

ANALISA PASANG SURUT MENGGUNAKAN METODE LEAST SQUARE PADA PANTAI TAMAN RIA

Ni Wayan Ika Suwarni¹ dan Andi Rusdin²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako

Jl. Soekarno-Hatta Km. 9 Palu, Sulawesi Tengah.

Email: Ikasuwarni46@gmail.com

Abstrak

Pasang surut air laut merupakan salah satu fenomena yang bisa dijadikan referensi dalam penentuan pengelolaan wilayah pantai. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai konstituen, tipe pasang surut, dan pasang maksimum di Pantai Taman Ria. Perhitungannya menggunakan salah satu metode analisis harmonik yaitu metode *Least Square*. Metode *Least Square* adalah metode yang digunakan untuk menghitung konstituen pasang surut dari pengamatan yang dilakukan setiap jam selama waktu 15 hari. Metode ini pertama kali diterapkan dalam menganalisa pasang surut oleh Horni. Prinsip analisis pasang surut dengan metode *Least Square* yaitu dengan meminimalkan perbedaan sinyal komposit. Kemudian menghasilkan komponen pasang surut (K1, O1, M2, S2, N2, M4, K2, P1 dan MS4). Setelah itu dari beberapa komponen di dapatkan jenis atau tipe pasang surut berdasarkan bilangan Formzahl (F) dengan perbandingan $(K1 + O1) / (M2 + S2)$. Dari hasil analisa diperoleh komponen pasang surut dominan adalah M2 dengan nilai amplitudo 0.5687 m. Untuk elevasi pasang surut diperoleh HHWL sebesar 2.99 m, MSL 1.17 m dan LLWL -0.49 m. Dengan mengacu kepada MLWS - 0.17 m diperoleh HHWL sebesar 3.16 m, MSL 1.34 m, LLWL -0.31 dan diperoleh jenis atau tipe pasang surut di Pantai Taman Ria yaitu campuran condong ke harian ganda dengan nilai F 0,5140 ($0,25 < F < 1,50$). Ini berarti dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan interval yang berbeda

Kata kunci: Least Square, Pantai, Pasang Surut, Tipe, Komponen.

Abstract

The tide is one of the phenomena that can be used as a reference in the management of coastal areas. This study aims to determine the constituent values, tidal types, and maximum tides at Beach. The calculations used one of the harmonic analysis methods, namely the Least Square method. The Least Square method is a method that used to calculate tidal constituents from observations that was made every hour during 15 days. This method was applied in analyzing the tides first by Horni. The principle of tidal analysis using the Least Square method is by minimizing the difference in composite signals. Then it was produces tidal components (K1, O1, M2, S2, N2, M4, K2, P1 and MS4). After that, from several components we get the types of tides based on Formzahl (F) with comparison $(K1 + O1) / (M2 + S2)$. From the result of analysis obtained the dominant tidal component is M2 with amplitude value is 0.5687 m. For the tidal elevation obtained HHWL of 2.99 m MSL 1.17 m and LLWL-0.49 m. With reference to MLWS -0.17 m, HHWL is obtained 3.16 m, MSL 1.34 m, LLWL - 0.31 and obtained types of tides in Taman Ria Beach that is mixture of inclines to double daily with an F value of 0.5140 ($0.25 < F < 1.50$). This means that in one day there are two high tides and two low tides with different height and intervals.

Key words: Least Square, Beach, Tides, Types, Components.

1. Pendahuluan

Palu merupakan wilayah Sulawesi Tengah dengan sebagian wilayahnya merupakan wilayah pesisir pantai. Palu menjadi salah satu daerah wisata dikarenakan keindahan pantainya. Banyak tempat-tempat wisata dibangun disekitar pantai untuk menunjang keindahan yang dimilikinya. Hal ini juga mengakibatkan banyak masyarakat Kota Palu yang beraktifitas di sekitar pantai atau di laut.

Pada Tanggal 28 September 2018 tepat pukul 18:02:04 (waktu setempat) terjadi gempa bumi berkekuatan M7,4 yang melanda kabupaten Sigi dan kabupaten Donggala. Gempa yang di picu pergerakan patahan Palu – Koro menyebabkan terjadinya Tsunami setinggi 3 – 11 meter. Kawasan Pantai Taman Ria Kota Palu mengalami dampak bencana Tsunami yang cukup parah yang mengakibatkan kondisi sekitar rusak parah. Sehingga di butuhkan perbaikan dan bangunan pelindung pada wilayah pantai.

Pengetahuan tentang pasang surut sangat penting didalam perencanaan bangunan pantai. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan pantai. Dengan ditambahkan beberapa metode analisis pada perhitungan data pasang surut (Triatmodjo, 1999).

Untuk membantu dalam pengolahan data pasang surut, maka di butuhkan metode untuk mengolah data yang telah di peroleh. Banyak metode yang dapat digunakan dalam membantu proses pengolahan data. Dalam penelitian kali ini, peneliti akan menggunakan metode “Least Square”.

Metode Least Square merupakan metode analisis harmonik yang menguraikan gelombang pasang surut menjadi beberapa komponen harmonik pasang surut dimana ketinggian muka air yang disebabkan oleh gelombang pasang surut merupakan hasil penjumlahan dari komponen- komponen gaya pembangkit pasang surut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui konstituen dominan pasang surut di Pantai Taman Ria menggunakan metode *Least Square*, Mengetahui nilai parameter konstituen pasang surut air laut di Pantai Taman Ria, menggunakan metode *Least Square*, dan mengetahui tinggi Pasang Saat bencana dengan menggunakan metode *Least Square*.

Berdasarkan dari uraian diatas, rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana cara menganalisa pasang surut air laut dengan menggunakan metode least square.

2. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Palu merupakan ibukota Provinsi Sulawesi Tengah, yang berbatasan dengan Kabupaten Donggala di sebelah Barat dan Utara, Kabupaten Sigi di sebelah Selatan, dan Kabupaten Parigi Moutong di sebelah Timur. Kota Palu merupakan kota lima dimensi yang terdiri atas lembah, lautan, sungai, pegunungan, dan teluk. Luas wilayah Kota Palu mencapai 395,06 km² yang terbagi menjadi delapan Kecamatan. Kota Palu dilewati oleh garis Khatulistiwa. Berdasarkan data Badan Statistik Kota Palu, pada tahun 2016 penduduk Kota Palu berjumlah 368.086 jiwa. Dataran Kota Palu dikelilingi oleh

pegunungan dan pantai. Peta ketinggian mencatat 376,68 km² (95,34%) wilayah Kota Palu berada pada ketinggian 100 – 500 mdpl dan hanya 18,38 km² (46,66%) terletak di dataran yang lebih rendah. Kota Palu terletak di bagian Utara Khatulistiwa, yang menjadikan Kota Palu sebagai salah satu kota tropis terkering di Indonesia dengan curah hujan kurang dari 1.000 mm per tahun. Lokasi tempat penelitian yang akan dilakukan terletak di Pantai Taman Ria Kota Palu. Tempat tersebut merupakan salah satu tempat yang terdampak bencana Tsunami pada 28 September 2018. Pantai Taman Ria terletak ± 2 km dari pusat Kota Palu, pada sisi kanan jalur Palu – Donggala. Pantai ini dapat ditempuh dengan kendaraan bermotor.

3. Tinjauan Pustaka

3.1. Pasang Surut

Pasang surut air laut merupakan salah satu dari 3 gerak air laut selain gelombang laut dan arus laut. Menurut Pariwono (1989) fenomena pasang surut ialah fenomena sebagai naik turunnya muka air laut dalam waktu berkala akibat adanya gaya tarik benda-benda angkasa, terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi. Sedangkan menurut Dronkers (1964) pasang surut laut merupakan suatu fenomena dari pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil.

3.2. Tipe Pasang Surut

Tipe pasang surut dapat dicari dengan mendapatkan bilangan atau konstanta pasut (*Tidal Constant/Formzahl*) yang dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

masalah dari penelitian ini adalah bagaimana cara menganalisa pasang surut air laut dengan menggunakan metode least square.

$$F = \frac{AK1+AO1}{AM2+AS2} \quad (1)$$

3.3. Komponen Harmonik Pasang Surut

Menurut Denafiar (2017) konstanta harmonik pasang surut adalah parameter yang dianggap konstan, yakni amplitudo beberapa komponen pasang surut. Resultan gaya pasang Surut adalah resultan dari gaya tarik menarik antara bumi, bulan dan matahari. Komponen pasang surut dapat dianalisa dengan metode harmonik, dengan dasar bahwa pasang surut yang terjadi adalah superposisi atau penjumlahan dari berbagai komponen pasang surut. Karena sifat pasang surut yang periodik, maka ia dapat diramalkan. Meramalkan 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 morfologi pantai dan superposisi antar gelombang pasang surut komponen utama, maka terbentuklah komponen-komponen pasang surut yang baru.

Komponen pasut ini dibagi sesuai tipe pasut yang terjadi. Komponen pasang surut beserta deskripsinya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen Utama Pasang Surut

| Jenis | Simbol | Kecepatan sudut (derajat/jam) | Periode (jam) | Keterangan |
|------------------------|--------|-------------------------------|---------------|--|
| <i>Semi diurnal</i> | M_2 | 28.9842 | 12.42 | Gravitasi bulan dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi |
| | S_2 | 30 | 125.00 | Gravitasi matahari dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi |
| | N_2 | 28.4397 | 12.66 | Perubahan jarak bulan ke bumi akibat lintasan elips |
| | K_2 | 30.0821 | 11.97 | Perubahan jarak matahari ke bumi akibat lintasan elips |
| <i>Diurnal</i> | K_1 | 15.0411 | 23.93 | Deklinasi sistem bulan dan matahari |
| | O_1 | 13.943 | 25.82 | Deklinasi bulan |
| | P_1 | 14.9589 | 24.07 | Deklinasi matahari |
| <i>Periode Panjang</i> | M_4 | 57.968 | 6.2 | Dua kali kecepatan sudut M_2 akibat pengaruh bulan di perairan dangkal |
| | MS_4 | 58.084 | 6.1 | Interaksi M_2 dan S_2 di perairan dangkal |

Sumber: Poerbandono, 2005

3.4. 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; Muka air tinggi (*High Water Level, HWL*), Muka air rendah (*Low Water level, LWL*), Muka air tinggi merata (*Mean High Water Level, MHWL*), Muka air rerata rendah (*Mean Low Water Level, MLWL*), Muka air laut rerata (*Mean Sea Level, MSL*), Muka air tinggi (*Highest High Water Level, HHWL*), Air rendah terendah (*Lowest Low Water Level, LLWL*), *Higher high water level*, dan *Lower low water level*.

3.5. Prinsip Metode Least Square

Prinsip analisis pasut dengan metode kuadrat terkecil yaitu dengan meminimalkan perbedaan sinyal komposit dan sinyal ukuran. Persamaan metode kuadrat terkecil dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut :

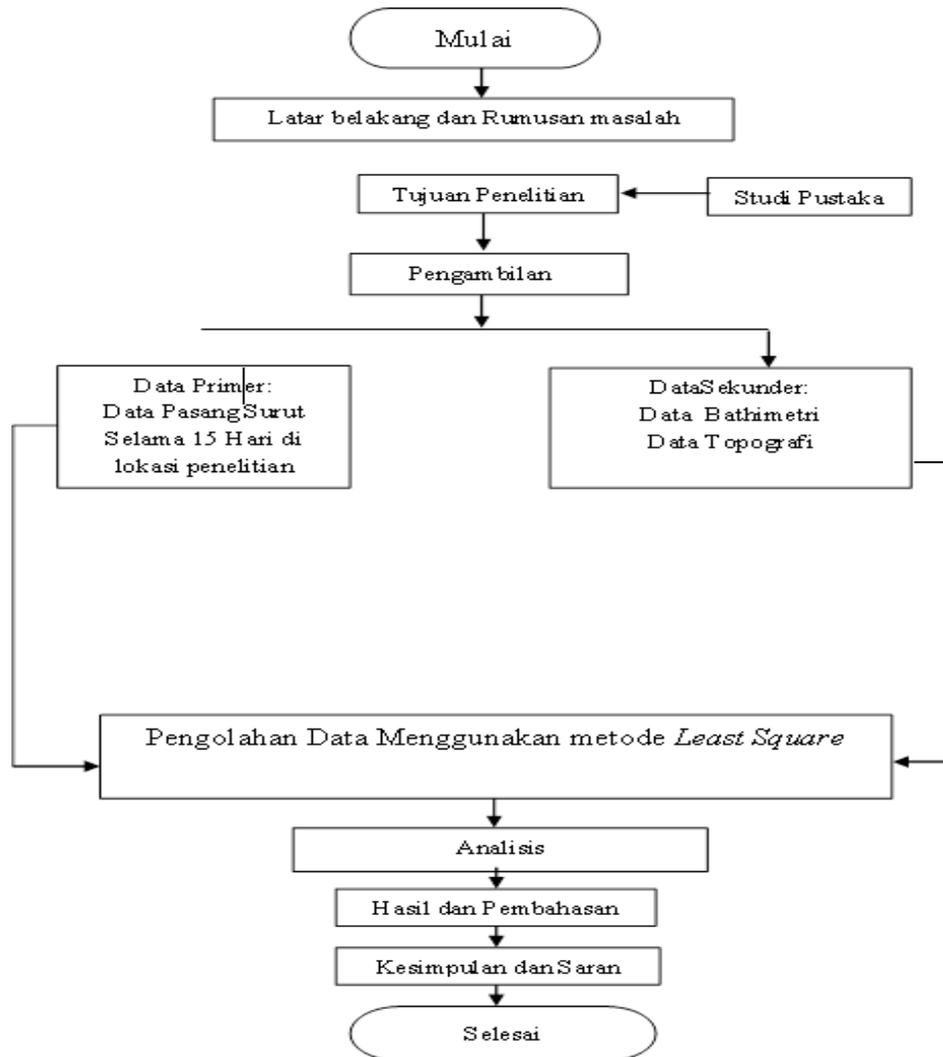
$$h(t) + v(t_n) = hm + \sum_{i=1}^k A_i \cos(\omega_i t - g_i) \quad (2)$$

3.6. Tingkat Kesalahan

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

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} \quad (3)$$

4. Metode Penelitian

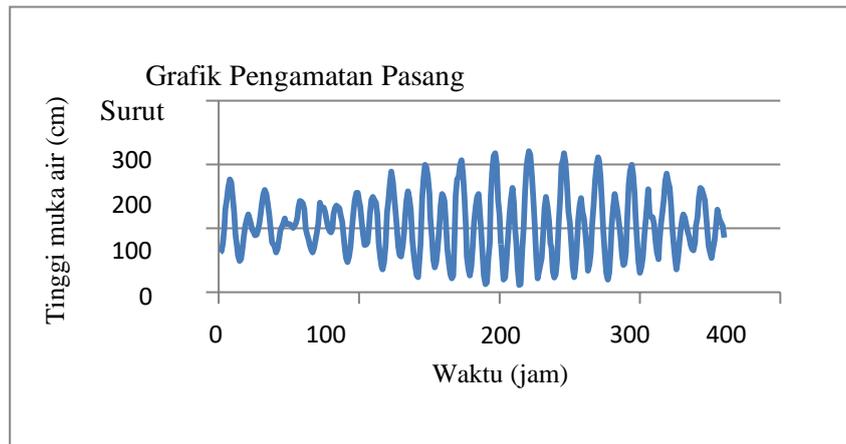


Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

5. Hasil Dan Pembahasan

5.1. Analisis Data Pasang Surut

Data yang akan dianalisis merupakan data pasang surut hasil pengamatan di lapangan yang berlangsung selama 15 hari yaitu dari tanggal 11 Mei 2019 sampai tanggal 25 Mei 2019.



Gambar 2. Grafik Pengamatan Pasang Surut

5.2. Hasil Analisis Data Pasang Surut

Dengan mencoba-coba memasukkan 9 konstituen maka, menghasilkan nilai RMSE, elevasi muka air, bilangan *Formzahl*, sebagai berikut:

1. Jumlah konstituen : 9
2. RMSE : 10.249
3. MHWL : 299.242 cm
4. MSL : 117.292 cm
5. LLWL : -48.191 cm
6. Bilangan *Formzahl* (F) : 0.514

Keterangan Jumlah Konstituen: (K1, O1, M2, S2, N2, M4, K2, P1 dan MS4)

Tabel 2. Hasil Akhir, Konstanta harmonik Metode *Least Square*

| NO. | Konstituen Pasang Surut | Amplitudo (A) (cm) | Beda Fase (g) (°) | Keterangan |
|-----|-------------------------|--------------------|-------------------|--|
| 1 | K1 | 41.50041 | 78.04698 | Konstanta yang dipengaruhi oleh deklinasi bulan da deklinasi Matahari |
| 2 | O1 | 8.93548 | 183.25553 | Konstanta yang dipengaruhi oleh deklinasi bulan |
| 3 | M2 | 56.87508 | 280.52537 | Konstanta yang dipengaruhi oleh bulan |
| 4 | S2 | 41.21183 | 193.78941 | Konstanta yang dipengaruhi oleh matahari |
| 5 | N2 | 9.08008 | 269.2612 4 | Konstanta yang dipengaruhi oleh jarak, akibat lintasan bulan yang berbentuk elips |
| 6 | M4 | 2.07038 | 93.3647 8 | Konstanta yang dipengaruhi oleh deklinasi bulan sebanyak 2 kali |
| 7 | K2 | 26.2050 0 | 91.1008 6 | Konstanta yang dipengaruhi oleh perubahan jarak, akibat lintasan matahari yang berbentuk elips |
| 8 | P1 | 15.0656 4 | 210.1818 6 | Konstanta yang dipengaruhi oleh deklinasi matahari |
| 9 | MS4 | 2.25956 | 315.1777 3 | Konstanta yang diakibatkan oleh adanya interaksi antara M2 dengan S2 |

Hasil dari perhitungan dengan metode *Least Square* ini, dapat diperoleh jenis atau tipe pasang surut berdasarkan bilangan *Formzahl* dengan perbandingan $[F = (AK_1)+(AO_1) / (AM_2)+(AS_2)]$. Berikut cara perhitungannya dengan perbandingan nilai F :

$$\begin{aligned} F &= [(AK_1) + (AO_1) / (AM_2) + (AS_2)] \\ &= [(41.50041) + (8.93548) / (56.87508) + (41.21183)] \\ &= 0,5140 \end{aligned}$$

Syarat : $F \leq 0,25$: Pasang harian ganda (*semi diurnal*)

$0,25 < F < 1,50$: Pasang campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*)

Nilai F untuk metode *Least Square* yaitu 0,5140 ($0,25 < F < 1,50$), maka jenis atau tipe pasang surut untuk daerah Pantai Taman Ria Kota Palu Sulawesi Tengah adalah campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*). Hal ini berarti dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan interval yang berbeda.

5.3. Menentukan Elevasi Muka Air Rencana

Setelah didapatkan analisa jenis atau tipe pasang surut air laut dengan metode *Least Square*, maka berdasarkan konstanta harmonik pasang surut tersebut di dapatkan elevasi muka air rencana yang dihitung melalui program Fortran sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Akhir Elevasi Muka Air Rencana Metode *Least Square*

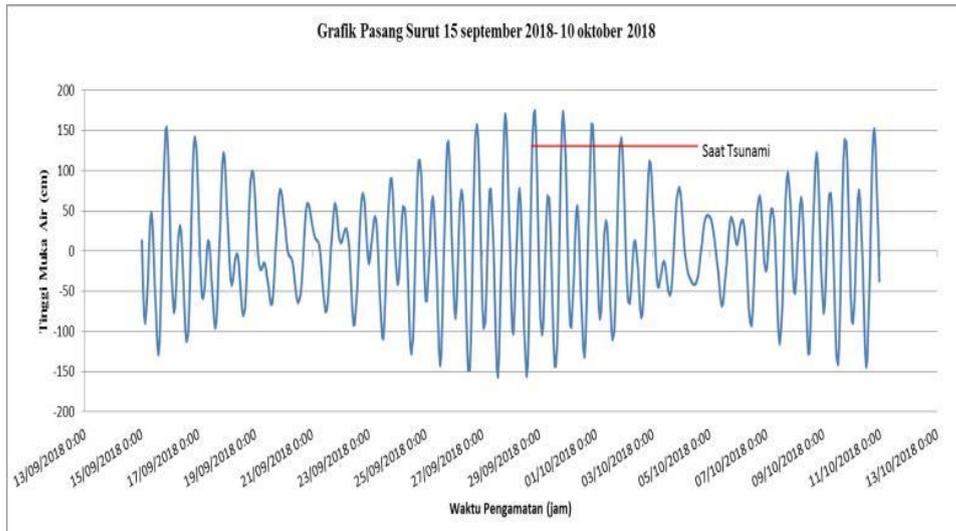
| Elevasi Muka Air | Elevasi Muka Air Acuan (cm) | Elevasi Muka Air Acuan dengan Referensi MLWS (cm) |
|------------------|-----------------------------|---|
| HHWL | 299.2417 | 316.0701 |
| MHWS | 259.6772 | 276.5056 |
| MHWL | 192.9952 | 209.8236 |
| MSL | 117.2916 | 134.1200 |
| MLWL | 39.4756 | 56.3040 |
| MLWS | -16.8284 | 0.0000 |
| LLWL | -48.1912 | -31.3628 |

5.4. Tingkat Akurasi Mode

Selanjutnya tingkat kesalahan pada penelitian ini dihitung menggunakan Root Mean Square Error (RMSE). Perhitungan RMSE yang dilakukan yaitu dari hasil validasi data 15 hari. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai RMSE terkecil sebesar 10,2486

5.5. Tinggi Pasang Saat Tsunami

Pada tanggal 28 September 2018 pukul 18.02.45 WITA di Sulawesi Tengah terjadi bencana alam gempa yang disertai dengan Tsunami. Dengan menggunakan program Fortran maka didapat nilai pasang pada saat kejadian yaitu 1,31 m di atas MSL.



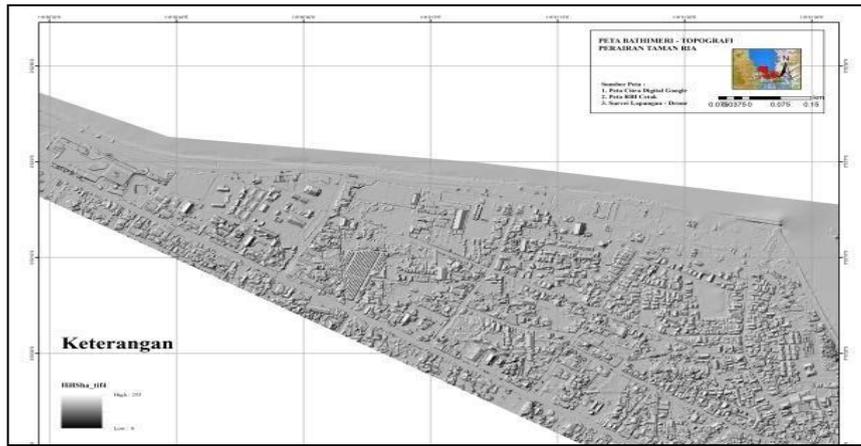
Gambar 3. Grafik Pasang Saat Tsunami

5.6. Peta Bathimetri dan Topografi Lokasi Penelitian

Adapun Peta bathimetri dan Topografi Lokasi Penelitian di Pantai Taman Ria dengan panjang 2500 m dan lebar 3400 m dengan memasukkan data Bathimetri pada tanggal 26 Mei 2019 dan data pengukuran menggunakan Total Station pada 27 Mei 2019



Gambar 4. Peta Bathimetri Hasil Pengukuran Langsung



Gambar 5. Hasil analisis DEM dan kontur topografi



Gambar 6. Hasil Analisa Topografi

6. Kesimpulan

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

1. Perhitungan data pasang surut metode *Least Square* dengan menggunakan program Fortran maka didapatkan 9 konstituen dominan yaitu K1, O1, M2, S2, N2, M4, K2, P1 dan MS4. Dengan nilai amplitudo yang terbesar (utama) secara berurutan yakni K1, O1, M2 dan S2. Konstituen K1 yaitu konstituen *diurnal* bulan dengan nilai amplitudo 41.50041 cm, konstituen O1 yaitu konstituen *diurnal* bulan dengan nilai amplitudo 8.93548 cm, Konstituen M2 yaitu konstituen utama *semidiurnal* bulan dengan nilai amplitudo 56.87508 cm, dan konstituen S2 yaitu konstituen utama *semidiurnal* matahari dengan nilai amplitudo 41.21183 cm.
2. Dari nilai konstanta harmonik konstituen pasang surut maka didapatkan jenis atau tipe pasang surut pada lokasi penelitian di Pantai Taman Ria dengan waktu pengamatan selama 15 hari, berdasarkan bilangan *Formzahl* (F) dengan perbandingan $F = [(AK_1) + (AO_1) / (AM_2) + (AS_2)]$ didapat nilai F yaitu 0,5140. Dari hasil tersebut, tipe pasang surut yang terjadi yaitu cenderung campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*) ini berarti dalam satu

hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan interval yang berbeda. Pada tanggal 28 September 2018 terjadi bencana di Kota Palu dan sekitarnya. Salah satu yang terkena dampak adalah Pantai Taman Ria. Dengan menggunakan program Fortran maka didapat nilai pasang pada jam 18.02.45 WITA dengan ketinggian 1,31 m dengan menggunakan acuan MSL.

Daftar Pustaka

- Denafiar, F. S., Nugraha, A. L., & Awaluddin, M. (2017). *Pembuatan Program Penentuan Konstanta Harmonik dan Prediksi Data Pasang Surut dengan Menggunakan Visual Basic For Application (Vba) Ms. Excel*. Jurnal Geodesi Undip, 6(4), 295– 304.
- Dronkers, J. J. (1964). *Tidal Computation in Rivers and Coastal Waters*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- Makridakis, S., Andersen, A., Carbone, R., Fildes, R., Hibon, M., Lewandowski, R., & et al (1982). *The accuracy of extrapolative (time series) methods: Result of a forecasting competition*. International Journal of Forecasting, 1(2): 111-153.
- Pariwono, J.I. (1989). *Gaya Penggerak Pasang Surut: Dalam Pasang Surut*. Jakarta: Puslitbang Oseanologi LIPI.
- Poerbandono, dan Djunarsjah, E. (2005). *Survey Hidrografi*. Bandung: Refika Aditama
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai* Yogyakarta: Beta Offset.