

ANALISIS KONDISI PASANG SURUT DENGAN WAKTU KEJADIAN GEMPA BUMI SUMATERA BARAT

Elka Fitri Enora¹⁾, Letmi Dwiridal²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

elkafitrie@gmail.com¹⁾, Letmidwiridal@gmail.com²⁾

ABSTRACT

Tides are a phenomenon of movement of the ups and downs of the surface of the sea water at intervals caused by a combination of the gravitational force and the attractive force of celestial bodies, especially by the sun, earth and moon. Earthquake events can occur from earth rock rock fractures by forces (including gravitational forces) that are collected slowly, and earthquakes can also occur if the stress shear causes the force to exceed the strength of the rock, causing deformation. Analysis of tidal conditions with the time of the West Sumatran earthquake in the period 2009-2019. The increase of tides in the period 2009 is on the 2009-09-30 has a depth of 79 km above sea level which is in the Mentawai Islands. Meanwhile, in the year 2010 there are 2010-10-25 has a depth of 10 km above sea level in the Mentawai Islands. In 2011 it was in the year 2011-08-04 had a depth of 41 km on sea level in the Mentawai Islands. While in the period 2016 there are 2016-06-01 has a depth of 69 km above the surface of the sea water in the Siberut estuary. In the period 2018 there are 21/04/2018 has a depth of 35 km are in the Siberut estuary.

Keywords : *Maximum increase, minimum decline, simple linear regression method.*



This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2018 by author and Universitas Negeri Padang.

PENDAHULUAN

Indonesia terletak di daerah tropis mengakibatkan kondisi geografis berada di perairan. Salah satunya di Indonesia provinsi yang berada di wilayah perairan adalah Sumatera Barat. Pulau Sumatera merupakan daerah perairan yang cukup menarik untuk dapat dikembangkan lebih lanjut. Dilihat dari luas daerahnya, pulau Sumatera berada pada tempat yang lebih menarik letaknya berada pada perairan Samudera Hindia dan Laut Andaman. Pergerakan massa air laut mengakibatkan terdapat beberapa bentuk fenomena yang menarik untuk diteliti. Berdasarkan banyak penelitian terdapat banyak pengaruh pada perairan laut yang mengakibatkan permukaan air laut disebabkan oleh beberapa faktor seperti yang dibangkitkan tiupan angin yaitu pasang surut. Pasang surut laut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara selang waktu yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda langit terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Pasang surut dan arus yang dibangkitkan pasang surut sangat dominan dalam proses sirkulasi massa air di perairan pesisir^[1]. Fenomena pasang dan surutnya permukaan air laut biasa disebut pasang laut (*ocean tide*). Pasang surut (pasut) terjadikarenakan oleh perbedaan gaya gravitasi dari pergantian posisi bulan dan matahari yang relatif pada satu titik dipermukaan bumi. Bila permukaan air laut mengalami kenaikan disebut pasang dan sebaliknya apabila terjadi penurunan disebut surut. Pasang surut

purnama terjadi ketikabumi, bulan dan matahari berada dalam satu garis lurus, pada saat itu terjadi pasang yang tinggi dan surut yang rendah. pasang surut purnama terjadi pada saat bulan baru dan bulan purnama, pasang akan menjadi maksimum apabila terjadi gerhana matahari karena air laut dipengaruhi oleh gravitasi bulan dan matahari dengan arah yang sama. Pasang surut perbani terjadi ketika bumi, bulan dan matahari membentuk sudut tegak lurus, pada saat itu pasang yang rendah dan surut yang tinggi. Gaya gravitasi bulan lebih dominan pengaruhnya dibandingkan gaya gravitasi matahari terhadap terjadinya pasang air laut ini, karena posisi bulan lebih dekat ke bumi dibandingkan jarak bumi ke matahari.

Sumatera Barat $3^{\circ} 50' \text{LS}$ - $1^{\circ} 20' \text{LU}$ $98^{\circ} 10' - 102^{\circ} 10' \text{BT}$ merupakan salah satu daerah yang mempunyai tingkat kegempaan cukup tinggi. Daerah Sumatera Barat berada pada zona subduksi (*subduction zone*) dan zona Sesar Sumatera (*Sumatera Fault zone*). Sumatera terletak di batas lempeng konvergen antara dua lempeng yang *rigid* yaitu lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia. Peristiwa gempabumi yang terlihat dari struktur batuan pada lapisan bumi yang mempengaruhi gaya gravitasi yang dikumpulkan secara perlahan dan gempabumi dapat terjadi ketika ada tekanan dan regangan yang mempengaruhi energi yang melebihi elastisitas batuan maka terjadi pelepasan energi. Waktu terjadinya gempabumi merupakan waktu dimana pelepasan energi pertama

kali terjadi pada lempeng tektonik bumi yang mengalami tekanan akibat tumbukan atau gesekan lempeng satu sama lain^[2].

Hubungan antara waktu kejadian pasang surut dengan waktu kejadian gempa bumi disebabkan karena posisi bulan dan matahari terhadap bumi dapat menyebabkan terjadinya pasang surut air laut. Fenomena air laut dapat terjadi setelah didahului dengan adanya kejadian gempa bumi kuat yang mengakibatkan dasar laut bergerak naik (patahan naik/ *thrust fault*) atau patahan turun (*normal fault*). Salah satu fenomena alam yang terjadi karena adanya pelepasan energi atau pergeseran elastis di daerah patahan, yang dapat menimbulkan kerugian yaitu gempa bumi. Terjadinya gempa bumi karena adanya pergeseran lempeng tektonik bumi, hal tersebut dapat dipengaruhi oleh salah satu pemicu yaitu adanya posisi jarak antara bumi terhadap bulan yang dipengaruhi gaya gravitasi bumi sehingga banyak menimbulkan kejadian gempa bumi.

Hal ini dapat mengurangi resiko akibat pasang surut pemicu gempa bumi yang berdampak kerugian. Adapun salah satu caranya adalah dengan menggunakan dalam program mitigasi bencana Tsunami sebagai dasar evakuasi pada saat pasang surut ketika terjadi gempa bumi dengan kejadian gempa bumi yang sangat besar. Berdasarkan uraian di atas penulis tertarik melakukan penelitian yang berjudul "Analisis Kondisi Pasang Surut Dengan Waktu Kejadian Gempabumi Sumatera Barat".

Pasang surut laut merupakan suatu gejala naik turunnya permukaan air laut secara teratur yang terjadi di bumi akibat ada gabungan gaya gravitasi dan pembangkit pasang surut terutama bersumber dari matahari dan bulan^[3]. Pada umumnya gaya gravitasi benda angkasa paling utama matahari dan bulan pada permukaan bumi, besar benda di bumi dan atmosfer akan mengakibatkan terjadinya pasang surut. Besar gaya berbanding lurus dengan perkalian kedua massa dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua massa titik tersebut^[4].

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1)$$

Dimana:

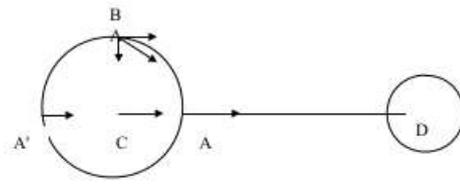
F = besar gaya gravitasi kedua massa benda tersebut (N)

G = konstanta gravitasi umum ($G = 6,673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$)

m_1 = besar massa benda pertama (kg)

m_2 = besar massa benda kedua (kg)

r = jarak antara kedua massa benda (meter).



Gambar 1. Distribusi Gaya Pembangkit Pasang Surut sistem Bumi dan Bulan (Sumber: Triatmodjo, 1999).

Berdasarkan Gambar 1 gaya gravitasi (interaksi tarik menarik) antara dua materi bermassa sebanding dengan perkalian kedua massa tersebut dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya. Gaya yang bekerja pada suatu massa di permukaan bumi adalah gaya tarik bulan, gaya gravitasi bumi dan gaya sentrifugal pada sumbu revolusi.

$$F_A = F_A - F_D$$

$$\frac{GM_m}{(r-R)^2} - \frac{GM_m}{r^2} \quad (2)$$

$$F_A' = F_A' - F_D$$

$$\frac{G_{Mm}}{(r+R)^2} - \frac{G_{Mm}}{r^2} \quad (3)$$

$$F_B = F_D - F_D$$

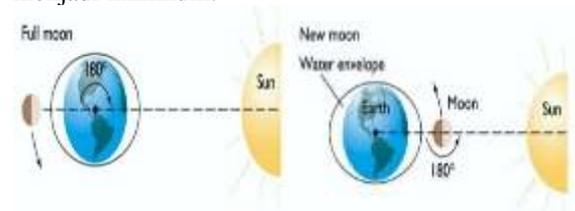
$$\frac{G_{Mm}}{\sqrt{r^2 + R^2}} - \frac{G_{Mm}}{r^2} \quad (4)$$

dimana:

$F_A = F_A'$ = Pasang Surut Maksimum

F_B = Pasang Surut Minimum.

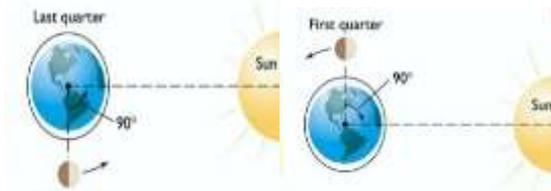
Berdasarkan persamaan 2,3 yaitu kondisi berada pada keadaan sejajar menyebabkan gaya tarik gravitasi mengakibatkan permukaan mencapai pasang maksimum. Sedangkan persamaan 4 yaitu keadaan tegak lurus menyebabkan gaya tarik gravitasi menjadi minimum.



Gambar 2. Kondisi *New Moon* dan *Full Moon* terjadi *Spring Tide* (Sumber : The Open University 1999).

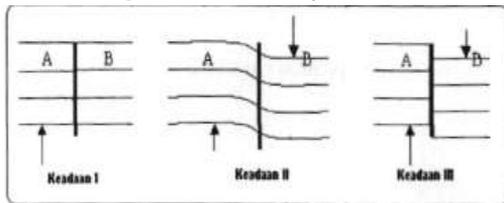
Berdasarkan Gambar 2 saat posisi pasang surut purnama (*Spring tide*) yaitu keadaan pada saat matahari, bumi dan bulan berpengaruh pada kondisi segaris terjadi saat *new moon*, dan *full moon*. Ini akan menyebabkan besar gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi akan maksimum mengakibatkan permukaan laut akan mencapai pasang tertinggi. Kejadian pasang surut purnama maupun *Spring*

Tididimana terjadi pasang maksimum dan surut minimum akibat gaya gravitasi bulan dan matahari sama berpengaruh kemudian membangkitkan kejadian pasang maksimum dan surut minimum.



Gambar 3. Kondisi *First Quarter* dan *Third Quarter* terbentuk *Neap tide*.

Berdasarkan Gambar 3 pasang surut perbani (*Neap tide*) merupakan keadaan dimana matahari sejajar dengan pusat bumi dan bulan hingga terjadi surut paling rendah pada titik permukaan bumi sejajar dengan poros bumi dan bulan. Kedudukan terjadi pada sebagian bulan awal dan bulan akhir. Berdasarkan gambar diatas keadaan bumi, matahari dan bulan membentuk sudut sehingga besar gaya tarik bulan dan matahari akan saling melemahkan dan permukaan air laut akan turun mencapai titik terendah. Sehingga terjadi surut minimum pengaruh gaya gravitasi bulan dan matahari saling menurunkan^[4].



Gambar 4. Mekanisme Terjadinya Gempa Bumi (Edwiza, 2008).

Berdasarkan Gambar 4 Mekanisme terjadinya gempabumi pada keadaan I menunjukkan suatu lapisan yang belum terjadi perubahan bentuk geologi. Berdasarkan keadaan II menunjukkan suatu lapisan batuan telah mendapat dan mengandung tekanan telah terjadi perubahan bentuk geologi. Berdasarkan keadaan III menunjukkan lapisan batuan yang sudah patah karena adanya pergerakan yang mendadak dari batuan tersebut^[5].

Gejala deformasi dapat mengalami ketika kejadian gempa bumi. Apabila gaya luar gabungan volume dapat berasal dari aktivitas gravitasi, maka bagian penghubung pada bumi mengalami deformasi. Gempa bumi beserta letusan gunungapi merupakan gerakan yang bersifat dinamik dibedakan oleh deformasi kerak bumi. Gempa bumi yang melampaui batas kejadian tabrakan antara lempeng menimbulkan tekanan dan regangan terjadi disebabkan oleh aktivitas lempeng terhadap lempeng lain yang tertanam berbentuk kekuatan elastis. Batuan pada lempeng mempunyai batas elastisitas masa kekuatan tekanan antara lempeng dengan elastisitas batuan

maka terjadi pelepasan kekuatan. Energi melepaskan secara perlahan sehingga terjadi gempa bumi. Energi kemudian mengakibatkan gelombang elastisitas dapat meluas sehingga berhasil melalui perairan laut maupun di daratan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan menggunakan data sekunder berupa data gempabumi dan pasang surut yang diperoleh dari stasiun BMKG Padang Panjang dan BMKG Maritim Teluk Bayur. Penelitian ini dilakukan terhadap kejadian gempa yang sudah terjadi berdasarkan data pasang surut yang didapatkan magnitudo gempa bumi di daerah Sumatera Barat selama 10 tahun menggunakan data-data yang sudah ada kemudian dilakukan pengolahan sehingga diperoleh informasi baru.

Penelitian ini terdapat variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas yaitu magnitudo gempa bumi, waktu terjadinya gempa bumi, waktu pasang surut, latitude, longitude, variabel bebas tidak dipengaruhi oleh variabel lain. Sedangkan variabel terikat yaitu yang dipengaruhi oleh variabel lainnya, variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai ketinggian pasang surut dan waktu kejadian gempabumi yang dipengaruhi oleh variabel lain.

Data sekunder diperoleh dari literature berupa data pasang surut dan katalog gempa bumi yang tercatat baik secara nasional maupun secara internasional, seperti www.tides.big.go.id dan *website* USGS yang bekerja sama dengan BMKG. Data pasang surut yang dipilih memiliki waktu pasang dan waktu surut sedangkan data gempa bumi yang dipilih magnitudo sebesar $M \geq 4.5$ SR.

Data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah pasang surut, waktu kejadian gempabumi dengan magnitudo gempabumi. Adapun langkah-langkah dalam pengambilan data pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Menentukan titik koordinat lokasi penelitian.
2. Menentukan data pasang surut (h) terhadap waktu
3. Menentukan data magnitudo gempabumi (m).
4. Menentukan data pasang surut maksimum dan waktu kejadian gempabumi maksimum.
5. Untuk mengetahui waktu ketinggian kondisi pasang surut diidentifikasi dengan metode regresi linier. Persamaan regresi linier ditunjukkan pada persamaan 1 sebagai berikut :

$$Y = a + bx \quad (5)$$

Dimana y adalah magnitudo gempabumi kumulatif, dan x adalah ketinggian pasang surut. Nilai a dan b merupakan konstanta persamaan regresi linier^[6].

Nilai konstanta regresi dapat dihitung menggunakan persamaan 2 dan 3:

$$a = \frac{\Sigma Y - b \Sigma X}{N} = \bar{Y} - b \bar{X} \quad (6)$$

$$b = \frac{N \cdot (\sum XY) - \sum X \sum Y}{N \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (7)$$

Dimana:

X= rata-rata variabel x (ketinggian kondisi pasang surut).

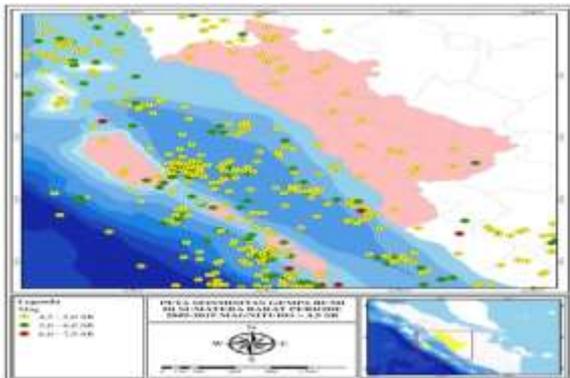
Y= rata-rata variabel y (waktu kejadian gempa bumi).

Berdasarkan persamaan 5, 6, dan 7 hasil pengukuran didapatkan ketinggian pasang surut pada saat waktu kejadian gempa bumi Sumatera Barat. Data yang didapatkan akan diinterpretasikan dengan menentukan kondisi pasang surut terhadap waktu kejadian gempa bumi Sumatera Barat dari tahun ketahun. Berdasarkan data pasang surut dan waktu kejadian gempa bumi mengalami perubahan waktu yang sama. Hal ini bertujuan untuk melakukan pemantauan terhadap perubahan kondisi pasang surut terhadap waktu kejadian gempa bumi.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian ini menggunakan data pasang surut dan data gempa bumi yang diperoleh dari BMKG Padang Panjang dan BMKG Maritim Teluk Bayur. Data pasang surut dan data gempa bumi yang digunakan yaitu yang terjadi pada periode 2009-2019 dengan magnitudo gempa bumi $\geq 4,5$ SR dengan koordinat 3° LS- 1° LU-dan 98° BT- 102° BT.

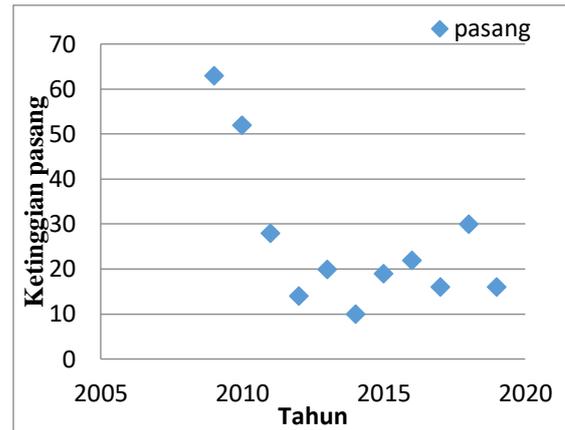


Gambar 5. Peta Gempa Bumi Sumatera Barat.

Berdasarkan Gambar 5 peta gempa bumi Sumatera Barat yang terjadi pada periode 2009-2019 dengan magnitudo (M) ≥ 4.5 SR terjadi dengan magnitudo terkecil yaitu sebesar 4.5 SR sedangkan magnitudo terbesar yang terjadi yaitu 7.6 SR.

Ketinggian pasang surut dengan waktu kejadian gempa bumi Sumatera Barat. Data katalog pasang surut dengan waktu kejadian gempa bumi Sumatera Barat dengan magnitudo (M) $\geq 4,5$ SR yang terjadi pada periode 2009-2019 yang terjadi akibat pasang surut maksimum dengan waktu kejadian gempa bumi maksimum selama 10 tahun pada gambar berikut:

- Data pasang surut dengan magnitudo gempa bumi $\geq 4,5$ SR pada tahun 2009-2019.

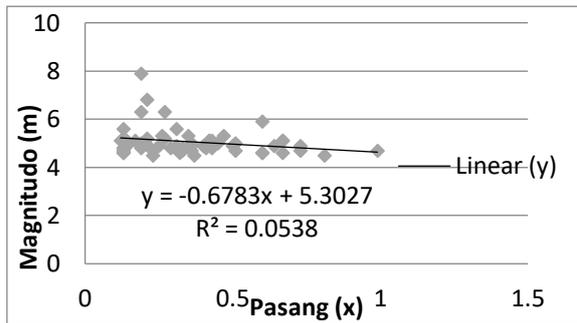


Gambar 6. Grafik Hubungan Pasang dengan Magnitudo Gempa Bumi Sumatera Barat pada tahun 2009-2019.

Berdasarkan Gambar 6 hubungan kondisi pasang dengan magnitudo gempa bumi di wilayah Sumatera Barat pada tahun 2009-2019. Dapat dilihat pada tahun 2009 pasang yang tinggi dengan magnitudo gempa bumi besar pada tanggal 2009-09-30. Pada tahun 2010 pasang yang tertinggi dengan magnitudo gempa bumi terjadi pada tanggal 2010-10-25. Sedangkan pada tahun 2011 pasang yang tertinggi dengan pengaruh magnitudo gempa bumi besar sekitar tanggal 2011-11-22. Pada tahun 2012 terjadi pasang yang tinggi yang dipengaruhi magnitudo gempa bumi besar pada tanggal 2012-10-03. Sedangkan pada tahun 2013 pasang yang tertinggi dengan magnitudo gempa bumi besar terjadi pada tanggal 2013-02-06 dan 2013-09-07. Pada tahun 2014 pasang tertinggi dipengaruhi magnitudo gempa bumi besar pada tanggal 2014-12-02. Sedangkan pada tahun 2015 pasang tertinggi yang dipengaruhi magnitudo gempa bumi besar pada tanggal 2015-10-26. Pada tahun 2016 pasang tertinggi yang dipengaruhi magnitudo gempa bumi besar terjadi pada tanggal 2016-08-24. Sedangkan pada tahun 2017 terjadi pasang tertinggi yang dipengaruhi magnitudo gempa bumi besar pada tanggal 2017-12-17. Sedangkan pada tahun 2018 pasang tertinggi yang dipengaruhi magnitudo gempa bumi besar terjadi pada tanggal 21/04/2018. Pada tahun 2019 pasang tertinggi yang dipengaruhi magnitudo gempa bumi besar terjadi pada tanggal 02/02/2019.

Kondisi pasang surut dengan waktu kejadian gempa bumi yang dipengaruhi magnitudo gempa bumi di Sumatera Barat berdasarkan hasil yang didapatkan yaitu kondisi pasang maksimum yang diidentifikasi setiap tahun 2009-2019 terdiri dari beberapa kondisi pasang dan surut yang dipengaruhi magnitudo gempa bumi. Kondisi pasang surut yang tertinggi terjadi yaitu pada tahun 2009 dan 2010, dimana pada tahun 2009 sama 2010 terjadi pasang maksimum yang tertinggi. Selain itu pada tahun 2011, 2016 dengan 2018 juga memiliki kondisi pasang maksimum yang tinggi.

b. Hubungan Pasang dengan Magnitudo Gempa Bumi Sumatera Barat pada tahun 2009.



Gambar 7. Grafik Pasang Maksimum dengan Magnitudo Gempa Bumi Sumatera Barat pada tahun 2009.

Berdasarkan Gambar 7 menjelaskan bahwa dari siklus terjadi pasang maksimum dengan waktu kejadian gempa Sumatera Barat bumi yang terjadi pada tahun 2009. Menunjukkan bahwa magnitudo gempa bumi pada pasang dengan ketinggian yang maksimum yang memiliki magnitudo gempa bumi sebesar 7,6 SR. dengan waktu kejadian gempa pada tanggal 2009-09-30 terjadi di lepas pantai Sumatera Barat pada pukul 17:16:10 dengan kedalaman 79 berada pada Kepulauan Mentawai. Pengaruh pasang terhadap magnitudo gempa bumi yang terjadi pada tahun 2009 mendapatkan hubungan ketinggian pasang disebabkan oleh aktivitas yang terjadi diatas permukaan laut.tahun 2009 aktivitas gempa telah memicu pergerakan sesar (patahan) aktif tersebut diidentifikasi membentuk garis lurus dimulai dari pusat gempa bumi dari garis pantai. Dengan koefisien determinasi sebesar 5,38 %.

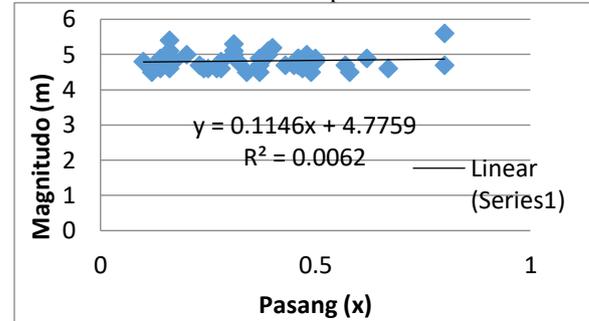
Tabel 1. Nilai Pasang Maksimum dengan Waktu Kejadian Gempa Bumi Sumatera Barat.

N o	Periode pasang	Tangga l pasang	Jumlah pasang	Ketinggian pasang maksimum
1.	Pasang maksimum	2009-01-24 2009-02-26	3 kali	0.42 m
2.	Pasang maksimum	2009-05-25	1 kali	0.67 m
3.	Pasang maksimum	2009-07-02 2009-09-30	44 kali	0.45 m
4.	Pasang maksimum	2009-10-05 2009-12-24	12 kali	0.67 m

Berdasarkan Tabel 1 nilai pasang maksimum dengan waktu kejadian gempa bumi.Dimana nilai pasang maksimum yang terjadi pada tahun 2009 terdapat 4 kali siklus pasang dalam setahun. Dapat

dilihat dari hasil pasang maksimum pada bulan awal terjadi 3 kali, bulan penuh 1 kali sedangkan seperempat awal terjadi 44 kali dan seperempat akhir terjadi 12 kali.

c. Hubungan Pasang dengan Magnitudo Gempa Bumi Sumatera Barat pada tahun 2010.



Gambar 8.Grafik Hubungan Pasang Maksimum dengan Magnitudo Gempa Bumi Sumatera Barat pada tahun 2010.

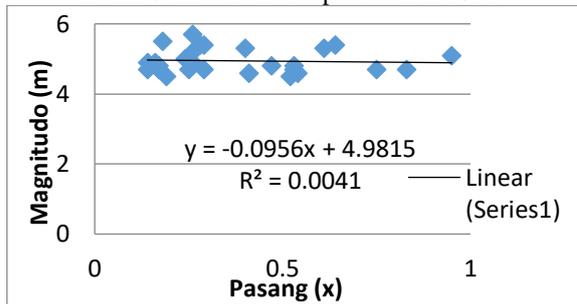
Berdasarkan Gambar 8 menjelaskan bahwa siklus pasang dengan magnitudo gempa bumi pada tahun 2010 yang di pengaruhi oleh ketinggian pasang maksimum yang mana magnitudo gempa yang besar yaitu 5,6 SR. Di identifikasi pasang tertinggi dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi karena membentuk garis lurus pada permukaan bumi. Dengan Koefisien Determinasi sebesar 0,62 %.

Tabel 2. Nilai Pasang Maksimum dengan Waktu Kejadian Gempa Bumi Sumatera Barat.

N o.	Periode pasang	Tangga l pasang	Jumlah pasang	Ketinggian pasang maksimum
1.	Pasang maksimum	2010-01-12 2010-03-31	7 kali	0.43 m
2.	Pasang maksimum	2010-04-02 2010-06-30	10 kali	0.73 m
3.	Pasang maksimum	2010-07-12 2010-09-19	6 kali	0.71 m
4.	Pasang maksimum	2010-10-18 2010-12-29	28 kali	0.62 m

Berdasarkan Tabel 2 nilai pasang maksimum dengan waktu kejadian gempa bumi.Dimana nilai pasang maksimum yang terjadi pada tahun 2010 terdapat 4 kali siklus pasang dalam setahun. Dapat dilihat dari hasil pasang maksimum pada bulan awal terjadi 10 kali, bulan penuh 10 kali sedangkan seperempat awal terjadi 6 kali dan seperempat akhir terjadi 28 kali.

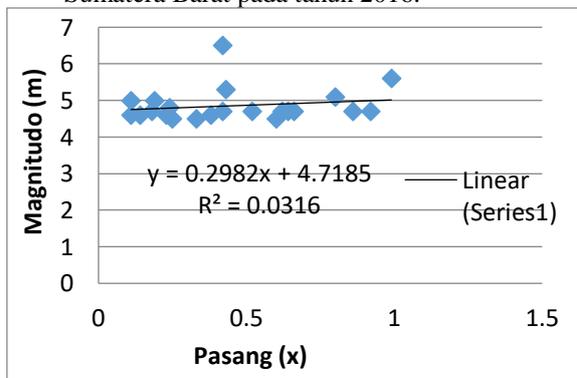
d. Hubungan Pasang dengan Magnitudo Gempa Bumi Sumatera Barat pada tahun 2011.



Gambar 9. Grafik Hubungan Pasang Maksimum dengan Magnitudo Gempa Bumi Sumatera Barat pada tahun 2011.

Berdasarkan Gambar 9. menjelaskan bahwa hubungan pasang dengan magnitudo gempa bumi Sumatera Barat. Dapat terlihat jelas pada siklus pasang pada tahun 2011 sebuah garis lurus dengan menentukan kemiringan garis untuk ketinggian pasang dipengaruhi oleh magnitudo yaitu pada tanggal 2011-11-22 pada jam 16:45:18.6 dengan magnitudo gempa bumi sebesar 5,1 berada pada kedalaman 41 km dipermukaan laut. Berdasarkan identifikasi pergeseran lempeng yang tidak aktif yang membentuk garis tegak lurus tidak dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi. Hubungan ketinggian pasang dengan magnitudo gempa bumi sebesar 0,41 %.

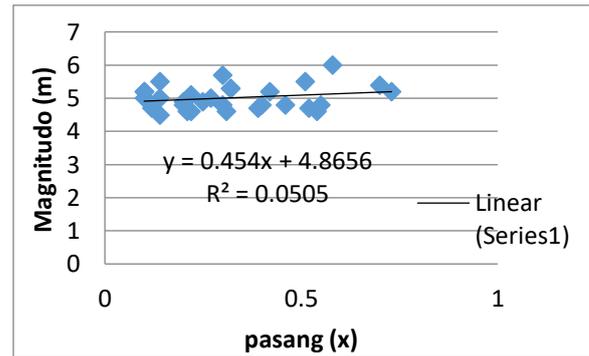
e. Data Pasang dengan Magnitudo Gempa Bumi Sumatera Barat pada tahun 2016.



Gambar 10. Grafik Hubungan Pasang dengan Magnitudo Gempa Bumi Sumatera Barat pada tahun 2016.

Berdasarkan Gambar 10 grafik hubungan pasang dengan magnitudo gempa bumi Sumatera Barat dapat dijelaskan terjadi 22 kejadian gempa bumi. Pasang tertinggi terjadi pada tanggal 2016-08-24 terjadi di kedalaman 25 km dapat dipengaruhi oleh aktivitas di atas permukaan laut. Dari kemiringan garis hubungan pasang dengan magnitudo gempa bumi. Pada saat terjadi pasang magnitudo yang didapat terjadi peningkatan. Memiliki hubungan pasang dengan magnitudo gempa bumi sebesar 3,16%.

f. Data Pasang dengan Magnitudo Gempa Bumi Sumatera Barat pada tahun 2018.



Gambar 11. Grafik Hubungan Pasang Maksimum dengan Magnitudo Gempa Bumi Sumatera Barat pada tahun 2018.

Berdasarkan Gambar 11 hubungan pasang dengan magnitudo gempa bumi Sumatera Barat dapat dijelaskan bahwa pasang berbanding lurus dengan magnitudo gempa bumi. Pada saat pasang dengan peningkatan magnitudo gempa bumi. Hubungan pasang dengan magnitudo gempa bumi Sumatera Barat dapat dijelaskan bahwa pasang berbanding lurus dengan magnitudo gempa bumi. Hubungan pasang dengan magnitudo gempa bumi sebesar 5,05%.

Pembahasan

Berdasarkan kondisi pasang surut dengan magnitudo gempa bumi Sumatera Barat periode 2009-2019 menunjukkan bahwa waktu terjadi gempa bumi Sumatera Barat dengan dipengaruhi pasang surut di ketinggian permukaan air laut. Kondisi pasang surut diperkirakan karena pengaruh dari magnitudo gempa bumi dengan adanya aktivitas tektonik. Pasang surut yang dipengaruhi magnitudo gempa bumi yang terjadi didominasi terjadi di daerah mentawai, hal ini dikarenakan mentawai berada disekitaran zona Subduksi dimana lempeng Indo-Australia menunjat ke bagian bawah lempeng Benua Eurasia.

Kondisi pasang surut dengan waktu kejadian gempa bumi yang dipengaruhi magnitudo gempa bumi Sumatera Barat berdasarkan hasil yang didapatkan yaitu kondisi pasang maksimum yang diidentifikasi setiap tahun 2009-2019 terdiri dari beberapa kondisi pasang dan surut yang dipengaruhi magnitudo gempa bumi. Kondisi pasang surut yang tertinggi terjadi yaitu pada tahun 2009 dan 2010, dimana pada tahun 2009 sama 2010 terjadi pasang maksimum yang tertinggi. Selain itu pada tahun 2011, 2016 dengan 2018 jugamemiliki kondisi pasang yang tinggi.

Kondisi pasang surut dengan waktu kejadian gempa bumi yang dipengaruhi magnitudo gempa bumi memiliki kondisi yang berbeda-beda, pada tahun 2009 terjadi pasang maksimum sedangkan pada tahun 2010-2011 terjadi peningkatan pasang, pada tahun 2012-2016 terjadi penurunan pasang yang sangat panjang dan lama. Sedangkan pada tahun 2018

terjadi peningkatan pasang yang memiliki kondisi pasang maksimum sedangkan pada tahun 2019 nampak garis pasang menjadi menurun yang sangat rendah.

Gempa bumi berkekuatan magnitudo sebesar 7,6 SR, memiliki episenter 0.730 LS-99.860 BT, kedalaman 71 km yang terjadi pada bulan September 2009. Pusat gempa bumi tersebut terletak di laut sekitar 70 km dari kota Padang. Diperoleh bahwa pada bulan September 2009 memiliki hubungan pada ketinggian pasang dengan waktu kejadian gempa bumi yang dipengaruhi oleh magnitudo gempa yang disebabkan oleh aktivitas dari permukaan laut. Sedangkan pada tahun 2010 gempa bumi berkekuatan magnitudo 5,6 SR, memiliki episenter 3,48 LS-100,1 BT dengan kedalaman 10 km, telah menguncang kepulauan Mentawai pada bulan Oktober 2010 (25 Oktober 2010) yang menyebabkan terjadi tsunami. Pusat gempa bumi terletak di laut sekitar 358 km dari stasiun Kototabang. Gempa bumi Mentawai 2010 memiliki jarak yang berbeda dengan gempa bumi Padang 2009, walaupun menghasilkan magnitudo yang hampir sama.

Kondisi pasang surut yang dipengaruhi magnitudo gempa bumi di Sumatera Barat dengan menggunakan regresi linier sederhana. Berdasarkan parameter dari kondisi pasang surut dengan waktu kejadian gempa bumi yang dipengaruhi magnitudo gempa bumi yang didapatkan, maka dapat dihitung formula yang menyatakan hubungan antara pasang surut (X) dengan magnitudo gempa bumi (Y). Hubungan antara rata-rata pasang surut terhadap magnitudo gempa bumi. Serta hubungan antara pasang surut maksimum dengan waktu kejadian gempa bumi yang diakibatkan oleh magnitudo gempa bumi yang dapat dihitung menggunakan metode regresi linier sederhana sesuai Gambar 6 yang memperlihatkan hasil hubungan pasang surut dengan magnitudo gempa bumi dapat ditentukan jika rata-rata pasang surut dengan magnitudo gempa bumi terbesar dan waktu peningkatan pasang diketahui.

Berdasarkan grafik pada Gambar 6 yang didapatkan hubungan pasang dengan magnitudo gempa bumi periode tahun 2009 maka didapatkan hasil pada persamaan 1 yaitu regresi linier sederhana yang memperlihatkan estimasi besarnya hubungan magnitudo gempa bumi yang mempengaruhi pasang yang tinggi diketahui. Besarnya magnitudo yang dapat dihitung jika kondisi pasang pada waktu kejadian gempa bumi peningkatan yang tinggi. Kondisi yang terjadi setelah peningkatan pasang maksimum dengan waktu kejadian gempa bumi yang dipengaruhi oleh magnitudo gempa bumi. Menurut Kristian Nugroho (2011) mengatakan bahwasanya kondisi pasang sebagai pemicu gempa analisis yang dilakukan dengan menghitung sudut fase pasang surut pada saat terjadinya gempa bumi. Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa 87%

gempa-gempa yang menjadi objek penelitian terjadi pada saat gaya pasang surutnya maksimum^[7]. Hal ini memperkuat indikasi bahwa gaya pasang surut dapat memicu terjadinya gempa bumi. Pergerakan deformasi di dasar laut diikuti pergeseran permukaan air laut yang mengikuti deformasi bidang sesar. Pergerakan naik ditunjukkan nilai maksimum sedangkan untuk nilai minimum ditunjukkan pergerakan turun. Pergerakan naik dan turun dengan cepat sebagai respon dari gempa bumi yang menyebabkan naik turun air laut^[8]. Kondisi pasang yang dengan waktu kejadian gempa bumi yang dipengaruhi oleh magnitudo gempa di Sumatera Barat pada periode 2009-2019 terdapat beberapa gempa bumi yang memiliki magnitudo yang besar. Gempa bumi yang terjadi di Sumatera Barat pada periode 2009-2019 diantaranya yaitu pada tahun 2009, 2010, 2011. Berdasarkan beberapa gempa yang terjadi tersebut didapatkan hubungan yang ditampilkan pada Gambar 7 dan grafik hubungan tersebut didapatkan formula regresi tentang hubungan pasang dengan magnitudo gempa bumi Sumatera Barat. Dapat dijelaskan dari hasil yang di dapat menggunakan persamaan regresi linier sederhana yaitu $y = -0.6783 + 5,3027R^2 = 0.0538$

Pengaruh yang didapatkan pasang maksimum yang mempengaruhi magnitudo terjadi sesudah ketinggian pasang maka massa yang didapatkan dengan jarak terjadi waktu kejadian gempa bumi dengan pasang yang maksimum. Hubungan yang didapatkan yaitu segaris dengan bulan yang dipengaruhi oleh gravitasi bumi yang memiliki nilai hubungan sebesar 5,38 %.

Berdasarkan gempa yang terjadi pada tahun 2010 yang terjadi pada tanggal 25 Oktober 2010 pada pukul 14:42:21 WIB menunjukkan bahwa hubungan pasang dengan magnitudo gempa bumi dapat mempengaruhi pasang tertinggi dengan magnitudo gempa menghasilkan persamaan regresi linier sederhana $Y = -0,1146x + 4,7759$ $R^2 = 0,0062$ didapatkan yang mempunyai pengaruh lebih besar dalam sumber gempa bumi yaitu deformasi yang terjadi di dasar laut. Pergerakan deformasi kerak samudera di dasar laut diikuti pergeseran permukaan air laut yang mengikuti deformasi. Pergerakan naik ditunjukkan dengan nilai maksimum sebagai respon dari gempa bumi yang menyebabkan naik permukaan air laut. Dari hasil yang didapatkan hubungan pasang yang maksimum dengan magnitudo yang mempengaruhi memperlihatkan ketinggian pasang berada di kepulauan Mentawai yang dipengaruhi pasang surut di permukaan air laut diakibatkan oleh gaya gravitasi bumi. Hubungan yang didapatkan sebesar 6,2 %.

Berdasarkan gambar yang menjelaskan bahwa hubungan pasang dengan magnitudo gempa bumi pada tahun 2011 mendapatkan pasang maksimum karena di pengaruh oleh gaya gravitasi sumber gempa bumi terhadap pasang surut yang didapat dari

persamaan regresi $y = -0,0956x + 4,9815$ $R^2 = 0,0041$ menjelaskan bahwa pasang yang didapatkan dengan selang waktu ketinggian pasang dengan magnitudo yang didapatkan. Mendapatkan hasil yang mempengaruhi hubungan pasang dengan magnitudo gempa bumi sebesar 0,41 %..

Berdasarkan hubungan pasang maksimum dengan magnitudo gempa bumi pada tahun 2016 diperkirakan ada pengaruh pasang dengan magnitudo gempa bumi yang mempengaruhi kondisi pasang maksimum pada hari terjadinya gempa bumi akibat gempa bumi yang bersumber di muara siberut tercatat adanya perubahan dari pasang surut karena gempa bumi. Hubungan yang didapatkan sebesar 3,1 % yang didapatkan dari pasang gaya gravitasi oleh magnitudo gempa bumi.

Berdasarkan hubungan pasang dengan magnitudo gempa bumi periode 2018 memperlihatkan hasil yang dari persamaan regresi linier yaitu $y = 0,454x + 4,8656$ $R^2 = 0,0505$ menjelaskan hubungan pasang dengan magnitudo gempa bumi yang dipengaruhi oleh gravitasi bumi pada ketinggian permukaan laut dengan magnitudo gempa. Pengaruh dari hubungan yang didapatkan sebesar 5,05 % Hubungan terdapat dari peningkatan ketinggian pasang di atas permukaan air laut.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kondisi pasang surut dengan waktu kejadian gempa bumi Sumatera Barat maka dapat diambil kesimpulan Kondisi pasang surut dengan waktu kejadian gempa Sumatera Barat yaitu dengan adanya pasang surut dan gempa bumi menggunakan magnitudo besar, peningkatan pasang surut maksimum dan minimum , dan selanjutnya melihat hubungan pasang surut didapatkan Peningkatan pasang pada periode 2009 terdapat 5,38 % hubungan pasang dengan magnitudo gempa bumi semakin kuat. Sedangkan tahun 2010 terdapat tanggal 2010-10-25 memiliki 0,62% tingkat hubungan pasang dengan magnitudo gempa bumi semakin kuat juga dipengaruhi oleh gravitasi bumi. Pada tahun 2011 terdapat pada tanggal 2011-08-04 memiliki hubungan pasang dengan magnitudo gempa bumi sebesar 0,41 % . Sedangkan periode 2016 terdapat pada tanggal 2016-06-01 memiliki 3,16 % hubungan pasang dengan magnitudo gempa. Pada periode 2018 terdapat pada tanggal 21/04/2018 memiliki 5,05 % hubungan yang didapatkan semakin kuat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Duxbury, A. B., Sverdrup, K. A. 2002. *Fundamentals of Oceanography*. McGraw Hill Companies, New York.
- [2] Dwiridal Letmi, 2012. *Analisis Parameter Elastisitas Batuan Dengan Metoda Wadati Untuk Data Gempabumi 1995-2005*. Jurnal Eksakta Volume 1 Tahun XIII, Februari 2012 Universitas Negeri Padang, ISSN 1411-3724.
- [3] Douglas, R.M. 2001. *Physical Oceanography* Department of Geophysical Science. University of Chicago, Illinois.
- [4] Triatmodjo, Bambang., 1999. *Teknik Pantai*. Beta offset. Yogyakarta.
- [5] Edwiza, Daz. 2008. *Analisis Terhadap Intensitas dan Percepatan Tanah Maksimum Gempa Sumbar*. No 29 Vol. 1 Thn. XV April 2008.
- [6] Walpole, R. E. (1992). *Pengantar Statistika* (3rd Editio). PT. Gramedia Pustaka Utama.
- [7] Kristian Nugroho and Wiwit Suryanto. 2011. *Studi Awal Pengaruh Gaya Pasang Surut Sebagai Pemicu Gempabumi: Studi Kasus Gempabumi $M > 6,4$ Di Indonesia Antara tahun 2001-2010*. Fakultas MIPA. University Negeri Yogyakarta. 14 mei 2011.
- [8] Afnimar. 2009. *Seismologi*. Bandung: ITB.