuai dengan nilai formzahl yaitu:

Pasang surut harian ganda jika  $F \leq 0.25$

Pasang surut campuran ganda jika  $0.25 < F \leq 1.5$

Pasang surut campuran tunggal jika  $1.50 < F \leq 3.0$

Pasang surut harian tunggal  $F > 3.0$

### 2.3. Pasang Surut Purnama dan Perbani

Pasang Purnama atau *spring tides* biasa terjadi saat bulan baru dan bulan purnama, merupakan fenomena pasang naik tertinggi dan pasang surut terendah. Hal ini terjadi karena saat pasang purnama posisi bumi, bulan, dan matahari berada dalam satu garis lurus, sehingga bumi dipengaruhi oleh kekuatan gaya tarik bulan dan matahari yang berkumpul menjadi satu. Pasang Perbani atau *neap tides* terjadi ketika posisi bumi, bulan, dan matahari membentuk sudut 90 derajat. Karena posisi yang saling tegak lurus menyebabkan gravitasi yang dihasilkan antara bulan dengan matahari terhadap

bumi saling berlawanan. Sehingga pada fenomena ini pasang surut yang dihasilkan merupakan pasang surut terendah, karena kekuatan gaya tarik yang saling melemahkan. Pasang ini terjadi pada saat bulan kuartir pertama dan kuartir ketiga.

**2.4. Komponen Pasang Surut**

Untuk meramalkan pasang surut dibutuhkan besaran amplitudo dan fase dari tiap komponen pembangkit pasang surut karena pasang surut bersifat periodik. Komponen-komponen utama pasang surut terdiri dari komponen tengah harian dan harian. Bulan berputar mengelilingi bumi sekali dalam 24 jam 51 menit, dengan demikian tiap siklus pasang surut mengalami kemunduran 51 menit setiap harinya (Musrifin, 2011). Namun demikian, karena interaksinya dengan morfologi pantai dan superposisi antar gelombang pasang surut komponen utama, maka terbentuklah komponen-komponen pasang surut yang baru. Komponen pasang surut ini dibagi sesuai tipe pasang surut yang terjadi. Komponen pasang surut beserta deskripsinya dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Komponen Harmonik Pasang Surut**

Nama Komponen	Simbol	Frekuensi (deg/jam)	Periode (jam)
Tengah Harian			
Principal Lunar	M <sub>2</sub>	28,98	12,42
Principal Solar	S <sub>2</sub>	30,00	12,00
Large Lunar Elliptic	N <sub>2</sub>	28,44	12,66
Lunar-Solar Semi Diurnal	K <sub>2</sub>	30,08	11,97
Harian (Diurnal)			
Luni-Solar Diurnal	K <sub>1</sub>	15,04	23,94
Principal Lunar Diurnal	O <sub>1</sub>	13,94	25,82
Principal Solar Diurnal	P <sub>1</sub>	14,96	24,06
Periode Panjang (Long-Period)			
Lunar Fortnightly	Mf	1,10	327,86
Lunar Mounthly	Mm	0,54	661,31
Solar Semi Diurnal	Ssa	0,08	4328,80
Komponen Laut Dangkal	M <sub>4</sub> MS <sub>4</sub>	57,97 58,98	6,21 6,10

(Sumber: Hidayati, 2017)

**2.5. Definisi Elevasi Muka Air**

Mengingat elevasi muka air laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut, yang dapat digunakan sebagai pedoman dalam perencanaan suatu pelabuhan. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Muka air tinggi (*High Water Level, HWL*) adalah muka air tertinggi yang dicapai pada saat pasang dalam satu siklus pasang surut.

## Setiyawan

2. Muka air rendah (*Low Water level, LWL*) adalah kedudukan air terendah yang dicapai pada saat surut dalam satu siklus pasangan waktu.
3. Muka air tinggi merata (*Mean High Water Level, MHWL*) adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
4. Muka air rerata rendah (*Mean Low Water Level, MLWL*) adalah rerata muka air rendah selama 19 tahun.
5. Muka air laut rerata (*Mean Sea Level, MSL*) adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi dataran.
6. Muka air tinggi (*Highest High Water Level, HHWL*) adalah air tertinggi pada saat pasang surut bulan purnama atau bulan mati.
7. Air rendah terendah (*Lowest Low Water Level, LLWL*) adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
8. *Higher high water level*, adalah air tertinggi dari dua air tinggi dalam satu hari, seperti dalam pasang surut tipe campuran.
9. *Lower low water level*, adalah air terendah dari dua air rendah dalam satu hari.

Beberapa definisi muka air tersebut dapat digunakan dalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan, misalnya MHWL atau HHWL digunakan untuk menentukan elevasi puncak pemecah gelombang, dermaga dan panjang rantai pelampung penambat. Sedangkan LLWL diperlukan dalam menentukan kedalaman alur pelayaran dan kolam pelabuhan untuk mencegah terjadinya pendangkalan (Triatmodjo, 2010).

### 2.6. Analisis Perhitungan Pasang Surut

Dalam penelitian ini, analisa konstanta pasang surut dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu Metode *Least Square* dan Metode *Admiralty*. Kedua metode ini menghasilkan konstanta harmonik yang dapat digunakan dalam melakukan prediksi pasang Perhitungan Metode *Least Square* dilakukan dengan mengabaikan faktor meteorologis, namun dapat diturunkan dengan menggunakan nilai persamaan yang telah ditetapkan. Dalam penelitian ini, analisa harmonik pasang surut Metode *Least Square* juga dapat dilakukan dengan bantuan *Microsoft Excel*. (Ongkosongo, 1989). Berdasarkan estimasi kuadrat terkecil maka persamaan dapat diuraikan dalam tahap – tahap sebagai berikut:

1. Persamaan pengamatan tinggi muka laut  $L = AX$
2. Persamaan koreksi  $V = (AX) - L$

$$v(t_n)^2 = hm + \sum_{t=1}^k A_r \cos \omega_i t + \sum_{t=1}^k B_r \sin \omega_i t - h(t) \quad (2)$$

Berikut ini desain matrik pengamatan pasutnya:

$$nA_k = \begin{bmatrix} \cos \omega_1 t_1 \sin \sin \omega_{2t_1} \dots \dots \cos \omega_k t_1 \omega_1 t_1 \dots \dots \sin \omega_k t_1 \\ \cos \omega_1 t_2 \sin \sin \omega_{2t_2} \dots \dots \cos \omega_k t_2 \omega_1 t_2 \dots \dots \sin \omega_k t_2 \\ \cos \omega_1 t_n \sin \sin \omega_{2t_n} \dots \dots \cos \omega_k t_n \omega_1 t_1 \dots \dots \sin \omega_k t_1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$L = [h_1 : h_n] \quad (4)$$

$$X = (A^T P A)^{-1} (A^T P L) \quad (5)$$

$$X_1 = [h_0 A_1 : A_k B_1 : B_k] \quad (6)$$

Menentukan nilai amplitudo komponen pasang surut:

$$A_1 = \sqrt{Ar_1 + Br_1} \quad (7)$$

Menentukan nilai fase konstituen pasang surut:

$$\tan \tan g_1 = \frac{Br_1}{Ar_1} \quad (8)$$

Dalam hal ini:

- L = data tinggi muka laut
- A = matrik koefisien
- X = parameter komponen harmonik pasang surut
- V = nilai koreksi
- Ar = parameter A komponen pembentuk pasang surut
- Br = parameter B komponen pembentuk pasang surut
- $\Omega$  = kecepatan sudut gelombang harmonik
- t = waktu pengamatan
- $A_1$  = amplitudo
- g = fase

Proses perhitungan metode admiralty dihitung dengan bantuan tabel perhitungan sistem formula dengan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel. Pelaksanaan perhitungan data pasang surut metode *Admiralty* yaitu data yang telah diperoleh harus dihitung dengan rumus ketetapan dan mengalikannya dengan konstanta pengali yang juga telah ditetapkan, hasil dari perhitungan tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam skema pada tabel metode *Admiralty* yang telah tersedia. Output yang dihasilkan dalam metode *Admiralty* meliputi amplitudo (A) dan fase (g) dari setiap komponen pasang surut dan elevasi beberapa muka air penting. 9 komponen pasang surut hasil pengolahan metode Admiralty meliputi komponen utama pasang surut yaitu: M<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, K<sub>1</sub>, O<sub>1</sub>, P<sub>1</sub>, M<sub>4</sub>, MS<sub>4</sub>, dan K<sub>2</sub>.

### 2.7. Tingkat Kesalahan (*Error*)

## Setiyawan

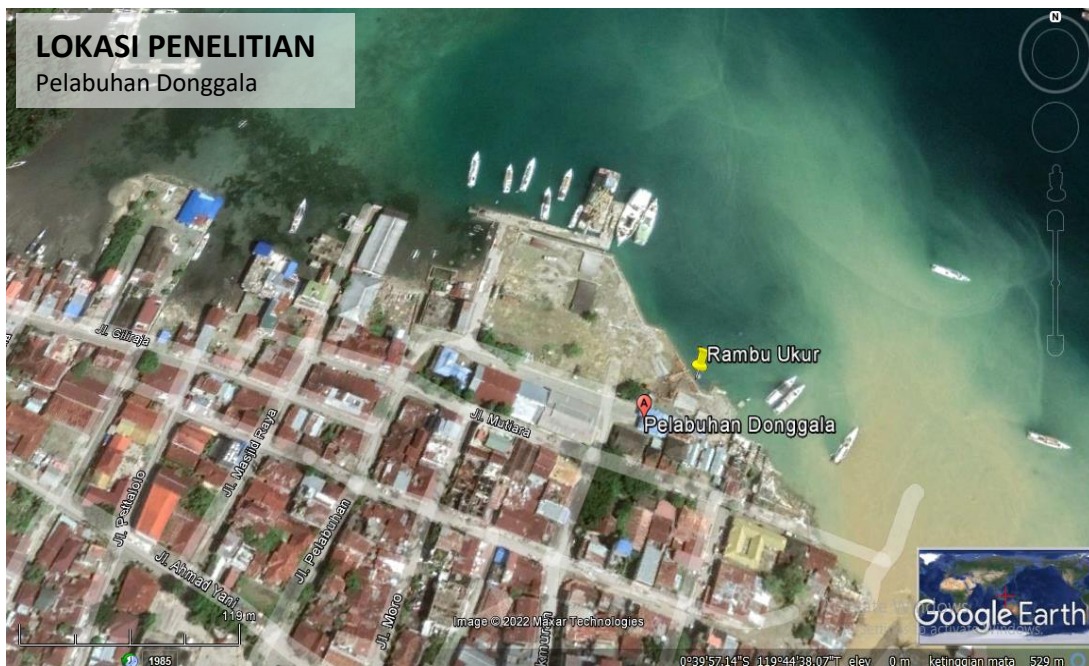
Menurut Makridakis 1982, salah satu ukuran kesalahan dalam peramalan adalah nilai tengah akar kuadrat atau Root Mean Square Error (RMSE).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} \quad (9)$$

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Pelabuhan Donggala yang jaraknya kurang lebih 35 km dari Kota Palu. Dalam penelitian ini data awal yang diperlukan adalah data pasang surut yang diperoleh dengan pengambilan langsung dari lokasi penelitian selama 15 hari mulai dari tanggal 26 Februari 2022 sampai tanggal 12 Maret 2022 selama 24 jam dengan interval waktu setiap 1 (satu) jam. Lokasi pengambilan data primer terletak pada koordinat 0°39'58" S dan 119°44'41" E.



**Gambar 2. Lokasi Penelitian di Pelabuhan Donggala**

(Sumber: Google Earth, 2022)

#### 3.2. Metode Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penyelesaian tugas akhir ini terdiri dari data primer meliputi data pasang surut yang di ambil secara langsung di lapangan dan data sekunder yang diperoleh dari Markas Komando Pangkalan TNI AL Palu.

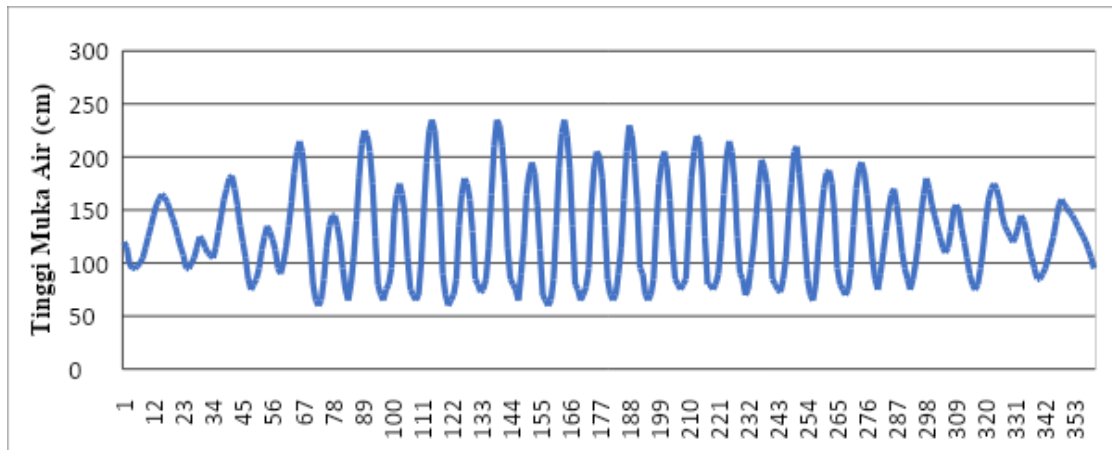
#### 3.3. Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Data yang dibutuhkan dalam penyelesaian tugas akhir ini terdiri dari data primer meliputi data pasang surut yang di ambil secara langsung di lapangan dan data sekunder yang diperoleh dari Markas Komando Pangkalan TNI AL Palu.

**4. Hasil dan Pembahasan**

**4.1. Analisis Data Pasang Surut (Data Observasi)**

Data yang dianalisis adalah data pasang surut pengamatan di lapangan dari tanggal 26 Februari 2022 sampai 12 Maret 2022 dengan pembacaan setiap jam selama 15 hari yaitu sebanyak 15 x 24 jam yang berarti terdiri dari 360 data. Diperoleh grafik pasang surut sebagai berikut



**Gambar 3. Grafik Pasang Surut selama 15 Hari**

Dari hasil perhitungan diperoleh komponen harmonik pasang surut kedua metode yang selanjutnya dapat dilakukan pemodelan prediksi pasang surut. Kemudian tingkat akurasi kedua metode juga dapat dihitung menggunakan perhitungan *Root Mean Square Error (RMSE)*.

RMSE Metode *Least Square*

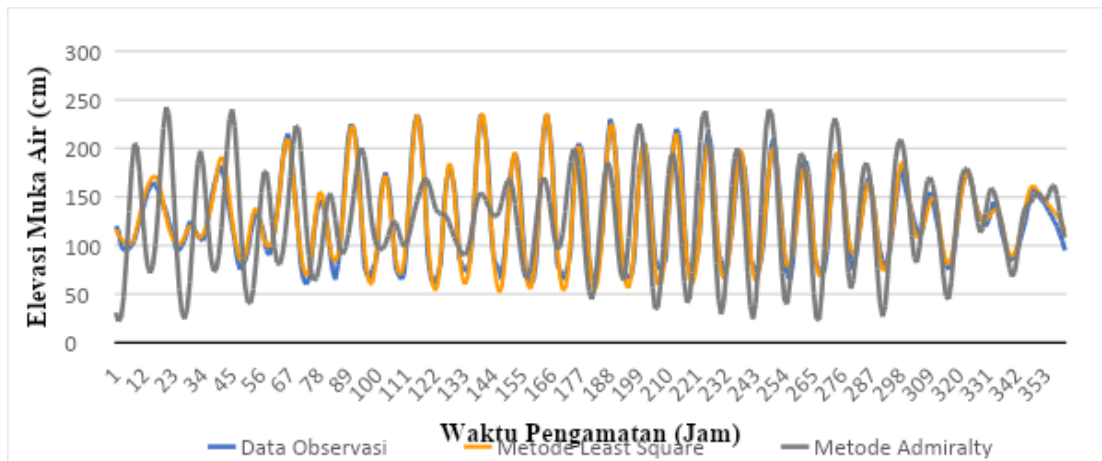
$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} = \sqrt{\frac{20942,924}{360}} = 7,627 \text{ cm}$$

RMSE Metode *Admiralty*

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} = \sqrt{\frac{904704,384}{360}} = 50,131 \text{ cm}$$

Dari perhitungan RMSE kedua metode diperoleh RMSE metode *Least Square* lebih kecil daripada metode *Admiralty* yaitu sebesar 7,627 cm sedangkan pada Metode *Admiralty* sebesar 50,131 cm. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa dalam menentukan prediksi pasang surut di lokasi penelitian, lebih akurat jika menggunakan metode *Least Square*. Grafik perbandingan data prediksi kedua metode tersebut dapat dilihat pada gambar 4.





Gambar 4. Grafik Perbandingan Data Prediksi Metode *Least Square* dan Metode *Admiralty*

#### 4.2. Analisa Data Pasang Surut (Data Sekunder)

Sebagai pembandingan antara Metode *Least Square* dan Metode *Admiralty* maka dilakukan analisis data pasang surut untuk data sekunder. Data sekunder yang akan dianalisis merupakan data pasang surut yang diambil dari Markas Komando Pangkalan TNI AL Palu selama 15 hari yaitu dari tanggal 26 februari 2022 sampai tanggal 12 maret 2022.

Pengolahan data pasang surut ini juga menggunakan Metode *Admiralty* dan Metode *Least Square*, dari hasil perhitungan diperoleh nilai prediksi pasang surut. Kemudian tingkat akurasi kedua metode juga dapat dihitung menggunakan perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSE).

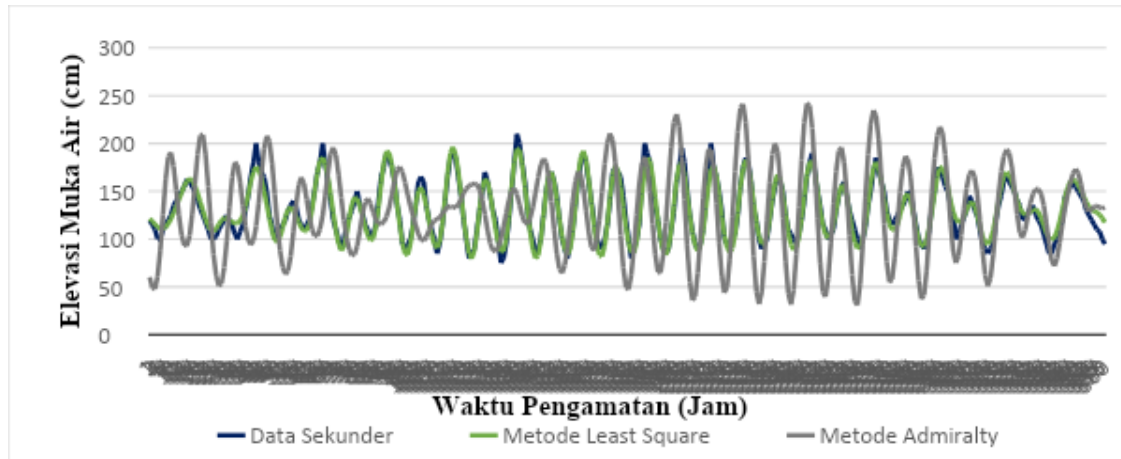
RMSE Metode *Least Square*

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} = \sqrt{\frac{17022,033}{360}} = 6,876 \text{ cm}$$

RMSE Metode *Admiralty*

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} = \sqrt{\frac{681298,187}{360}} = 43,503 \text{ cm}$$

Dari perhitungan RMSE kedua metode diperoleh RMSE metode *Least Square* lebih kecil daripada metode *Admiralty* yaitu sebesar 6,876 cm sedangkan pada Metode *Admiralty* sebesar 43,503 cm. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa dalam menentukan prediksi pasang surut di lokasi penelitian, lebih akurat jika menggunakan metode *Least Square*. Grafik perbandingan data prediksi kedua metode tersebut dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Data Prediksi Metode *Least Square* dan Metode *Admiralty*

### 4.3. Verifikasi Metode

#### 4.3.1 Perbandingan Hasil Akhir Metode *Least Square* dan Metode *Admiralty*

Berdasarkan hasil analisis data pasang surut selama 15 hari di Pelabuhan Donggala dengan Metode *Least Square* dan Metode *Admiralty* diperoleh nilai komponen pasang surut dari 2 konstanta harmonik yaitu amplitudo dan beda fase. Hasil analisis kedua metode dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Akhir Data Observasi Lapangan dan Data Sekunder dengan Metode *Least Square* dan Metode *Admiralty*

Lokasi	Komponen	Data Observasi Lapangan				Data Sekunder			
		Metode				Metode			
		<i>Least Square</i>		<i>Admiralty</i>		<i>Least Square</i>		<i>Admiralty</i>	
	A	g'	A	g'	A	g'	A	g'	
Pelabuhan Donggala 0°39'58" S dan 119°44'41" E.	S0	128,94		128,540		130,731		130,28	
	M2	44,267	301,52	4,062	257,78	27,65	300,54	17,96	257,78
	S2	34,022	103,37	40,092	210,71	31,365	91,835	28,795	210,71
	N2	6,992	293,25	41,139	82,399	5,040	277,32	39,962	82,399
	K2	6,789	137,53	10,825	210,71	11,097	216,23	7,775	210,71
	K1	12,183	133,43	8,891	334,09	27,539	121,86	1,832	334,09
	O1	15,039	172,12	26,029	59,579	11,096	161,47	23,068	59,579
	P1	8,434	78,672	2,934	334,09	15,011	318,71	0,605	334,09
	M4	2,810	217,55	3,616	262,55	1,624	266,87	2,811	262,55
	MS4	4,127	43,104	3,218	339,81	1,986	94,421	1,764	339,81

Dari hasil perbandingan nilai komponen pasang surut Metode *Least Square* dan Metode *Admiralty* menunjukkan nilai amplitudo yang berbeda tetapi tidak signifikan dan selisih nilainya masih dalam batas wajar. Dari kedua Metode tersebut selisih nilai amplitudo terbesar untuk data observasi terdapat pada komponen  $M_2$  yaitu sebesar 40,025 cm dan untuk selisih beda fase terbesar terdapat pada komponen  $MS_4$  yaitu sebesar  $-296,714^\circ$ . Sedangkan untuk data sekunder selisih nilai amplitudo

## Setiyawan

terbesar terdapat pada nilai  $N_2$  yaitu sebesar -34,922 dan untuk selisih beda fase terbesar juga terdapat pada komponen  $MS_4$  yaitu sebesar -245,397°.

### 4.3.2 Perbandingan Nilai *Formzahl* (F)

Setelah sebelumnya telah dilakukan perhitungan bilangan *Formzahl* (F) kedua Metode diperoleh tipe pasang surut yang terjadi di Pelabuhan Donggala. Perbandingan hasil nilai (F) dari kedua Metode dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini.

**Tabel 3. Hasil Perbandingan Nilai *Formzahl* (F)**

Data Observasi Lapangan			Data Sekunder		
Metode	Nilai <i>Formzahl</i> (F)	Tipe Pasang Surut	Metode	Nilai <i>Formzahl</i> (F)	Tipe Pasang Surut
<i>Least Square</i>	0,348	Pasang campuran condong ke harian ganda	<i>Least Square</i>	0,655	Pasang campuran condong ke harian ganda
<i>Admiralty</i>	0,791	Pasang campuran condong ke harian ganda	<i>Admiralty</i>	0,533	Pasang campuran condong ke harian ganda

Dari hasil perhitungan nilai *formzahl* data observasi dan data sekunder, perbedaan yang cukup signifikan terdapat pada nilai *formzahl* data observasi. Hal ini terjadi akibat pengaruh dari perbedaan konstanta harmonik yang diperoleh dari tabel sebelumnya yaitu tabel 2, dimana selisih terbesar nilai amplitudo di data observasi terdapat pada komponen  $M_2$  yang merupakan salah satu komponen pasang surut yang digunakan dalam menghitung nilai *Formzahl*. Namun berdasarkan syarat bilangan *Formzahl*, meskipun diperoleh nilai F atau bilangan *Formzahl* yang berbeda tetapi masih dalam satu tipe yang sama yaitu campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*), ini berarti dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan interval yang berbeda.

### 4.3.3 Perbandingan Tingkat Kesalahan (*Error*)

Tingkat akurasi Metode *Least Square* dan Metode *Admiralty* dihitung menggunakan *Root Mean Square* (RMSE). Untuk data observasi Metode *Least Square* diperoleh nilai RMSE yaitu sebesar 7,627 cm sedangkan pada Metode *Admiralty* diperoleh nilai RMSE sebesar 50,131 cm. Sedangkan pada data sekunder diperoleh nilai RMSE Metode *Least Square* sebesar 6,876 cm dan pada Metode *Admiralty* diperoleh nilai RMSE sebesar 43,503 cm. Dari hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa dalam menentukan tipe pasang surut dan prediksi pasang surut di lokasi penelitian, lebih akurat jika menggunakan Metode *Least Square*.

### 4.3.4 Perbandingan Elevasi Muka Air Rencana

Perbandingan elevasi muka air antara kedua metode dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

**Tabel 4. Perbandingan Elevasi Muka Air**

Elevasi Muka Air	Data Observasi Lapangan			Data Sekunder		
	Metode		Selisih	Metode		Selisih
	<i>Least Square</i>	<i>Admiralty</i>		<i>Least Square</i>	<i>Admiralty</i>	
HHWL	249,682	221,373	28,309	254,492	210,319	44,173
MHWL	200,437	167,522	32,915	197,019	173,145	23,874
MSL	128,947	128,540	0,407	130,731	130,284	0,447
MLWL	57,457	89,558	-32,101	64,443	87,424	- 22,980
LLWL	8,212	35,708	-27,495	6,970	50,250	- 43,280

**4.3.5 Perbandingan Tingkat Kesalahan (*Error*) antara Data Observasi dan Data Sekunder**

Data yang digunakan untuk membandingkan elevasi muka air antara Metode *Least Square* dan Metode *Admiralty* adalah data observasi dan data sekunder. Tingkat akurasi Metode *Least Square* dan Metode *Admiralty* dihitung menggunakan *Root Mean Square* (RMSE). seperti terlihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 berikut.

**Tabel 5. Hasil Perhitungan RMSE Metode *Least Square***

Metode Least Square		
Data Observasi (Yi)	Data Sekunder (Ŷi)	( Yi - Ŷi ) <sup>2</sup>
249,682	254,492	23,138
200,437	197,019	11,682
128,947	130,731	3,183
57,457	64,443	48,803
8,212	6,970	1,543
<b>Jumlah</b>		<b>88,349</b>
<b>RMSE</b>		<b>4,204</b>

**Tabel 6. Hasil Perhitungan RMSE Metode Admiralty**

Metode Least Square		
Data Observasi (Yi)	Data Sekunder (Ŷi)	( Yi - Ŷi ) <sup>2</sup>
221,373	210,319	122,184
167,522	173,145	31,619
128,540	130,284	3,042
89,558	87,424	4,558
35,708	50,250	211,466
<b>Jumlah</b>		<b>372,869</b>
<b>RMSE</b>	<b>8,636</b>	

Dari Tabel 5 dan Tabel 6 pada Metode *Least Square* diperoleh nilai RMSE yaitu sebesar 4,204 cm sedangkan pada Metode *Admiralty* diperoleh nilai RMSE sebesar 8,636 cm. Dari hasil perhitungan yang didapatkan menunjukkan bahwa RMSE Metode *Least Square* lebih kecil dari RMSE Metode *Admiralty* sehingga lebih akurat menggunakan Metode *Least Square*.

## 5. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan data pasang surut dengan menggunakan Metode *Least Square* dan Metode *Admiralty* dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari nilai komponen pasang surut, berdasarkan billangan *Formzhal* (F) dengan perbandingan  $F = [ (AK1) + (AO1) / (AM2) + (AS2) ]$  maka diperoleh jenis atau tipe pasang surut pada lokasi penelitian di Pelabuhan Donggala. Diperoleh nilai F dengan Metode *Least Square* yaitu 0,348 dan Metode *Admiralty* yaitu 0,791. Berdasarkan ketentuan atau syarat pengelompokan tipe pasang surut maka nilai F yang diperoleh ( $0,25 < F < 1,50$ ). Dari hasil kedua metode tersebut tipe pasang surut yang terjadi di Pelabuhan Donggala yaitu pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*) hal ini berarti dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut tetapi dengan tinggi dan interval yang berbeda.
2. Berdasarkan konstanta harmonik pasang surut dari hasil perhitungan menggunakan Metode *Least Square* dan Metode *Admiralty* diperoleh nilai elevasi muka air rencana dari kedua metode. Jadi hasil perbandingan nilai elevasi muka air rencana antara data observasi dan data sekunder dengan kedua metode, diperoleh RMSE metode *Least Square* lebih kecil daripada metode *Admiralty* yaitu sebesar 4,204 cm sedangkan pada Metode *Admiralty* sebesar 8,636 cm. Hasil perhitungan RMSE kedua metode membuktikan bahwa dalam pengolahan data pasang surut di lokasi penelitian lebih akurat jika menggunakan Metode *Least Square*, hal ini ditunjukkan dengan nilai RMSE Metode *Least Square* yang lebih kecil dari Metode *Admiralty*. Nilai RMSE rendah menunjukkan bahwa variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan mendekati variasi nilai obeservasinya.

**Daftar Pustaka**

- Hidayati, N. (2017). *Dinamika Pantai*. Malang: UB Press.
- Kahar, J. (2008). *Geodesi*. Bandung: ITB.
- Makridakis, S. et al. (1982). The Accuracy of Extrapolative (Time Series Methods): Results of a Forecasting Competition. *Journal of Forecasting*, Vol.1:No:2:111-153.
- Musrifin. (2011). Analisis Pasang Surut Perairan Muara Sungai Mesjid Dumai. *Jurnal Perikanan dan Kelautan* , Vol.16:No:1:48-55.
- Ongkosongo dan Suyarso. (1989). *Pasang Surut*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi (P3O) LIPI.
- Pariwono, J. (1989). Gaya Penggerak Pasang Surut. *P30-LIPI*, 13-23.
- Triatmodjo, B. (2010). *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (2016). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.