

## Analisis Pasang Surut, Gelombang, dan Swell pada saat Kejadian Banjir Pesisir di Padang Tanggal 9 Juni 2016

Ikhsan Dafitra<sup>1,2</sup>, Immanuel Jhonson A. Saragih<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

<sup>2</sup>Stasiun Meteorologi Maritim Belawan, Medan

<sup>3</sup>Stasiun Meteorologi Kualanamu, Deli Serdang

\*email: immanuel.saragih@bmet.go.id

### ABSTRAK

Padang adalah salah satu wilayah yang rentan terjadi banjir pesisir karena letaknya berbatasan dengan Samudera Hindia. Banjir pesisir diakibatkan oleh pasang-surut air laut, gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan *swell* yang saling berinteraksi satu sama lain. Kajian ini dilakukan untuk menganalisis ketiga fenomena kelautan tersebut pada saat kejadian banjir pesisir di Padang pada tanggal 9 Juni 2016. Data yang digunakan diantaranya data pasang surut dari Badan Informasi Geospasial (BIG), data gelombang signifikan dan data *swell* hasil pengolahan dari model Wavewatch-III, dan data tinggi muka laut dari satelit Altimetri JASON-2. Hasil kajian menunjukkan bahwa pasang maksimum pada tahun 2016 terjadi pada tanggal 9 Juni 2016 dengan nilai 1,819 meter. Terdapat pergeseran puncak pasang tertinggi sekitar 3-4 hari terhadap posisi *spring tide*. Analisis gelombang pada tanggal 9 Juni 2016 menunjukkan bahwa gelombang signifikan mencapai 0,982 meter dan *swell* mencapai 0,722 meter. Hasil verifikasi pasang surut dari satelit JASON-2 dengan data observasi harian pasang surut BIG menunjukkan nilai kesesuaian (korelasi) dan nilai eror (RMSE) yang cukup baik, namun data satelit JASON-2 cenderung over-estimate.

**Kata kunci** : pasang-surut, gelombang laut, Wavewatch-III

### PENDAHULUAN

Benua Maritim Indonesia yang memiliki total garis pantai lebih dari 80.000 km menghadapi masalah dan kerentanan lingkungan (Marfai, dkk, 2008). Berbagai daerah di Indonesia banyak mengalami genangan air di pesisir atau banjir rob yang diakibatkan oleh pasang air laut, salah satunya adalah Padang. Padang adalah ibukota dari provinsi Sumatera Barat yang merupakan kota terbesar di pesisir barat Pulau Sumatera, salah satu penggerak ekonomi di Provinsi Sumatera Barat. Secara topografi, wilayah Padang terdiri dari daratan dan pesisir yang saling berinteraksi dengan struktur tanah yang landai. Kondisi topografi ini menyebabkan tingginya potensi terkena bencana banjir rob (Kurniawan, dkk, 2011., Kurniawan, dkk, 2012).

Menurut Bakti (Bakti, L. M, 2010) banjir pesisir atau pasang surut disebabkan oleh naiknya atau meluapnya air laut yang membuat daratan menjadi tergenang ketika kejadian pasang. Penyebab utama banjir ini disebabkan

oleh pasang surut. Banjir rob ini hampir tiap tahun terjadi, baik musim hujan maupun musim kemarau. Sehingga ditarik kesimpulan bahwa curah hujan bukanlah menjadi satu-satunya faktor penentu penyebab banjir pesisir atau rob (Karana, dkk, 2011).

Pada tanggal 9 Juni 2016 terjadi banjir rob di Padang. Menurut informasi dari Stasiun Maritim Teluk Bayur BMKG - Padang dijelaskan bahwa pada bulan Juni 2016 telah menghimbau masyarakat untuk waspada terhadap fenomena banjir rob di Padang karena tinggi gelombang di pantai barat Sumatera cukup tinggi, mencapai 4-6 meter dengan kecepatan angin mencapai 15-17 knot.

Penelitian mengenai banjir rob atau banjir pasang surut telah banyak diteliti oleh peneliti sebelumnya, berbagai metode dan model yang dilakukan untuk menganalisis tentang kejadian banjir pesisir ini dengan lokasi yang berbeda-beda. Syah (Syah, A.F. 2010) dalam penelitiannya terkait penyebab naiknya tinggi muka laut di Pesisir Kabupaten Bangkalan Madura menggunakan data satelit altimeter

tahun 1993-2009 untuk melihat anomali tinggi muka laut pada tahun tersebut. Visualisasi data dengan data DEM (*Digital Elevation Model*) Aster dari perangkat lunak Arcgis menunjukkan bahwa pemanasan global dan pergerakan bulan sangat berpengaruh pada naiknya tinggi muka laut yang mengakibatkan naiknya air laut ke permukaan yang menyebabkan genangan di wilayah pesisir Bangkalan.

Gayathri dkk (Gayathri, dkk, 2015) melakukan penelitian untuk mengetahui tinggi air maksimum dan genangan air yang parah akibat dari siklon tropis AILA pada tahun 2009 dengan menggunakan model ADCIRC (*The ADvanced CIRCulation model*) mutakhir. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa model komputasi ADCIRC menyebabkan waktu gelombang puncak tertunda, amplitude relatif menurun dan lokasi jauh dari daratan.

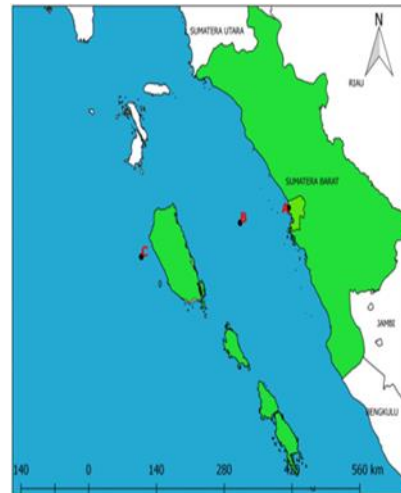
Biantara (Biantara, M., 2016) melakukan penelitian untuk mengetahui penyebab utama, memetakan wilayah rentan, serta memprediksi wilayah rentan banjir pesisir di wilayah Jakarta Utara dengan menggunakan data observasi langsung dan citra satelit. Disimpulkan bahwa penyebab utama banjir pasang atau banjir pesisir adalah pasang surut air laut yang ketinggiannya diatas rata-rata, curah hujan yang tinggi serta ketinggian daratan yang berada di bawah permukaan laut.

Menurut Mihardja dkk (Mihardja, D.K., dkk, 1989), pasang surut adalah perubahan gerak relatif dari benda-benda di angkasa seperti matahari dan bulan serta benda-benda lainnya yang diakibatkan oleh gaya gravitasi di luar benda itu berada. Pasang surut dikaitkan dengan fluktuasi air laut secara periodik yang diakibatkan oleh gaya tarik dari matahari dan bulan terhadap massa air di bumi (Pariwono, J.I., 1989).

Kajian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi pasang surut dan tinggi muka laut pada saat kejadian banjir pesisir di Padang tanggal 9 Juni 2016. Selain itu juga akan dilihat penalaran dan tinggi gelombang dan *swell* pada saat kejadian banjir pesisir. Informasi tersebut diharapkan dapat dijadikan acuan dalam mengantisipasi kejadian banjir pesisir pada waktu yang akan datang sehingga masyarakat dapat lebih waspada dan siaga dalam menghadapi kejadian banjir pesisir di Padang

## METODE

Kajian ini dilakukan menggunakan metode jenis analitik, yaitu dengan membahas dan menganalisis kejadian banjir pesisir berdasarkan parameter oseanografi. Kajian dilakukan pada titik B dengan koordinat 100,36°BT -0,95°LS (Gambar 1).



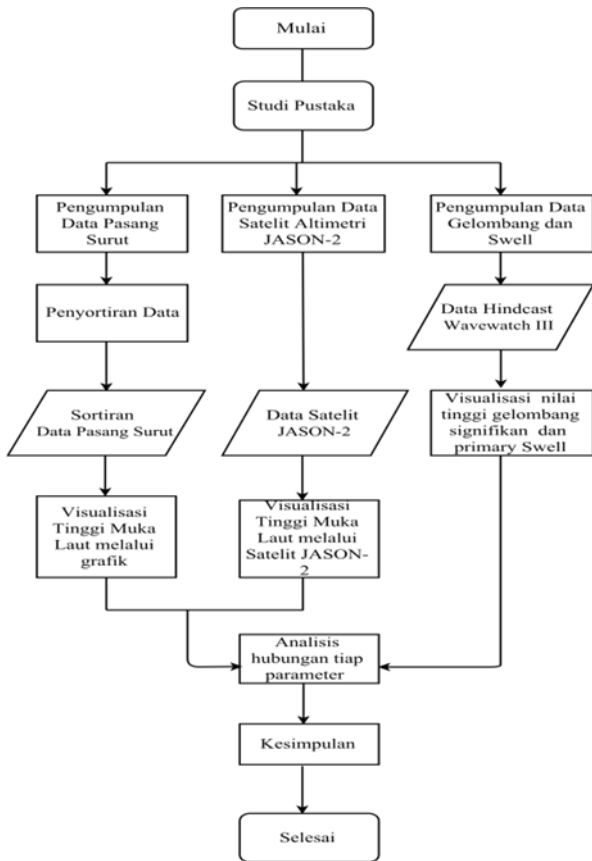
**Gambar 1.** Peta lokasi penelitian; titik A = daratan Padang, titik B = titik penelitian, titik C = perairan Mentawai

Waktu kasus yang diteliti adalah kejadian banjir pesisir pada tanggal 9 Juni 2016. Data yang digunakan dalam kajian ini antara lain:

1. Data *hincast* (data keluaran model) Wavewatch-III dari BMKG OFS (*Observing Forecast System*) dengan resolusi 0,0625° ( $\pm 7$  km)
2. Data pasang surut dari BIG
3. Data *sea level rise* (tinggi muka laut) dari satelit Altimetri JASON-2 bulan Juni 2016 yang diperoleh dari halaman web <http://marine.copernicus.eu>

Dalam kajian ini dilakukan penyortiran data pasang surut menggunakan sensor encoder yang merupakan alat pengukur pasang surut dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Data tersebut disortir per 6-menit selama waktu penelitian. Dan selanjutnya, tinggi muka laut dari satelit altimetri JASON-2 harus dalam bentuk file .nc untuk ditampilkan di software grads dengan menyamakan titik koordinat lokasinya.

Berikut ini diagram alir penelitian yang dilakukan dalam kajian ini (Gambar 2).

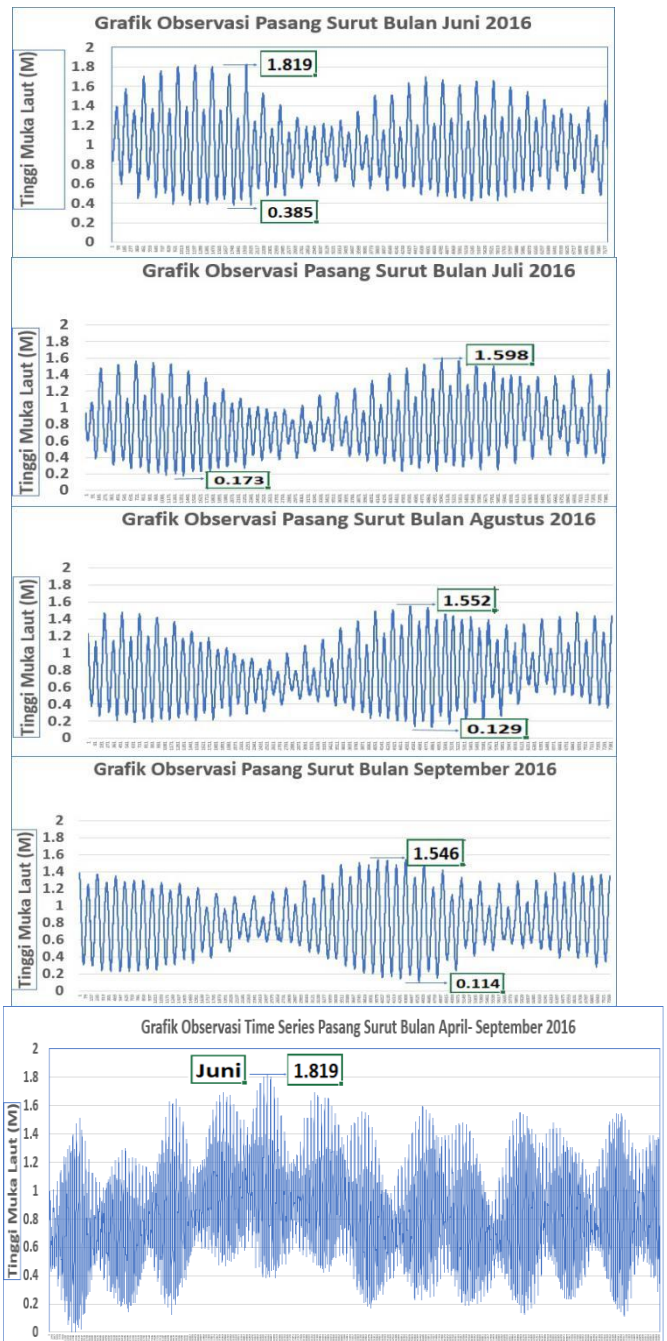
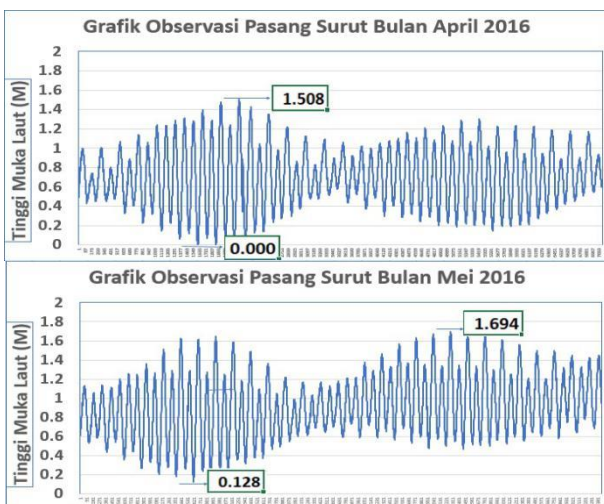


Gambar 3. Diagram alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Pasang Surut dan Tinggi Muka Laut Observasi

Pengolahan data dan penyortiran data pasang surut observasi per 6 menit, yang menggunakan sensor *encoder* yang merupakan alat pengukur pasang surut dari BIG di Padang, menghasilkan grafik pasang surut dan nilai dari tinggi muka laut yang ditunjukkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Pasang surut bulan April – September 2016 (Sumber Data: BIG)

Pada bulan April terdapat pasang tertinggi yang terjadi pada tanggal 4 jam 01.34 UTC sebesar 1,508 meter dan surut terendah yang terjadi pada tanggal 4 jam 17.58 UTC sebesar 0,00 meter. Pada bulan Mei terdapat pasang tertinggi sebesar 1,694 meter pada tanggal 23 jam 00.23 UTC dan surut terendah yang terjadi pada tanggal 7 jam 17.40 UTC sebesar 0,128 meter. Pada bulan Juni terdapat pasang tertinggi yang terjadi pada tanggal 9 jam 02.17 UTC sebesar 1,819 meter dan surut terendah sebesar 0,385 meter pada tanggal 9 jam 09.35 UTC. Pasang tertinggi pada bulan Juli sebesar 1,598 meter pada tanggal 22 jam 01.35 UTC

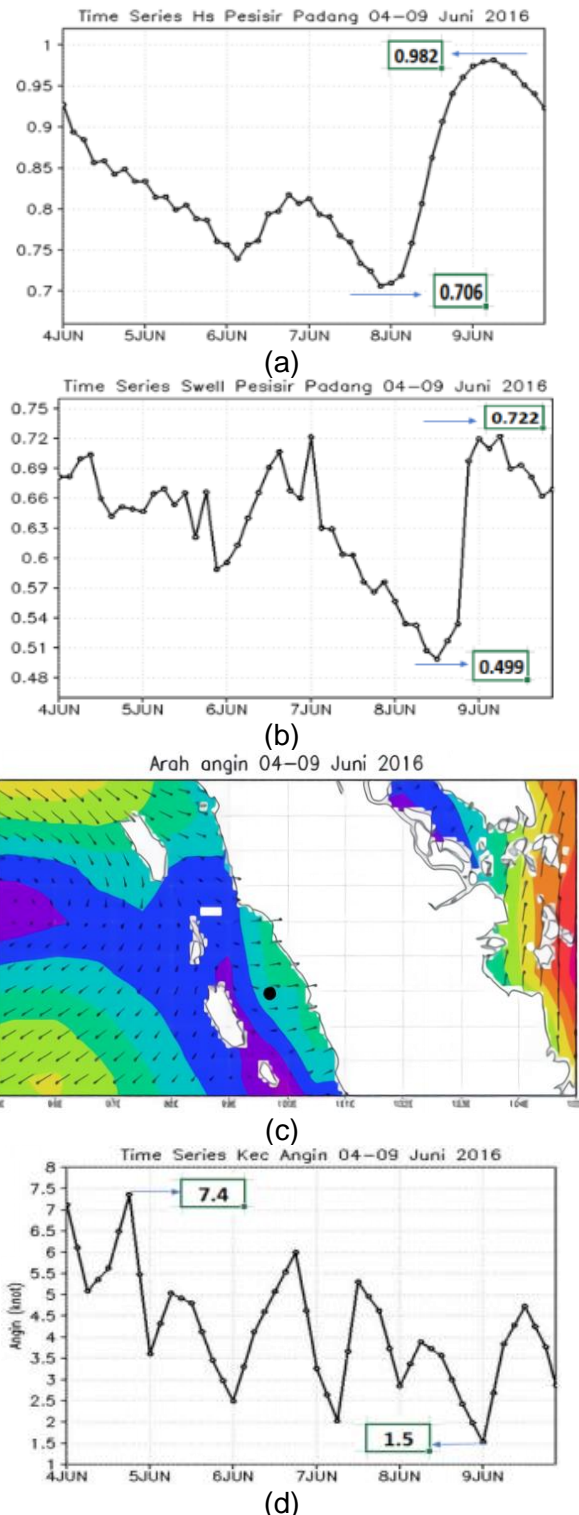
dan surut terendah pada tanggal 6 jam 18.41 UTC sebesar 0,173 meter. Pada bulan Agustus, pasang tertinggi terjadi pada tanggal 20 jam 00.46 UTC sebesar 1,552 meter dan surut terendah sebesar 0,129 meter pada tanggal 21 jam 07.41 UTC. Pada bulan September pada tanggal 19 jam 13.46 UTC terjadi pasang tertinggi sebesar 1,546 meter dan surut terendah sebesar 0,114 meter pada tanggal 20 jam 07.23 UTC.

Gaya gravitasi ini mengakibatkan naiknya air laut serta menghasilkan peristiwa pasang surut. Berkaitan dengan kejadian banjir pesisir bulan Juni, dimana pada tanggal 5 Juni 2016 merupakan fase bulan baru. Fase bulan baru itu terjadi pada saat bulan berada dalam satu garis lurus di antara matahari dan bumi atau yang disebut dengan *spring tide*, sehingga bulan menutupi cahaya matahari. Pada saat itu posisi bulan mencapai jarak terdekatnya dengan bumi atau yang disebut dengan perigee.

Kemudian akibat gaya gravitasi yang kuat antara pusat bulan dengan pusat bumi pada saat itu akan menghasilkan pasang yang tinggi di lautan. Jika dilihat pada hasil analisis, didapatkan bahwa peristiwa pasang tertinggi terdapat pada tanggal 9 Juni 2016. Jika dibandingkan dengan posisi bulan baru yang terjadi pada tanggal 5 Juni 2016 terlihat adanya pergeseran puncak pasang tertinggi sekitar 3-4 hari. Dengan demikian, pendapat dari Pariwono (1989) terbukti bahwa pasang surut tertinggi terjadi pada saat periode *spring tide* atau bumi, bulan dan matahari berada dalam satu garis lurus dari faktor astronomi. Diketahui bahwa *Mean Sea Level* (MSL) di Padang pada saat itu adalah adalah 1,2 meter.

**Analisis Tinggi Gelombang Signifikan, Swell dan Angin Permukaan**

Pada bulan Juni 2016, terjadi peningkatan nilai gelombang signifikan yaitu pada tanggal 9 Juni sebesar 0,982 meter jam 06 UTC dan gelombang signifikan terendah terdapat pada tanggal 7 Juni sebesar 0,706 meter jam 21 UTC (Gambar 5a). Kondisi swell tertinggi terdapat pada tanggal 9 Juni jam 06 UTC sebesar 0,722 meter dan swell terendah pada tanggal 8 Juni jam 12 UTC sebesar 0,499 meter (Gambar 5b).



**Gambar 5.** Kondisi tinggi (a) gelombang signifikan, (b) swell serta (c) arah dan (d) kecepatan angin pada tanggal 4 - 9 Juni 2016

Analisis angin permukaan (yang ditunjukkan oleh titik hitam pada Gambar 5c merupakan letak pesisir Padang) menunjukkan bahwa angin permukaan bergerak dari barat ke timur (Gambar 5d). Kondisi arah angin ini sangat mendukung untuk membangkitkan gelombang dan swell menuju ke arah pesisir

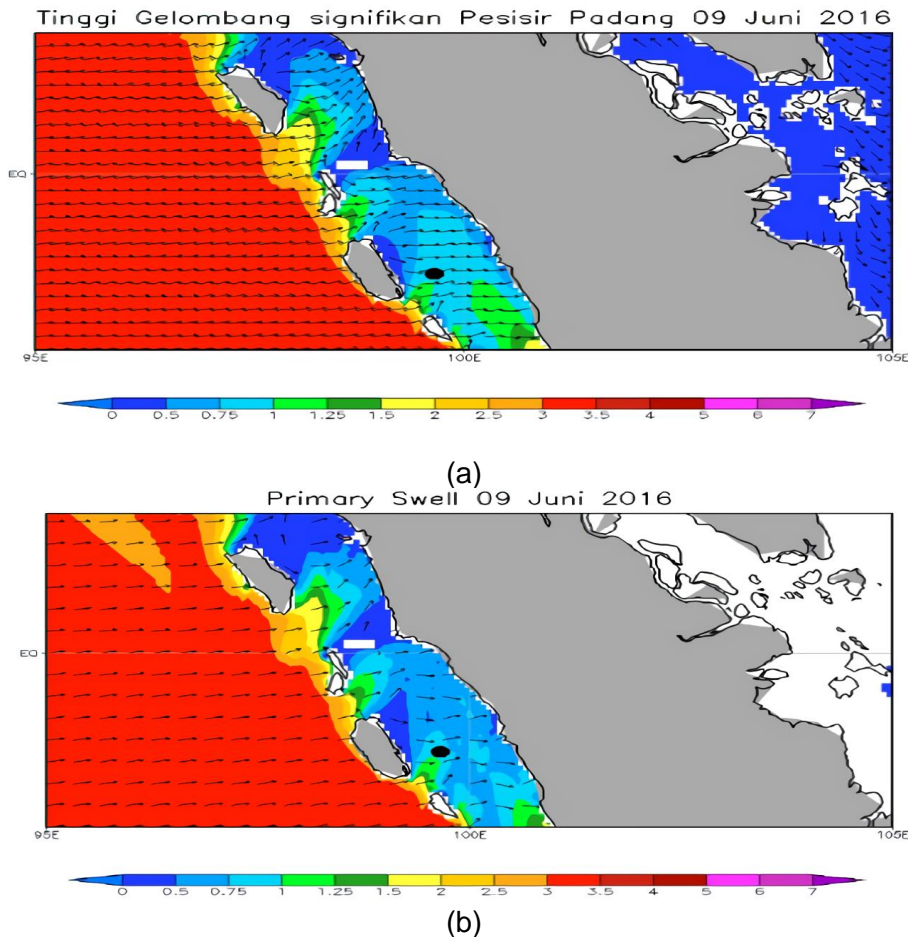


Padang, meskipun relatif tidak terlalu signifikan. Kecepatan angin tertinggi terdapat pada tanggal 4 Juni jam 18 UTC sebesar 7,4 knot, sedangkan kecepatan angin terendah terdapat pada tanggal 9 Juni jam 00 UTC sebesar 1,5 knot.

Posisi bulan berpengaruh terhadap kondisi pasang surut yang menyebabkan tinggi muka laut yang tinggi atau yang disebut

dengan peristiwa *spring tide*, sehingga hal ini bersuperposisi pada gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan *swell* yang tinggi. Kondisi tinggi muka laut yang tinggi juga memicu gelombang dan *swell* yang tinggi.

Gambar 6 berikut menunjukkan tinggi gelombang signifikan dan *primary swell* pada saat kejadian banjir pesisir di Padang tanggal 9 Juni 2016.



**Gambar 6.** Peta gelombang laut pada saat kejadian banjir rob di Padang tanggal 9 Juni 2016

Peta kondisi gelombang laut pada saat kejadian banjir rob di Padang tanggal 9 Juni 2020 (Gambar 6) memperlihatkan perbedaan gelombang signifikan dan *swell* antara perairan barat Sumatera dengan pesisir Padang yang ditunjukkan oleh titik hitam pada Gambar 6. Di perairan barat Sumatera, yang merupakan perairan terbuka berhadapan langsung dengan Samudera Hindia, terlihat ketinggian gelombang dan *swell* yang lebih besar daripada perairan di pesisir Padang. Hal ini dikarenakan, pada perairan terbuka, faktor lamanya angin bertiup dan panjang gelombang yang besar menimbulkan gelombang dan *swell* yang besar. Selain itu, hal ini dipengaruhi oleh tidak ada pulau-pulau yang menghalangi terbentuknya

gelombang dan *swell*. Sedangkan di pesisir Padang, adanya Pulau Mentawai berpengaruh pada faktor penyalpan gelombang dan *swell*. Energi gelombang dan *swell* yang berasal dari perairan barat Sumatera akan berkurang, sedangkan kondisi angin tidak terlalu signifikan di pesisir Padang.

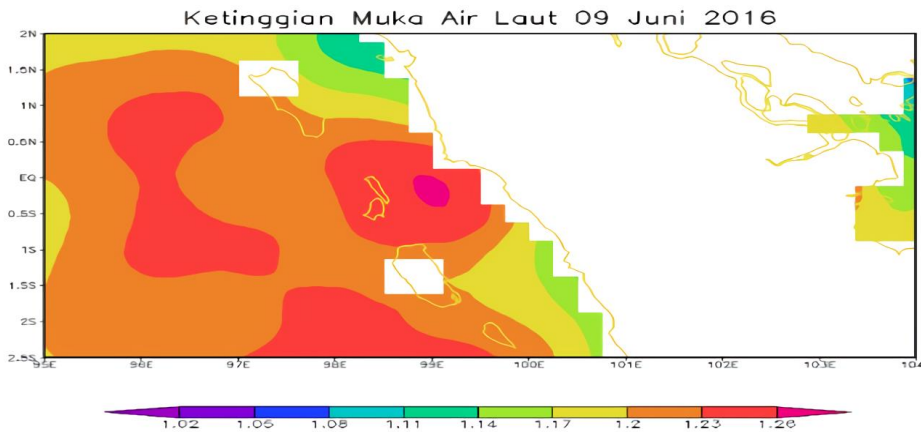
#### **Analisis Tinggi Muka Laut dari Satelit Altimetri JASON-2**

Berdasarkan data tinggi muka laut dari satelit JASON-2 tanggal 9 Juni 2016 (Gambar 7) diketahui bahwa pada tanggal 9 Juni 2016 terdapat nilai tinggi muka laut sebesar 1,2-1,235 meter di wilayah pesisir Padang,

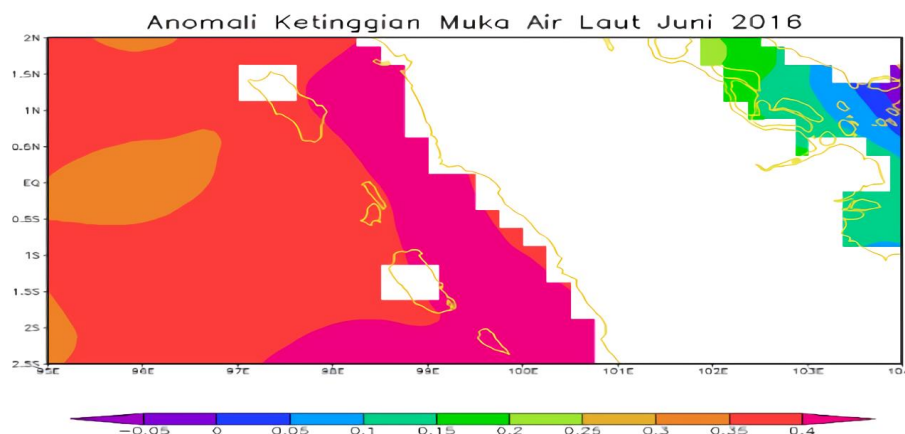
sedangkan di wilayah perairan barat Sumatera terdapat tinggi muka laut sebesar 1,2-1,26 meter.

menunjukkan bahwa terdapat nilai anomali tinggi muka laut sebesar 0,35 – 0,4 meter di wilayah pesisir Padang, tertinggi dibanding wilayah yang lain.

Peta anomali tinggi muka laut dari satelit JASON-2 tanggal 9 Juni 2016 (Gambar 8)



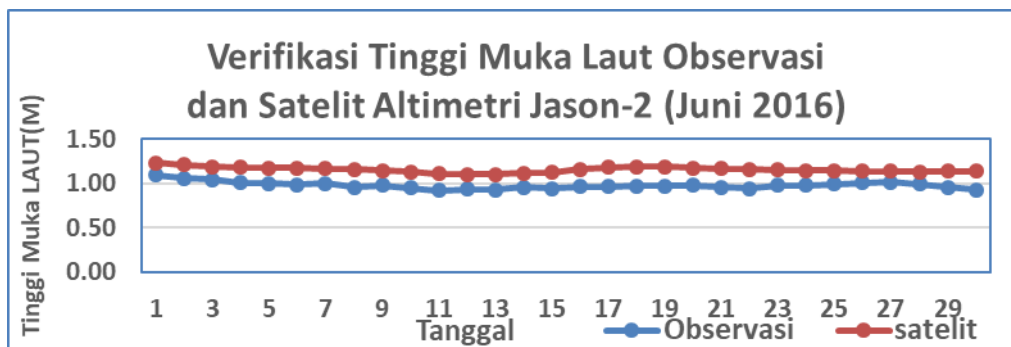
**Gambar 7.** Peta tinggi muka laut dari satelit JASON-2 di Padang tanggal 9 Juni 2016

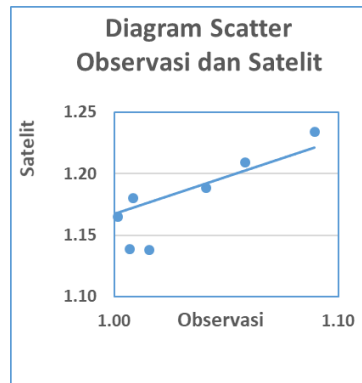


**Gambar 8.** Peta anomali tinggi muka laut dari satelit JASON-2 di Padang tanggal 9 Juni 2016  
**Verifikasi Tinggi Muka Laut (TML) Data Observasi dan Satelit JASON-2**

yaitu di pesisir Padang menunjukkan bahwa data dari satelit Altimetri JASON-2 cenderung over-estimate dibanding data observasi dari BIG. Diagram *scatter* pada titik pengamatan yang sama, menunjukkan bahwa nilai korelasi (CC) menunjukkan nilai positif sebesar 0,75 meter dan nilai *error* (RMSE) yang dihasilkan cukup kecil yaitu sebesar 0,17 meter.

Verifikasi data observasi tinggi muka laut yang dikeluarkan oleh BIG dengan data tinggi muka laut rata-rata harian dari satelit Altimetri JASON-2 pada bulan Juni 2016 yang dilakukan pada titik pengamatan 100,360 BT, -0.950 LS





**Gambar 9.** Grafik perbandingan dan diagram scatter verifikasi tinggi muka laut data observasi dengan data satelit Altimetri JASON-2 di pesisir Padang pada bulan Juni 2016

## PENUTUP

Data pasang surut tahun 2016 menunjukkan bahwa peristiwa pasang tertinggi terjadi pada bulan Juni. Pada tanggal 9 Juni 2016 terdapat tinggi muka laut sebesar 1,819 meter. Angin permukaan yang bergerak dari barat ke timur dapat mendukung dibangkitkannya gelombang dan *swell* menuju ke arah pesisir Padang. Posisi bulan menyebabkan tinggi muka laut yang tinggi (*spring tide*) dan memicu gelombang dan *swell* yang tinggi. Adanya pulau-pulau kecil di barat Padang menjadi faktor pelenyapan gelombang dan *swell* yang bergerak dari Samudera Hindia. Satelit Altimetri JASON-2 dapat menangkap tinggi muka laut pada saat kejadian banjir rob di Padang tanggal 9 Juni 2016, meskipun hasil verifikasi menunjukkan nilai yang *over-estimate* terhadap data observasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada BMKG dan BIG atas data dan informasi yang diberikan untuk diolah dalam kajian ini. Serta kepada seluruh pihak yang telah membantu menyelesaikan kajian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F. (2017). *Pengaruh Fenomena Monsun, El Nino Southern Oscillation (ENSO) dan Indian Ocean Dipole (IOD) terhadap Variabilitas Tinggi Muka Laut di Perairan Utara dan Selatan Pulau Jawa (Doctoral dissertation, MS thesis)*. Fakultas Ilmu Kehutanan dan Kelautan, Universitas Diponegoro.
- Bakti, L. M. (2010). Kajian Sebaran Potensi Rob Kota Semarang dan Usulan. Semarang: *Universitas Diponegoro*.
- Biantara, M. (2016). *Kajian Bencana Banjir Pasang (Rob) di Pesisir Jakarta Utara (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya)*.
- Gayathri, R., Bhaskaran, P. K., & Sen, D. (2015). Numerical study on Storm Surge and associated Coastal Inundation for 2009 AILA Cyclone in the head Bay of Bengal. *Aquatic Procedia*, 4, 404-411.
- Karana, R. C., & Suprihardjo, R. (2013). Mitigasi Bencana Banjir Rob di Jakarta Utara. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), C31-C36.
- Kurniawan, R., Habibie, M. N., & Suratno, S. (2011). Variasi Bulanan Gelombang Laut Di Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 12(3).
- Kurniawan, R., Habibie, M. N., & Permana, D. S. (2012). Kajian daerah rawan gelombang tinggi di Perairan Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 13(3).
- Marfai, M. A., & King, L. (2008). Tidal inundation mapping under enhanced land subsidence in Semarang, Central Java Indonesia. *Natural hazards*, 44(1), 93-109.
- Mihardja, D. K., & Setiadi, R. (1989). Analisis Pasang Surut di Daerah Cilacap dan Surabaya. *Pasang-surut. ASEAN-Australia cooperative programs on marine science (Project I: Tides and tidal phenomena)*, Puslitbang Oseanologi-LIP, Jakarta, 201-230.
- Pariwono, J. I. (1989). Gaya Penggerak Pasang Surut. *Ongkosongo, OSR dan Suyarso. P30-LIPI*. Jakarta. Hal, 13-23.
- Syah, A. F. (2010). *Indikasi Kenaikan Muka Air Laut di Pesisir Kabupaten Bangkalan Madura (Doctoral dissertation, Tesis Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kelautan Universitas Trunojoyo. Madura)*.