

## ANALISIS PERUBAHAN TINGGI MUKA LAUT RATA – RATA ATAU *MEAN SEA LEVEL* (MSL) DI MUARA BATANG KURANJI KEC. NANGGALO, KOTA PADANG

Oleh:

Ahmad Refi<sup>1)</sup>, Agung Rahma Yati<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil

<sup>2)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Geodesi

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Padang

### Abstrak

Penelitian mengenai kondisi pasang surut dan arus di muara sungai Batang Kuranji yang telah dilakukan pada bulan September 2015 selama 7 hari. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik pasang surut dan pola arus di muara Batang Kuranji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tipe pasang surut di lokasi penelitian Pasang surut campuran condong (*semidiurnal*). Dari hasil pengolahan data diperoleh 19 komponen pasang surut dengan komponen utama M2, S2, K1, O1 berturut – turut adalah 0.5058 m, 0.5236 m, 0.2625 m, 0.2433 m. Dengan pengumpulan data pasut maka diperoleh jumlah nilai tertinggi pasut adalah 1.256 m dan jumlah terendah pasut adalah 0.404. Adapun kedudukan muka surut pasut yang berada di nol palem yaitu - 0.439 m. Dari hasil data pasut di peroleh nilai Zo yaitu 0.765, maka di peroleh kedudukan duduk tengah MSL yaitu +0.326 m. Sehingga secara signifikan TTG PUI mengalami penurunan sementara yaitu  $\pm 0.326$  m yang di sebabkan karena terjadinya gempa pada bulan September 2009.

Kata kunci : elevasi muka air laut, perubahan elevasi muka air laut, faktor eksternal.

### 1. Pendahuluan

Elevasi muka air laut rata-rata merupakan salah satu parameter penting dalam berbagai kegiatan yang berkaitan dengan laut atau pantai (Yuwono dalam Admodjo, 2000). Wilayah pesisir merupakan wilayah sangat rentan terhadap tekanan lingkungan baik yang berasal dari darat maupun dari laut. Salah satu tekanan yang akhir-akhir ini mengancam keberlangsungan wilayah pesisir di seluruh belahan dunia adalah adanya kenaikan muka air laut.

Mengingat kenaikan tinggi muka air laut global dan regional yang sangat ekstrim dan akibat yang akan timbul jika tidak diwaspadai, penelitian kenaikan tinggi muka air laut secara lokal menjadi sangat penting untuk dipelajari. Hal ini dibutuhkan untuk menganalisis mengenai *trend* yang muncul di daerah lokal. *Trend* ini digunakan sebagai prediksi kenaikan tinggi muka air laut ke depan demi kepentingan pembangunan daerah dan mitigasi bencana (Watson, 2011).

Dalam Penelitian ini, dibatasi agar tidak meluasnya pembahasan dan cakupan penelitian ini adalah sebagai berikut:

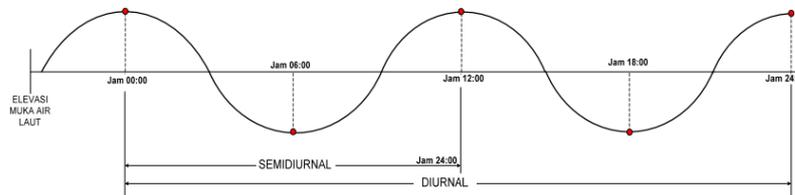
1. Data MSL yang digunakan adalah data yang di ambil dengan menggunakan metode pengamatan pasang surut.
2. Pengamatan rambu ukur dengan lama pengamatan yaitu 7 hari (x 24 jam)
3. Analisa hasil pengolahan data lapangan

### 2. Tinjauan Pustaka

Elevasi muka air merupakan parameter sangat penting dalam perencanaan bangunan pantai. Beberapa proses alam yang terjadi dalam waktu yang bersamaan membentuk variasi muka air laut dengan periode panjang. Proses alam tersebut meliputi tsunami, gelombang badai (*storm surge*), kenaikan muka air karena gelombang (*wave set-up*), kenaikan muka air karena perubahan suhu global, dan pasang surut.

### 2.1 Pasang Surut

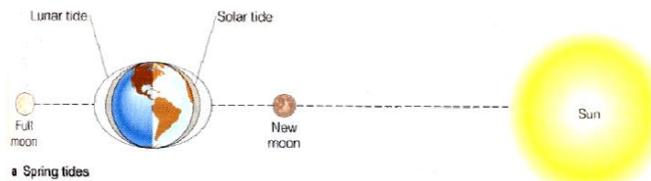
Pasut laut (*ocean tide*) adalah fenomena naik dan turunnya permukaan air laut secara periodik yang disebabkan oleh pengaruh gravitasi benda-benda langit terutama bulan dan matahari. Pengaruh gravitasi benda-benda langit terhadap bumi tidak hanya menyebabkan pasut laut, tetapi juga mengakibatkan perubahan bentuk bumi (*bodily tides*) dan atmosfer (*atmospheric tides*). Fenomena lain yang berhubungan dengan pasut adalah arus pasut, yaitu gerak badan air menuju dan meninggalkan pantai saat air pasang dan surut.



Gambar 1. Naik turunnya muka air laut akibat pasang surut terjadi periodik.  
Sumber: Fatimah Mukti (2013)

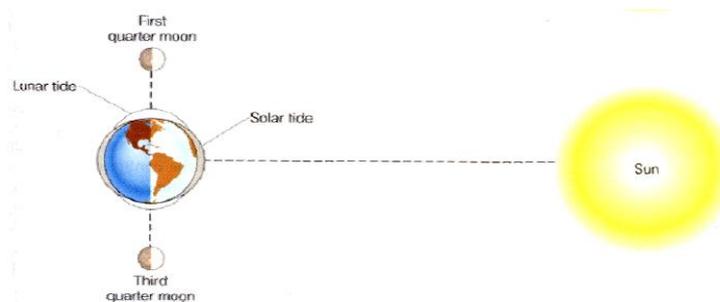
### 2.2 Sistem Bumi-Matahari

Perbedaan vertikal antara pasang tinggi dan pasang rendah disebut rentang pasang surut (*tidal range*). Periode pasang surut adalah waktu antara puncak atau lembah gelombang ke puncak atau lembah gelombang berikutnya. Harga periode pasang surut bervariasi antara 12 jam 25 menit hingga 24 jam 50 menit. Pasang purnama (*spring tide*) 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.



Gambar 2. Pasang Purnama (*Spring Tide*)  
Sumber: Fatimah Mukti (2013)

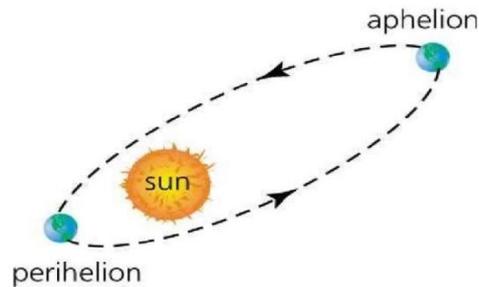
Pasang perbani (*neap tide*) terjadi ketika bumi, bulan dan matahari membentuk sudut tegak lurus. Pasang surut perbani ini terjadi pada saat bulan 1/4 dan 3/4 yaitu terjadi pada perempat bulan awal dan perempat bulan akhir. Pada saat itu tunggang pasut (jarak vertikal kedudukan permukaan air tinggi dan rendah) akan dihasilkan pasang tinggi yang rendah dan pasang rendah yang tinggi pada saat *spring* lebih besar dibandingkan pada saat *neap*.



Gambar 3. Pasang Perbani (*Neap Tide*)  
Sumber: Fatimah Mukti (2013)

Massa matahari 27 kali lebih besar dari pada massa bulan. Berdasarkan nilai massa tersebut, gaya gravitasi matahari terhadap bumi menjadi lebih besar 177 kali dibandingkan dengan gaya gravitasi bulan terhadap bumi atau gaya pasang surut matahari-bumi menjadi lebih besar 27 juta kali

dibandingkan dengan bulan-bumi. Namun jarak matahari-bumi 390 kali lebih jauh dibandingkan dengan jarak bulan-bumi. Berdasarkan kondisi di atas, gaya pasang surut bulan dua kali lebih besar dibandingkan dengan gaya pasang surut matahari (NOAA, 2004).



Gambar 4. Perihilion dan Aphelion

Sumber: Fatimah Mukti (2013)

### 3. Metodologi

Penelitian ini merupakan kajian efektif dalam menghitung rata-rata permukaan air laut atau *mean sea level (MSL)*, untuk mengetahui elevasi dengan menggunakan metode pasang surut air laut yaitu dengan menggunakan alat pengamatan yang berupa rambu ukur dengan pengambilan data pasang surut serta dilanjutkan dengan analisis data terkait dengan pasang surut, arus pasut dan residual. Dalam hal ini untuk mengkaji turunya permukaan tanah setelah terjadinya kejadian Gempa Bumi pada 30 September 2009 yang lalu.

#### 3.1 Lokasi Penelitian

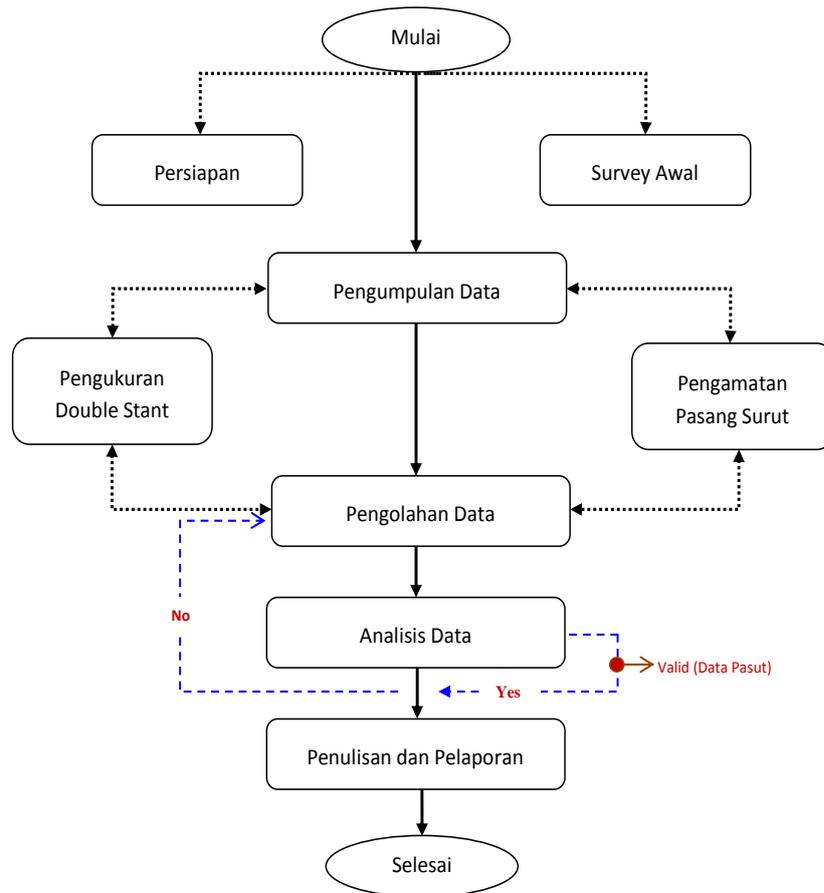
Penelitian ini dilaksanakan pada 2 September 2015 – 8 September 2015, dengan lokasi penelitian di Kota Padang Sumatera Barat, yang mencakup daerah Kecamatan Nanggalo, Kota Padang. Dan untuk lokasi pengamatan pasang surut tersebut diadakan di sungai Batang Kuranji di Kel. Kampung Lapai, Kec. Nanggalo tepatnya pada pintu sungai Batang Kuranji, Berandon, Kampung Lapai, dengan memasang *Pielschall* (papan duga air) setinggi disesuaikan dengan TTG PU1.



Gambar 5. Lokasi Penelitian

Sumber :Google Earth (2015)

### 3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

### 3.3 Metode Analisis

Pengamatan pasut dilakukan secara visual dengan melakukan pembacaan tinggi permukaan air laut pada rambu pasut dan harus selalu siaga siang malam melakukan pencatatan secara manual, juga harus mengamati pergerakan permukaan laut yang sangat dinamis, tidak sekedar oleh pengaruh benda-benda astronomis namun juga oleh angin, ombak, arus, maka diperlukan kemampuan dan kecepatan dalam menetapkan satu nilai elevasi pasut yang diperoleh dengan cara membaca bacaan pada rambu hasil perpotongan antara permukaan air laut dan rambu pasut. Setelah itu di catat data suatu formulir pengamatan pasut. Total lama pengamata pasut adalah 7 hari x (24) jam.

### 3.4 Faktor Pasut Tengah Hari, dan Periode Panjang

Besaran potensi gravitasi di permukaan Bumi adalah:

$$Vp = \gamma \cdot \frac{M}{R} \tag{1}$$

di mana :

$Vp$  = potensi gravitasi (cm<sup>2</sup>/det<sup>2</sup> dalam cgs)

$\gamma$  = 6.66 x 10<sup>-6</sup>

$M$  = Massa (gr dalam cgs)

Dari persamaan potensial grafitasi tersebut maka potensi pembangkit pasut dapat di definisikan menjadi :

$$R^2 = a^2 + r^2 - 2 \cdot a \cdot r \cdot \cos\theta \tag{2}$$

$$Vp = -\gamma \frac{M}{r} \left( \frac{a^2}{r^2} + 2 \frac{a}{r} \cos\theta \right)^{-1/2} \tag{3}$$

Di mana :

$a$  = radius Bumi (cm dalam cgs)

$r$  = jarak antara pusat Bulan/Matahari ke Bumi (cm dalam cgs)

Dalam *polinom legendre* maka potensi gravitasi ( $V_p$ ) didefinisikan menjadi penjumlahan dari banyaknya faktor potensial  $V$  yakni :

$$V_p = V_0 + V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad (4)$$

Dimana  $V_0$  tidak menghasilkan gaya

$$V_1 = -\gamma \frac{M}{r^2} a \cos \theta \quad (5)$$

$$V_2 = -\frac{1}{2} M \frac{a^2}{r^3} (3 \cos^2 \theta - 1) \quad (6)$$

$$V_3 = \gamma M \frac{a^3}{r^4} \frac{1}{2} (5 \cos^3 \theta - 3 \cos \theta) \quad (7)$$

Pada potensi *gaya pembangkit pasut laut* untuk mencari komponen harmonik, faktor yang berpengaruh adalah  $V_2$  dan  $V_3$ . Namun  $V_3$  potensi gaya pembangkit pasut laut sangat kecil pengaruhnya, sehingga faktor potensial  $V$  yang terpenting dalam gaya pembangkit pasut adalah  $V_2$ . Karna lebih di tujukan pada gaya potensial pasut laut yang di timbulkan oleh bulan, karena bulan lebih dominan di bandingkan dengan matahari. Berdasarkan formulasi cosinus dalam ilmu ukur segituga bola maka berlaku persamaan berikut.

$$\cos \theta = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos H \quad (8)$$

$$\sin \theta \sin A = -\sin H \cos \delta \quad (9)$$

$$\sin \delta = \sin \varphi \cos \theta + \cos \varphi \sin \theta \cos A \quad (10)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan cosinus tersebut ke persamaan faktor potensial  $V_2$  akan di hasilkan persamaan 11:

$$V_2 = \left(\frac{e}{r}\right)^3 G \left( \cos^2 \varphi \cos 2\delta \cos 2H + \sin 2\varphi \sin 2\varphi \cos H \frac{1}{3} (1 - 3 \sin^2 \varphi) (-3 \sin^2 \delta) \right) \quad (11)$$

Dapat di analisis bahwa:

- Persamaan  $V_2$  mengandung persamaan  $\cos 2H$  yang bervariasi. Variabel  $H$  merupakan sudut jam dalam hal ini Bulan (*bulan lebih jauh berpengaruh pada gaya pembangkit pasut di bandingkan Matahari*) selama satu putaran  $360^\circ$  atau 24 jam. Karena variasinya faktor  $2H$  maka dalam 24 jam akan mengalami satu siklus selama setengah hari, sehingga faktor ini di namakan faktor tengah harian (*semi diurnal*).
- Persamaan  $V_2$  mengandung persamaan  $\cos H$ , jadi selama 24 jam akan mengalami satu siklus selama satu harian, sehingga faktor harian (*diurnal*).
- Faktor  $\sin 2\varphi$  *diurnal* mencapai maksimal pada lintang  $45^\circ$  serta minimum di ekuator dan kutub.
- Faktor  $\cos^2 \varphi$  *semi diurnal* di mana  $\varphi$  adalah lintang setempat di bumi akan mencapai maksimal di wilayah ekuator serta di wilayah kutub.
- Faktor  $\left[ \frac{1}{3} (1 - 3 \sin^2 \varphi) (-3 \sin^2 \delta) \right]$  dimana tidak bergantung pada  $H$  (sudut, jam, bulan) sehingga tidak lagi memiliki variasi harian. Faktor yang berpengaruh adalah  $\delta$  (deklinasi bulan) yang memiliki siklus 27 harian. Faktor ini dinamakan periode setengah bulan atau lebih, disebut juga periode panjang (*long periode tide*). Periode panjang akan maksimal di wilayah kutub serta minimum di wilayah lintang  $35^\circ 16'$  LU/LS.

Dari faktor-faktor yang mempengaruhi gaya potensial pasut laut tersebut di simpulkan bahwa 3 komponen harmonik pembangkit yakni:

1. Komponen tengah harian (*semi diurnal*),
2. Komponen harian (*diurnal*),
3. Komponen periode panjang (*long periode tide*)

### 3.5 Metode Analisis Harmonik

Dari persamaan superposisi gelombang harmonik (persamaan 12) dapat diuraikan sebagai berikut (Djunarsjah, 2004):

$$h(t_i) = S_o + \sum_{j=1}^m (a_j f_j \cos(\omega_j t_i) \cos(v_j - g_j) - a_j f_j \sin(\omega_j t_i) \sin(v_j - g_j)) \quad (12)$$

Untuk menyederhanakan persamaan 13, maka dimisalkan :

$$A_j = S_o + a_j f_j, \text{ dan } \theta_j = v_j - g_j \quad (13)$$

Maka persamaan 4.13 menjadi :

$$h(t_i) = S_o + \sum_{j=1}^m (A_j \cos(\omega_j t_i) \cos \theta_j - A_j \sin(\omega_j t_i) \sin \theta_j) \quad (14)$$

Untuk menyederhanakan persamaan 14, maka dimisalkan :

$$A_j = A_j \cos \theta_j, \text{ dan } B_j = -A_j \sin \theta_j \quad (15)$$

Dengan demikian persamaan 15 menjadi :

$$h(t_i) = S_o + \sum_{j=1}^m A_j \cos(\omega_j t_i) + \sum_{j=1}^m B_j \sin(\omega_j t_i) \quad (16)$$

Gesarnya (hm) hasil perhitungan dengan persamaan 16 akan mendekati elevasi pasut pengamatan h(tn) jika :

$$\mu^2 = \sum_{t_n=-n}^n (h_m - h(t_n))^2 = \text{minimum} \quad (17)$$

Fungsi  $\mu^2$  tersebut akan minimum bila memenuhi hubungan :

$$\frac{\partial \mu^2}{\partial S_o} = \frac{\partial \mu^2}{\partial A_j} = \frac{\partial \mu^2}{\partial B_j} = 0 ; \text{ dengan } j = 1, 2, 3, \dots, m \quad (18)$$

Dari hubungan persamaan tersebut akan diperoleh  $2m + 1$  persamaan, dimana m adalah banyaknya komponen harmonik pasut laut. Sehingga dapat ditentukan besaran  $S_o$ ,  $A_j$ , dan  $B_j$ , di mana j merupakan komponen pasut ke-j.

Selanjutnya berdasarkan estimasi *kuadrat terkecil least square*, maka persamaan dapat diuraikan dalam tahap-tahap sebagai berikut :

- Persamaan pengamatan tinggi muka laut  $L=AX$
- Persamaan koreksi  $v = (A,X)-L$ , maka :

$$v(t_i) = S_o + \sum_{j=1}^m A_j \sin(\omega_j t_i) + \sum_{j=1}^m B_j \sin(\omega_j t_i) - h(t_i) \quad (19)$$

Selanjutnya menentukan ketelitian hasil penentuan konstanta amplitudo dan fase dengan langkah sebagai berikut

- Bobot  $p = \frac{1}{v^2}$
- Variasi a posteriori  $\partial o^2 = (v'.p, v)/(n - u)$
- Nilai variansi kovariansi pengamatan  $\sum x = \partial o^2 . A'. p. A)^{-1}$
- Nilai variansi amplitudo komponen pasut laut dengan menggunakan persamaan :

$$\partial a_j^2 = \left(\frac{\partial a_j}{\partial A_j}\right)^2 . \partial A_j^2 + \left(\frac{\partial a_j}{\partial B_j}\right)^2 . \partial B_j^2 + 2 \left(\frac{\partial a_j}{\partial A_j}\right) \left(\frac{\partial a_j}{\partial B_j}\right) \partial A_j B_j. \quad (20)$$

Dimana ,

$$\frac{\partial a_j}{\partial A_j} = \frac{A_j}{\sqrt{A_j^2 + B_j^2}}, \frac{\partial a_j}{\partial B_j} = \frac{B_j}{\sqrt{A_j^2 + B_j^2}} \quad (21)$$

Dari persamaan-persamaan penentuan konstanta pasut laut tersebut maka akan di peroleh nilai konstanta *amplitude* dan *fase* beserta standar deviasinya.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Hasil

Untuk menentukan hasil *Elevasi Mean Sea Level* yaitu menggunakan data Pasut Tertinggi dan data Pasut Terendah yang telah di amati selama 7 hari untuk menentukan nilai  $Z_o$ , dan *Nol Palem*. Dengan persamaan 22 dan persamaan 23 berikut.

$$\bullet \quad Z_o = \frac{\text{JumlahDataTertinggi} + \text{JumlahDataTerendah}}{2} \quad (22)$$

$$\bullet \quad \text{Nol Palem} = \text{Elevasi Box Culvert} - \text{Duduk Tengah Palem} \quad (23)$$

Setelah diketahui nilai  $Z_o$  dan *Nol Palem*, maka dapat diperoleh nilai *Mean Sea Level* dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{MSL} = \text{Nol Palem} + Z_o \quad (24)$$

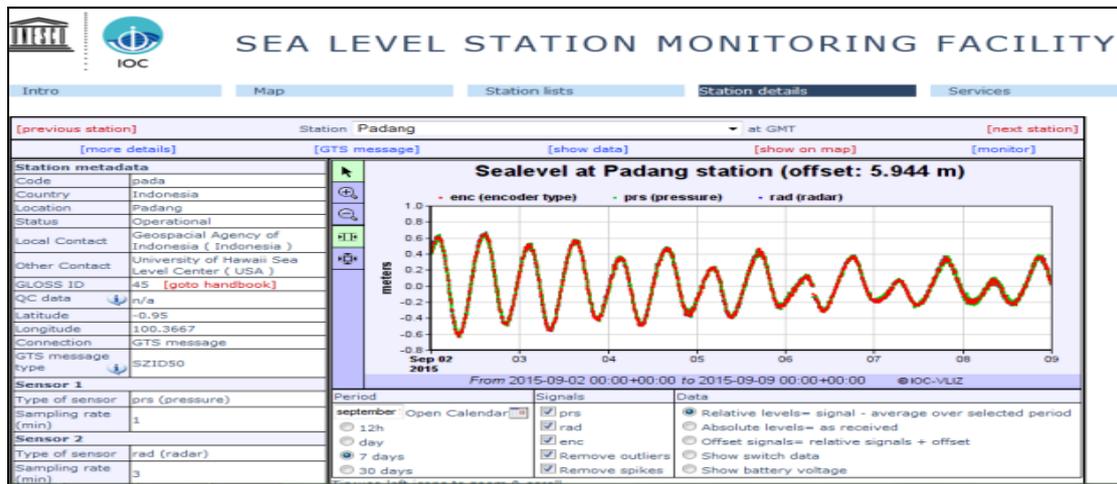
Tabel 1. Analisis Data Pasang Surut

No.	Data Tertinggi	Data Terendah
1	1,40	0,20
2	1,40	0,30
3	1,25	0,22
4	1,32	0,34
5	1,12	0,26
6	1,20	0,41
7	0,98	0,37
8	1,16	0,48
9	0,88	0,45
10	1,12	0,58
11	0,85	0,53
12	1,11	0,56
13	0,84	0,55
14	1,14	-
	<b>1,126</b>	<b>0,404</b>

### 4.2 Sea Level Station Monitoring Facility

Data tinggi muka air laut di Stasiun PSMSL Padang, Sumatera Barat, dan data meteorologi kota Padang, Sumatera Barat, dari tanggal 2 September 2015 sampai 9 september 2015. Data tinggi muka air laut di Stasiun PSMSL Padang, Sumatera Barat, diunduh secara gratis dari website <http://www.ioc.sealevelmonitoring.org> yang merupakan website resmi PSMSL yang dikelola oleh IOC. Stasiun PSMSL di Indonesia dalam pengoperasiannya bekerjasama dengan Badan Informasi Geospasial (BIG).

Dapat dilihat dari **gambar 7** pada kolom Station Metadata terdapat informasi metadata stasiun yang sedang dibuka, yaitu stasiun PSMSL Padang dengan koordinat 0,95 LS dan 100,3667 BT. Pada jendela Sealevel at Padang terdapat grafik dengan tinta merah menunjukkan pergerakan tinggi muka air laut selama 7 hari. Pada kolom Data terdapat pilihan referensi tinggi muka air laut pada saat perekaman, relatif atau absolut. Dari tanggal 2 September – 4 September 2015 terjadi kenaikan muka air laut dan pada tanggal 5 September – 8 September 2017 terjadi penurunan kenaikan muka air. Maka dari hasil pengamatan pasut di lapangan tidak jauh berbeda dari hasil monitoring data meteorologi hanya berbeda 0.3 m dari hasil data grafik Pasang Tertinggi dan Pasang Terendah selama pengamatan 7 hari.



Gambar 7. Sea Level Station Monitoring Facility

### 4.3 Komponen Harmonik

Tabel 2. Komponen Harmonik Pasut Laut Untuk Pengamatan Pasut Dengan Interval 1 Jam

Symbol	Periode (jam)	$\omega$ der/jam	$\omega$ rad/jam	Keterangan	Constituent
Z0					Average Water Level
M <sub>2</sub>	12,4206	28,984107	0,505868099	Semi Diurnal	Main Lunar constituent
S <sub>2</sub>	12,0000	30	0,523598776		Main solar constituent
N <sub>2</sub>	12,6582	28,440063	0,496372731		Lunar constituent, due Eart-moon distance
K <sub>2</sub>	11,9673	30,081973	0,525029481		Soli-lunar constituent, due to the change of declinasion
K <sub>1</sub>	23,9346	15,040987	0,26251474	Diurnal	Soli-lunar constituent
O <sub>1</sub>	25,8194	13,943004	0,243351329		Main Lunar constituent
P <sub>1</sub>	24,0658	14,958987	0,261083584		Main solar constituent
M <sub>4</sub>	6,2103	57,968214	1,011736197	quarterly	Main Lunar constituent
MS <sub>4</sub>	6,1033	58,984484	1,02947345		Soli-lunar constituent

Setelah mendapatkan nilai komponen pasut maka dapat di peroleh nilai *amplitudo* dan *phase* dengan menggunakan *metode least square*. proses pengolahan data yaitu menggunakan perangkat lunak *Software Microsoft office excel* dengan menggunakan data Pasang Tengah.

Tabel 3. Nilai *Aplitudo* dan *Phase*

Symbol	Amplitudo (H)	Phase (P)
M <sub>2</sub>	40,12963679	0,99971495
S <sub>2</sub>	149,2533034	0,684374027
N <sub>2</sub>	19,93080813	1,167998105
K <sub>2</sub>	128,9516978	0,658899334
K <sub>1</sub>	70,0621864	-1,06984088
O <sub>1</sub>	5,135178626	-0,749042689
P <sub>1</sub>	75,06886554	-1,045805974
M <sub>4</sub>	0,000860789	-1,313297449
MS <sub>4</sub>	0,001361926	1,415047118

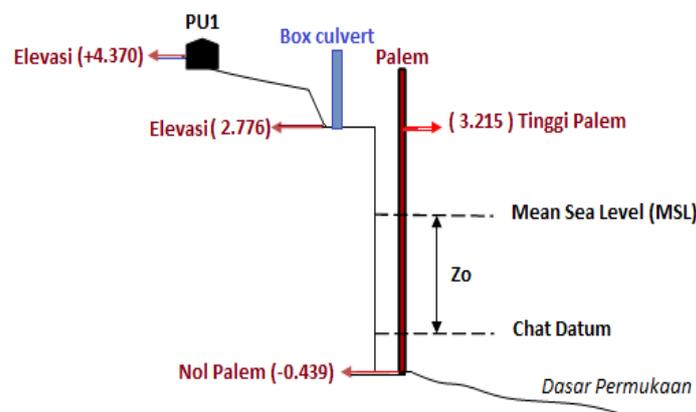
#### 4.4 Penentuan Elevasi Mean Sea Level (MSL)

Untuk mendapatkan nilai *Elevasi Mean Sea Level* (MSL) maka digunakan penghitungan pengamatan di lapangan agar lebih mudah di pahami. Pengamatan yang di laksanakan di Pintu Sungai Muara Batang Kuranji selama 7 hari dengan pengamata siang hari dan malam hari. Dari hasil data lapangan yang di amati pada siang hari dan malam hari di dapatlah nilai pasut tertinggi dan nilai pasut terendah

Untuk mendapatkan jumlah data tertinggi dan data terendah yaitu dengan menjumlah semua data tertinggi dan data terendah dibagi banyaknya data, maka di dapatlah jumlah data tertinggi = 1,126 dan Jumlah data terendah = 0,404. Maka dapat di hitung nilai Zo yaitu kedudukan permukaan air laut rerata diatas datum dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Z_o = \frac{\text{JumlahDataTertinggi} + \text{JumlahDataTerendah}}{2}$$

$$Z_o = \frac{1.126 + 0.404}{2}, \text{ sehingga } Z_o = 0.765 \text{ m}$$



Gambar 8. Pengamatan Pasang Surut

Dimana :

- PU1 = *Banch mark (BM)* tanda yang berbentuk tugu atau patok beton
- Box Culvert = Pintu Air
- Palem = Pielschall (papan duga air) atau rambu ukur
- Zo = Kedudukan permukaan air laut rerata
- MSL = Permukaan air laut rata-rata
- Chat Datum = Muka surutan peta

Dari gambar 7. di ketahui nilai *Elevasi Box Culvert* = 2.776, dan nilai Duduk Tengah Palem = 3.215. Untuk mengetahui nilai MSL maka di perlukan nilai Nol Palem dan nilai Zo dengan menggunakan penghitungan dari pengamatan lapangan, berikut adalah persamaan Nol Palem:

$$\begin{aligned} \text{Nol Palem} &= \text{Elevasi Box Culvert} - \text{Duduk Tengah Palem} \\ &= 2.776 - 3.215 \\ \text{Nol Palem} &= -0.439 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan di dapat nilai Zo = 0.765 m dan nilai Nol Palem = -0.439, maka di dapatlah nilai MSL denga persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{MSL} &= \text{Nol Palem} + Z_o \\ \text{MSL} &= (-0.439) + 0.765 \\ \text{MSL} &= 0.326 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, didapatlah nilai MSL = 0.326 m

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan sumber Padang dalam Angka tahun 2009, Kota Padang terletak di ketinggian 0-1853 m dari MSL dan Kecamatan Nanggalo berada pada ketinggian 3-8 m.
2. Untuk periode data pengamatan paling optimal untuk analisis harmonik pasut dan mendapatkan nilai MSL adalah paling lama yaitu periode data 1 tahun. Meskipun nilai amplitudo konstantanya yang berbeda signifikan tetapi dengan periode pengamatan data lebih pendek, jumlah konstanta harmonik dan nilai MSL yang dihasilkan tidak berbeda signifikan dengan periode data 8,85 tahun.
3. Dari hasil data pengamatan selama 7 hari x 24 jam = 186 jam telah menghasilkan komponen pasut yang cukup untuk penentuan tipe pasut, dan di prediksi bahwa di Pintu Air Muara Batang Kuranji Berandon mempunyai tipe pasut campuran condong (*semidiurnal*).
4. Hasil perolehan data pengamatan pasut terendah dan pasut tertinggi menghasilkan hitungan sementara kedudukan duduk tengah dengan nilai MSL mencapai = 0.326 m. Sehingga TTG PUI mengalami penurunan = 0.326 m.
5. Kenaikan tinggi muka air laut di Kota Padang terutama di Muara Batang Kuranji disebabkan karena tekanan atmosfer, karena penurunan tekanan atmosfer sebesar satu mbar menyebabkan kenaikan tinggi muka air laut sebesar 1 cm. Selain itu padang mengalami bencana banjir yang intensitas hujan tinggi dan gempa yang menyebabkan kenaikan tinggi muka air laut

### 5.1.1 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis berdasarkan hasil penelitian adalah sebagai berikut :

1. Perlunya manajemen dan kontrol kualitas data pasut secara kontinyu sehingga data mentah hasil pengamatan stasiun pasut memiliki kualitas data yang baik.
2. Untuk mendapatkan analisis harmonik dan nilai MSL yang baik, disarankan untuk mempertimbangkan efektifitas lama pengamatan data dan kualitas dari data mentah pasut yaitu dengan lama pengamatan 18.6 tahun karena saat itu kedudukan Matahari-bumi-bulan akan kembali seperti semula.

Dengan adanya penelitian ini penulis mengharapkan dari hasil MSL ini dapat menjadi acuan dan juga referensi bagi instansi yang terkait juga dapat di lanjutkan penelitian MSL ini sesuai dengan periode yang tepat agar mendapatkan hasil yang maksimal.

### Daftar Pustaka

- Banna, Farchan Safri. 2014. *Pengaruh Periodik Pergerakan Bumi, Bulan, Dan Matahari Terhadap Konstanta Pasang Surut dan MSL*. Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.
- Cahaya Perban, Ni Made Rai Ratih. 2013. *Investigasi Variasi Tahunan Terhadap Mean Sea Level di Benoa, Bali*. Jurusan Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional (Itenas) : Bandung.
- Fatimah, Mukti. 2013. *Analisis Perubahan Tinggi Muka Air Laut Di Kota Padang Tahun 2008 Sampai 2012 Dengan Menggunakan Data Permanent Service For Mean Sea Level (PSMSL)*. Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.
- Kresteva, Gisela Dinda. Rochaddi, Baskoro dan Satriadi, Alfi. 2014. *Studi Kenaikan Muka Air Laut Di Perairan Kendal*. Universitas Diponegoro : Semarang.
- S.Si, M.Si, Riyadi. 2007. *Pengamatan Pasang Surut Air Laut Di Pelabuhan Bitung Sebagai Prediksi Awal Terjadinya El Niño Dan La Niña*. Kasie Data dan Informasi Stasiun Geofisika : Manado.
- Surbakti, Heron. 2007. *Karakteristik Pasang Surut dan Pola Arus di Muara Sungai Musi, Sumatera Selatan*. Program Studi Ilmu Kelautan. Universitas Sriwijaya : Sumatera Selatan.
- Ulum, Miftakhul dan Khomsin. 2009. *Perbandingan Akurasi Prediksi Pasang Surut Antara Metode Admiralty dan Metode Least Square*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember : Surabaya.