



Analisis Dinamika Permukaan Laut Saat Kejadian Banjir Pesisir di Padang Tanggal 3 Desember 2017

Analysis of Sea Surface Dynamics During the Coastal Flood in Padang on 3 December 2017

Immanuel Jhonson A Saragih^{1*}, Ikhsan Dafitra²

¹BMKG – Stasiun Meteorologi Kualanamu, Deli Serdang, 20552

²BMKG – Stasiun Meteorologi Maritim Belawan, Medan, 20414

*Email: Immanuel.saragih@bmgk.go.id

Naskah Masuk: 04 November 2020 | Naskah Diterima: 16 April 2021 | Naskah Terbit: 07 Juni 2021

Abstrak. Padang merupakan salah satu daerah yang rentan terhadap banjir pesisir akibat dari pasang surut air laut, gelombang signifikan, dan swell yang saling berinteraksi satu sama lain. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dinamika ketiga fenomena permukaan laut tersebut saat kejadian banjir pesisir di Padang tanggal 3 Desember 2017. 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 penelitian menunjukkan bahwa pada tanggal 3 Desember 2017 terdapat pasang maksimum sebesar 1,769 m, sesuai dengan posisi spring tide. Terdapat gelombang tinggi sebesar 1,410 m dan swell tertinggi sebesar 0,940 m. Hasil verifikasi data satelit altimetri JASON-2 terhadap data observasi harian pasang surut dari BIG memiliki nilai kesesuaian dan nilai error yang cukup baik, tetapi data satelit JASON-2 cenderung over-estimasi.

Kata Kunci: Banjir Pesisir, Gelombang Laut, Wavewatch – III

Abstract. Padang is an area that prone to coastal flooding due to sea surface dynamics, such as tides, significant waves, and swells that interact with each other. This research was conducted to determine the dynamics of those three sea-level phenomena during the coastal floods in Padang on 3 December 2017. The data used i.e. the tidal data from the Geospatial Information Agency (BIG), significant wave and swell data processed from the Wavewatch-III model, and sea level data from the JASON-2 Altimetry satellite. The results showed that on 3 December 2017 there was a maximum tide of 1.769 m, according to the position of the spring tide. Besides, there was a high wave of 1.410 m and the highest swell of 0.940 m. The verification results of the JASON-2 Altimetry satellite data to the daily tide observation data from BIG had fairly good accuracy and error value, but the JASON-2 satellite data tends to be over-estimated.

Keywords: Coastal Flood, Ocean Waves, Wavewatch – III

Pendahuluan

Benua Maritim Indonesia yang memiliki total garis pantai lebih dari 80.000 km menghadapi permasalahan lingkungan dan kerentanan [1]. Berbagai wilayah di Indonesia banyak mengalami genangan air di pesisir pantai atau banjir rob akibat pasang surut, termasuk Padang. Padang, ibu kota Provinsi Sumatera Barat, merupakan kota terbesar di pesisir barat Pulau Sumatera dan salah satu penggerak perekonomian di Sumatera Barat. Secara topografis, wilayah Padang terdiri dari daratan dan pantai yang berinteraksi dengan struktur tanah yang landai. Kondisi topografi ini menyebabkan potensi banjir rob yang tinggi [2], [3]. Menurut Bakti [4], banjir atau pasang surut pantai disebabkan oleh naik atau turunnya air laut yang menyebabkan daratan menjadi tergenang saat air pasang. Penyebab utama banjir ini disebabkan oleh pasang surut air laut. Banjir rob ini terjadi hampir setiap tahun, baik pada musim hujan maupun musim kemarau. Sehingga dapat disimpulkan bahwa curah hujan bukan merupakan faktor penentu terjadinya banjir pantai atau banjir rob [5].

Banjir rob telah banyak dipelajari oleh para peneliti sebelumnya, berbagai metode dan model telah digunakan untuk menganalisis kejadian banjir pantai dengan lokasi yang berbeda. Syah [6] dalam penelitiannya terkait penyebab kenaikan muka air laut di wilayah pesisir Bangkalan Madura, menggunakan data satelit altimeter 1993–2009 untuk menganalisis anomali muka air laut pada tahun tersebut. Visualisasi data dengan data *Aster Digital Elevation Model* (DEM) dari *software* Arcgis menunjukkan bahwa pemanasan global dan pergerakan bulan sangat mempengaruhi kenaikan muka air laut yang mengakibatkan naiknya air laut ke permukaan yang menyebabkan terjadinya genangan di kawasan pantai Bangkalan. Gayathri dkk. [7] melakukan studi untuk menentukan ketinggian air maksimum dan genangan parah akibat siklon tropis Aila pada tahun 2009 menggunakan model *ADvanced CIRCulation* (ADCIRC) terbaru. Dari penelitian ini diketahui bahwa model komputasi ADCIRC menyebabkan keterlambatan waktu puncak gelombang, amplitudo relatif berkurang dan lokasinya jauh dari daratan.

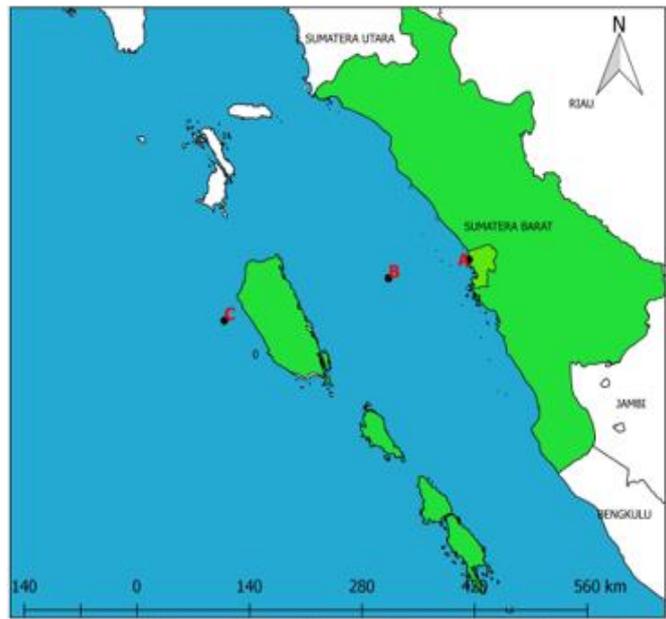
Biantara [8] melakukan studi untuk mengetahui penyebab utama, memetakan wilayah rawan, dan memprediksi wilayah pesisir rawan banjir di wilayah Jakarta Utara menggunakan data observasi langsung dan citra satelit. Dapat disimpulkan bahwa penyebab utama terjadinya banjir rob atau banjir pesisir adalah pasang surut air laut dengan ketinggian diatas rata-rata, curah hujan tinggi dan elevasi daratan dibawah permukaan laut. Menurut Mihardja dan Setiadi [9], pasang surut adalah perubahan gerak relatif benda-benda di angkasa seperti matahari dan bulan serta benda lain yang disebabkan oleh gaya gravitasi di luar benda. Pasang surut dikaitkan dengan fluktuasi periodik air laut yang disebabkan oleh tarikan matahari dan bulan pada massa air di bumi [10].

Pada 3 Desember 2017, terjadi banjir rob dengan ketinggian mencapai 50 cm bahkan hingga 2 m di pesisir Padang. Kejadian ini berbarengan dengan terjadinya cuaca buruk di wilayah Sumatera Barat. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi pasang surut dan tinggi muka air laut pada saat terjadi banjir pantai di Kota Padang pada tanggal 3 Desember 2017. Selain itu juga dianalisis perambatan dan ketinggian gelombang dan gelombang besar pada saat terjadi banjir pantai. Informasi ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam mengantisipasi banjir pesisir di masa yang akan datang sehingga masyarakat dapat lebih waspada dan waspada dalam menghadapi peristiwa banjir pesisir di Padang.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode tipe analitik, terdiri dari pembahasan dan analisis kejadian banjir pesisir berdasarkan parameter oseanografi. Penelitian dilakukan di titik B dengan koordinat 100,36° BT 0,95° LS seperti terlihat pada Gambar 1 berikut.





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

Waktu kasus yang diteliti adalah kejadian banjir pantai pada tanggal 3 Desember 2017 dengan menggunakan data sebagai berikut:

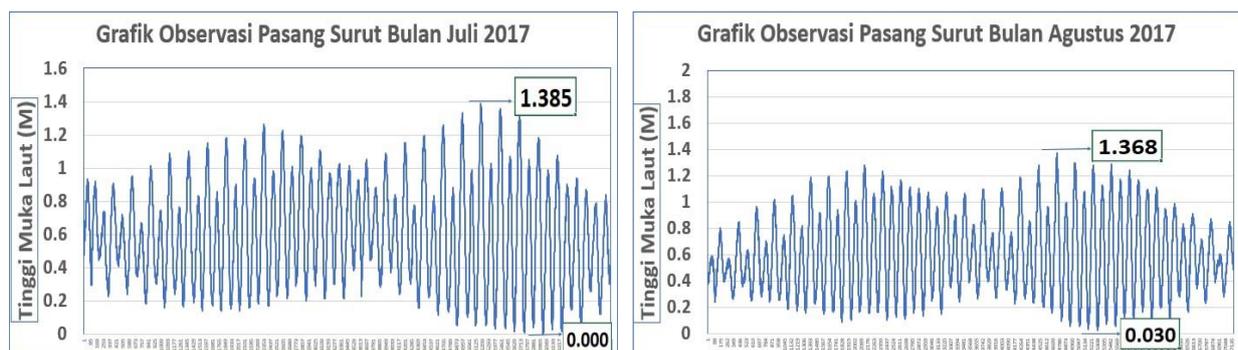
1. Data *reanalysis* (data keluaran model) Wavewatch–III dari BMKG *Observing Forecast System* (OFS) dengan resolusi $0,0625^\circ$ (± 7 km) di wilayah domain Padang dalam format file *network Common Data Format* (netCDF)
2. Data pasang surut periode tahun 2017 dari BIG
3. Data kenaikan permukaan laut dari satelit altimetri JASON–2 pada bulan Desember 2017 diperoleh dari Copernicus Marine Service di <http://marine.copernicus.eu>

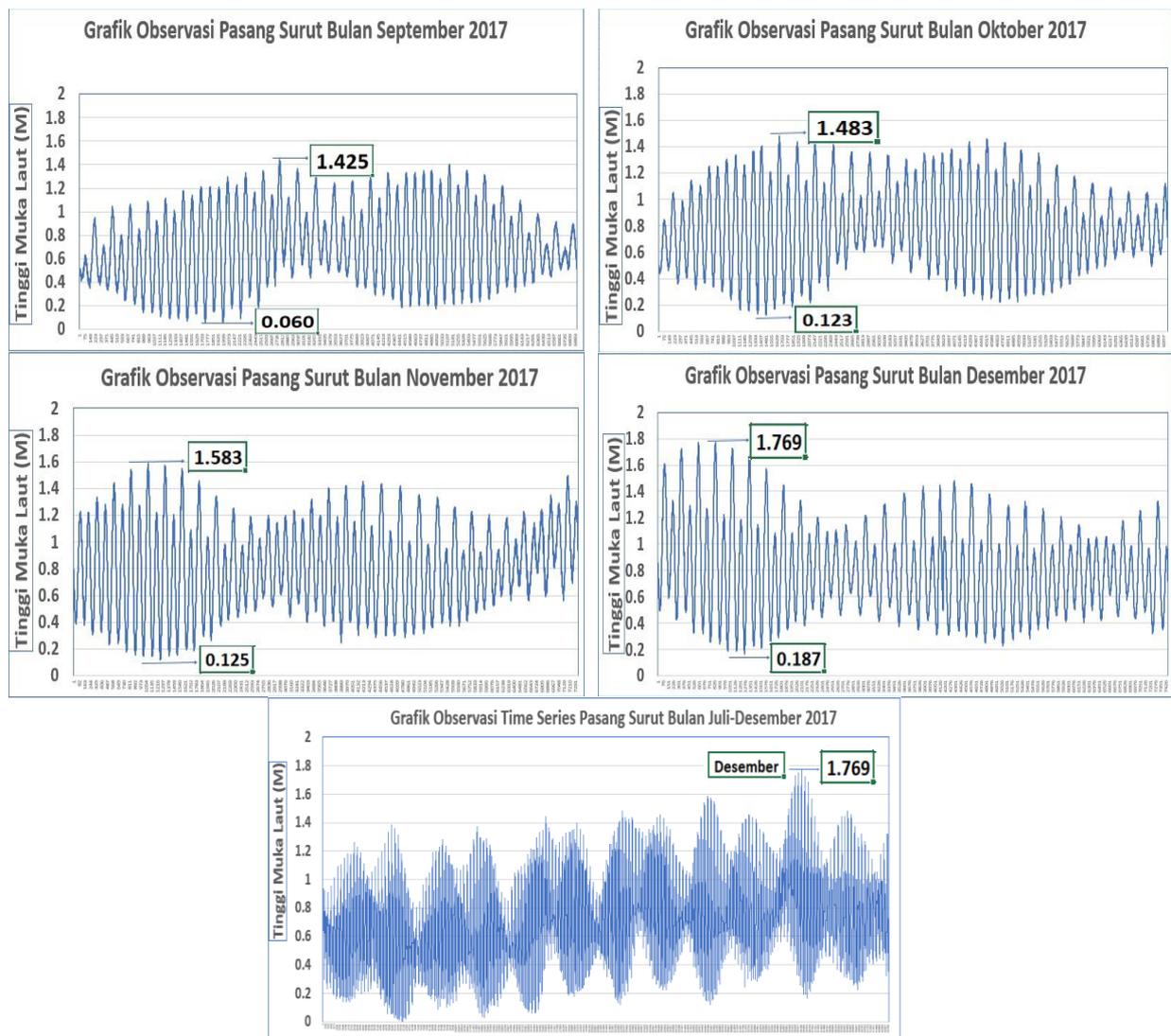
Dalam penelitian ini data pasang surut diurutkan dengan menggunakan *encoder sensor* yang merupakan alat pengukur pasang surut dari BIG. Data diurutkan tiap 6 menit selama studi kasus. Selanjutnya tinggi muka laut satelit altimetri JASON–2 harus dalam bentuk file .nc untuk ditampilkan di *software* GrADS dengan cara mencocokkan koordinat lokasi.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Data Pasang Surut dan Tinggi Muka Air Laut

Hasil pengolahan dan pemilahan data pengamatan pasang surut air laut per 6 menit menggunakan *encoder sensor* yang merupakan alat pengukur pasang surut BIG di Padang ditunjukkan pada grafik pasang surut dan nilai muka air laut pada Gambar 2 berikut.





Gambar 2. Grafik *time-series* data pasang surut periode Juli-Desember 2017

Pada Juli 2017 pasang tertinggi terjadi pada tanggal 23 Juli pukul 23.46 UTC yaitu 1,385 m dan surut terendah terjadi pada tanggal 27 Juli pukul 08.28 UTC yaitu 0,00 m. Kemudian pada Agustus 2017 pasang tertinggi adalah 1,368 m pada tanggal 20 Agustus pukul 23.22 UTC dan air surut terendah terjadi pada tanggal 23 Agustus pukul 06.46 UTC yaitu 0,030 m. Pada September 2017, pasang tertinggi terjadi pada 12 September pukul 16.10 UTC yaitu 1,425 m dan surut terendah sebesar 0,385 m pada tanggal 8 September pukul 06.28 UTC. Pasang tertinggi pada Oktober 2017 adalah 1,483 m pada 8 Oktober pukul 13.10 UTC dan terendah terendah pada 7 Oktober pukul 18.58 UTC yaitu 0,123 m. Selanjutnya pada November 2017 pasang tertinggi terjadi pada tanggal 5 November pukul 12.22 UTC yaitu 1,583 m dan surut terendah sebesar 0,125 m pada tanggal 6 November pukul 06.43 UTC. Pada Desember 2021, pada tanggal 3 Desember pukul 11.16 UTC, pasang tertinggi adalah 1,769 m dan air surut terendah adalah 0,187 m pada tanggal 6 Desember pukul 06.23 UTC.

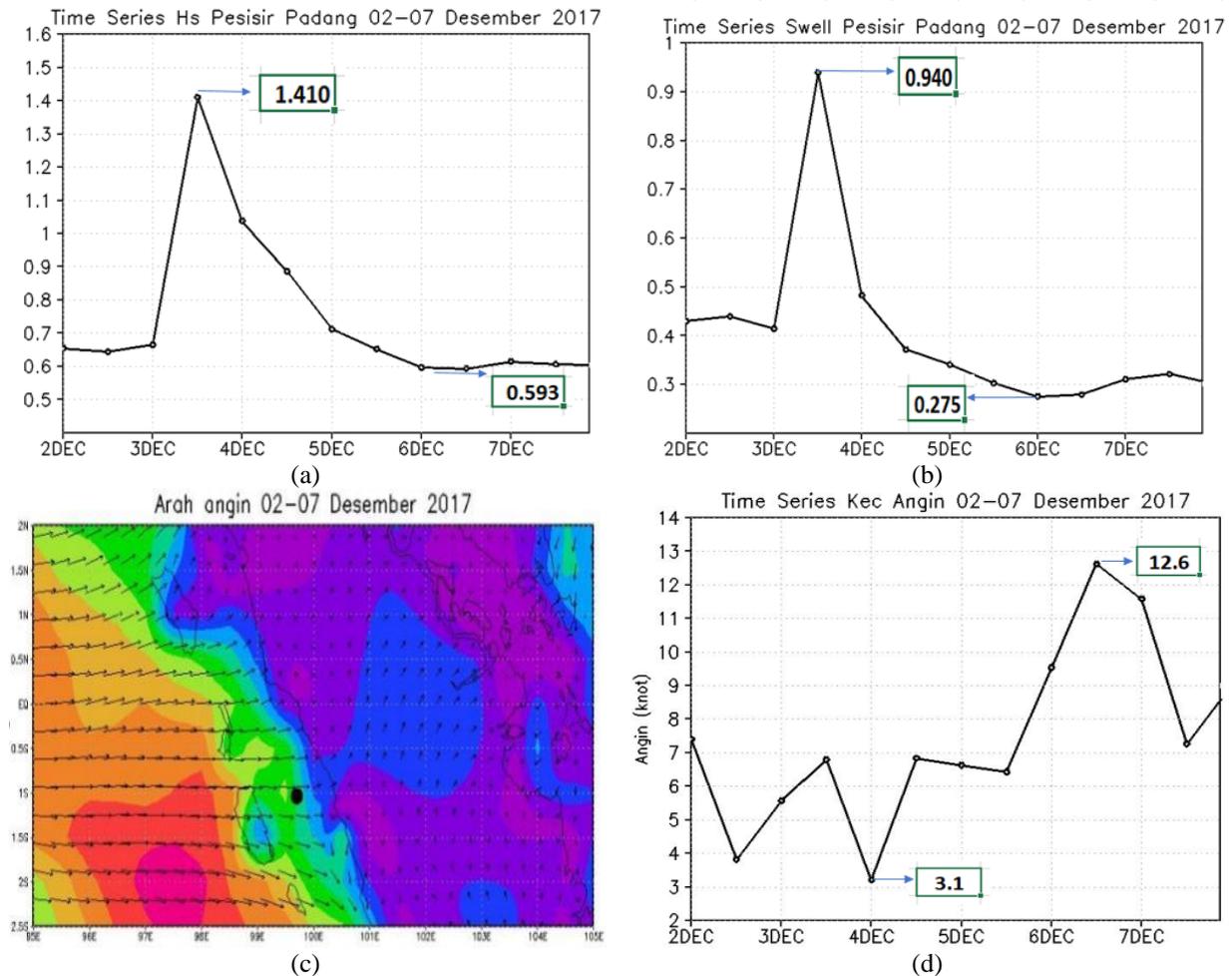
Pada 3 Desember 2017, terjadi peristiwa pasang tertinggi. Saat itu adalah fase bulan purnama yang terjadi, dimana pada fase ini bumi berada diantara bulan dan matahari atau posisi saat ini dalam garis lurus, atau yang disebut juga *spring tide* sehingga bulan tertutup bayangan bumi. Fase bulan purnama juga menghasilkan gaya gravitasi yang kuat antara bulan dan bumi yang berada pada posisi perigee. Alhasil, air laut akan mengalami peristiwa pasang tertinggi. Jika dilihat dari hasil analisis diketahui bahwa kejadian pasang surut tertinggi terjadi pada 3 Desember 2017 yang bertepatan langsung dengan



fase bulan purnama dan setelah dilakukan analisis perbandingan muka air laut pada fase bulan purnama dan fase bulan baru terjadi nilai permukaan laut lebih besar Pada fase bulan purnama pada 3 Desember 2017, dibandingkan dengan bulan baru pada 18 Desember 2017. Pendapat Pariwono [10] membuktikan bahwa pasang tertinggi terjadi pada saat *spring tide*, atau dalam kondisi bumi, bulan dan matahari adalah dalam garis lurus.

Analisis Tinggi Gelombang Signifikan, Swell, dan Angin Permukaan

Berikut adalah grafik *time-series* parameter oseanografi di Kota Padang dari tanggal 2–7 Desember 2017 (Gambar 3).



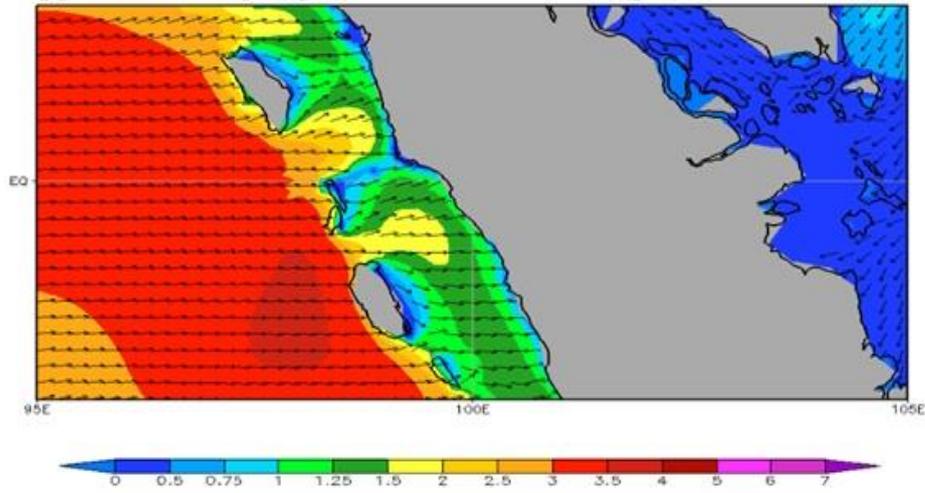
Gambar 3. Parameter oseanografi (a) tinggi gelombang signifikan, (b) gelombang besar (c) arah angin dan (d) kecepatan angin pada 2–7 Desember 2017

Pada bulan Desember 2017, gelombang tertinggi terjadi pada 3 Desember sekitar pukul 12.00 UTC yaitu 0,940 m dan gelombang terendah pada 6 Desember sekitar pukul 00.00 UTC yaitu 0,275 m. Arah angin yang ditunjukkan oleh titik hitam pada gambar merupakan lokasi area pantai dimana arah angin berasal dari barat dan bergerak ke timur. Kecepatan angin tertinggi tercatat pada 6 Desember sekitar pukul 12.00 UTC yaitu 12,6 kt, sedangkan kecepatan angin terendah tercatat pada 4 Desember sekitar pukul 00.00 UTC yaitu 3,1 kt.

Gambar 4 di bawah ini menunjukkan dinamika permukaan laut saat terjadi banjir pantai di Padang pada 3 Desember 2017:

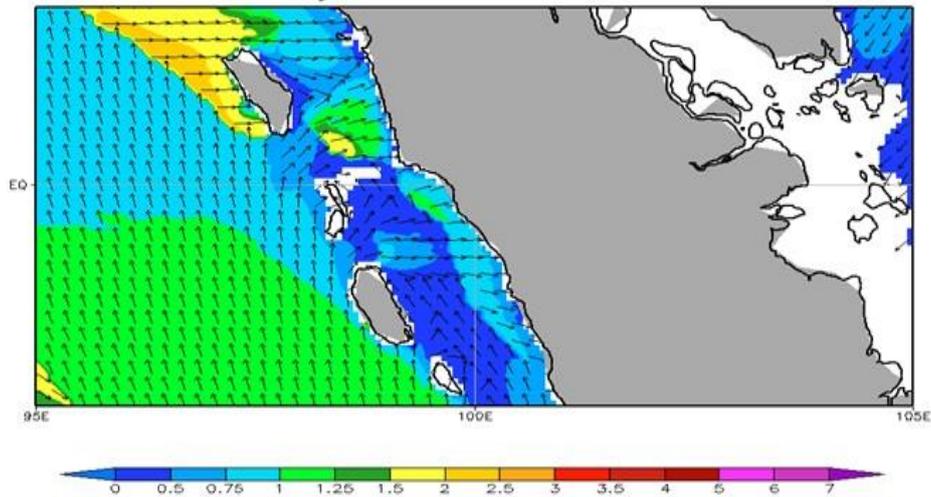


Tinggi Gelombang signifikan Pesisir Padang 03 Desember 2017



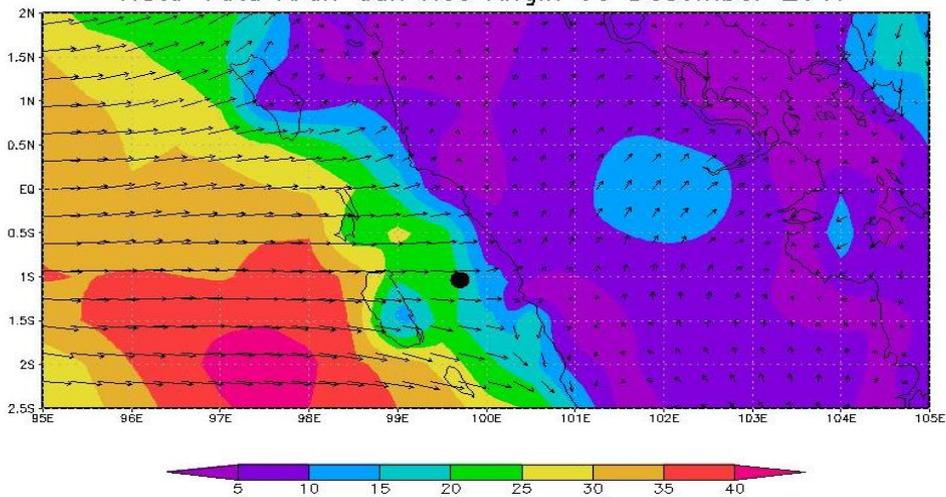
(a)

Primary Swell 03 Desember 2017



(b)

Rata-rata Arah dan Kec Angin 03 Desember 2017



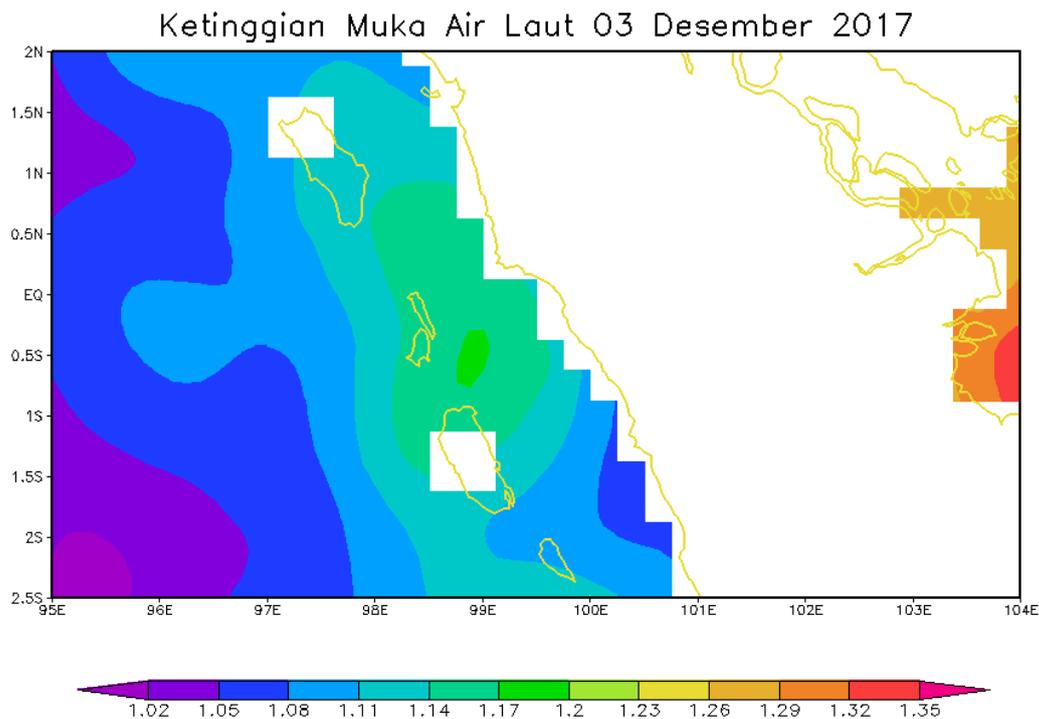
(c)

Gambar 4. Dinamika permukaan laut saat terjadi banjir pesisir di Padang pada 3 Desember 2017, (a) tinggi gelombang yang signifikan; (b) *primary swell*; dan (c) kecepatan dan arah angin rata-rata

Gambar 4 mengilustrasikan bagaimana tingginya permukaan laut juga memicu terjadinya gelombang tinggi dan gelombang besar pada tanggal 3 Desember 2017. Perairan Sumatera bagian barat memiliki ketinggian gelombang dan gelombang yang lebih tinggi daripada perairan di sekitar pantai Padang. Hal ini karena di perairan terbuka panjangnya angin bertiup dan kemudian panjang gelombang yang besar mengakibatkan gelombang dan gelombang besar. Selain itu, tidak ada pulau yang menghalangi pembentukan gelombang dan gelombang besar. Sedangkan di pesisir Padang dipengaruhi oleh pulau-pulau kecil seperti Mentawai sehingga mempengaruhi faktor eliminasi gelombang dan gelombang besar. Energi gelombang dan gelombang besar yang berasal dari perairan barat Sumatera akan berkurang, sedangkan kondisi angin tidak terlalu signifikan di pantai Padang. Namun, terjadi rambat gelombang dan gelombang besar dari pantai barat Sumatera menuju pantai Padang. Sehingga faktor inilah yang menyebabkan banjir pesisir di Padang.

Pada banjir pantai di Padang tanggal 3 Desember 2017, faktor cuaca seperti hujan tidak terjadi pada tanggal tersebut. Seperti yang telah terlihat pada data sinoptik. Sehingga terbukti dari penelitian Chandra dan Supriharjo [5] yang menyatakan bahwa hujan bukanlah faktor penentu utama terjadinya banjir pantai.

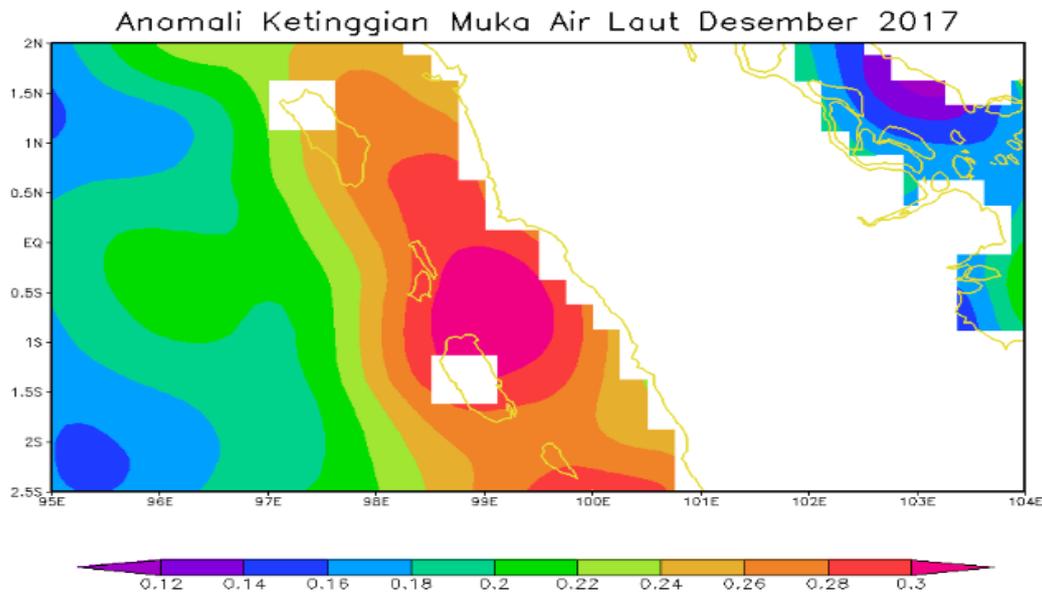
Analisis Kondisi Permukaan Laut dari Satelit Altimetri JASON – 2



Gambar 5. Kondisi permukaan laut dari data satelit JASON–2 pada 3 Desember 2017

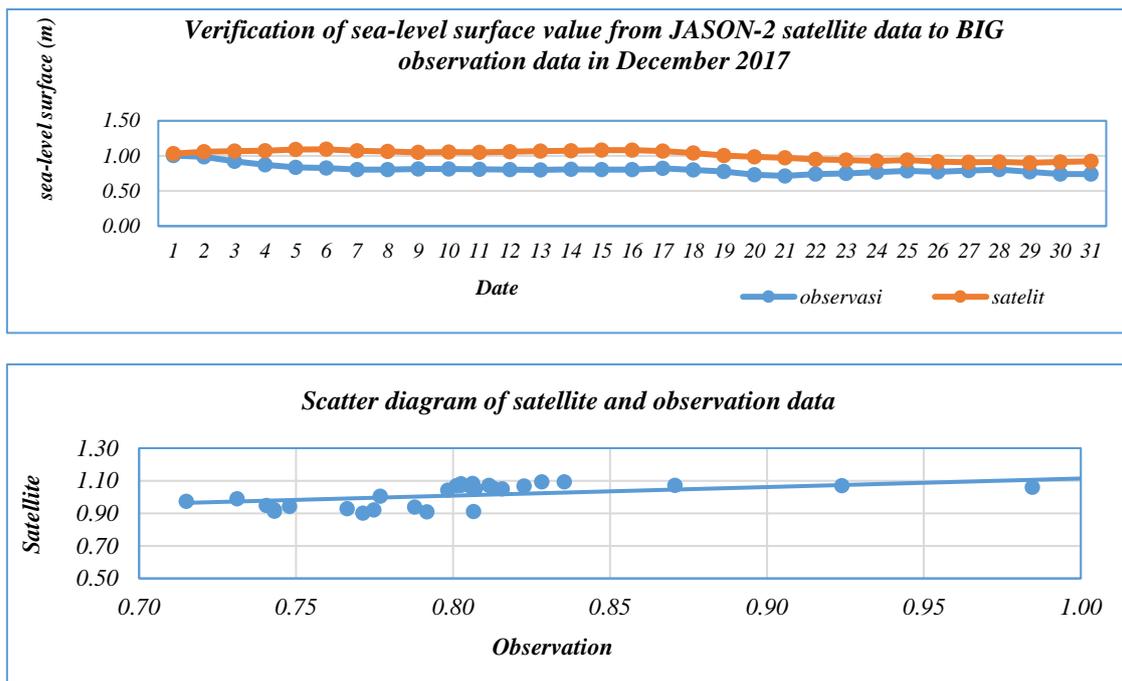
Berdasarkan data tinggi muka laut dari satelit JASON–2 tanggal 3 Desember 2017 (Gambar 5) diketahui bahwa muka air laut di wilayah pesisir adalah 1,17–1,23 m sedangkan di Samudera Hindia sebelah barat Sumatera adalah 1,02–1,14 m.

Gambar 6 di bawah ini merupakan tampilan data anomali permukaan laut dari satelit altimetri JASON–2 tanggal 3 Desember 2017. Nilai anomali permukaan laut dari satelit altimetri JASON–2 didasarkan pada rata-rata dalam satu hari. Ketinggian air laut pada 3 Desember 2017 di wilayah pesisir adalah 0,28–0,3 m, yang juga tertinggi dibandingkan wilayah lainnya, sedangkan di Samudera Hindia sebelah barat Sumatera adalah 0,14–0,28 m.



Gambar 6. Anomali permukaan laut dari data satelit JASON-2 pada 3 Desember 2017

Verifikasi Nilai Muka Air Laut dari Data Satelit Altimetri JASON – 2 terhadap Data Observasi BIG



Gambar 9. Grafik perbandingan dan diagram sebar verifikasi tinggi muka laut data satelit JASON-2 terhadap data observasi BIG di Padang pada periode Desember 2017

Kesimpulan

Pasang maksimum di wilayah penelitian pada tanggal 3 Desember 2017 sekitar 1.769 m yang mengikuti fase bulan purnama (*spring tide*). Angin permukaan bergerak dari barat ke timur mendukung pembentukan gelombang dan gelombang besar menuju pantai Padang. Posisi bulan menyebabkan permukaan laut tinggi (*spring tide*) dan memicu gelombang tinggi dan gelombang besar. Gelombang tertinggi 1,410 m dan *swell* tertinggi 0,940 m. Gelombang dan gelombang besar tersebut membuat superposisi dengan pasang surut air laut sehingga mempengaruhi pembentukan gelombang



dan gelombang besar hingga ke pantai Padang sehingga menyebabkan banjir di pantai Padang. Keberadaan pulau-pulau kecil di sebelah barat Padang menjadi faktor terhapusnya gelombang dan gelombang besar yang berpindah dari Samudera Hindia. Secara umum satelit altimetri JASON-2 dapat menangkap tinggi muka air laut pada saat terjadi banjir rob di Padang pada tanggal 3 Desember 2017, meskipun hasil verifikasi menunjukkan nilai over-estimasi dibandingkan dengan data observasi.

Untuk melanjutkan studi ini, disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan periode yang lebih lama dan parameter oseanografi yang lebih variatif serta mempertimbangkan karakteristik pesisir pantai, untuk menghasilkan nilai ambang batas parameter oseanografi yang optimal sebagai peringatan dini terjadinya banjir pesisir.

Daftar Pustaka

- [1] M. A. Marfai and L. King, 'Tidal inundation mapping under enhanced land subsidence in Semarang, Central Java Indonesia', *Nat. Hazards*, vol. 44, no. 1, pp. 93–109, 2008, doi: 10.1007/s11069-007-9144-z.
- [2] R. Kurniawan, M. N. Habibie, and S. Suratno, 'Variasi Bulanan Gelombang Laut Di Indonesia', *J. Meteorol. dan Geofis.*, vol. 12, no. 3, pp. 221–232, 2011, doi: 10.31172/jmg.v12i3.104.
- [3] R. Kurniawan, M. N. Habibie, and D. S. Permana, 'Kajian Daerah Rawan Gelombang Tinggi Di Perairan Indonesia', *J. Meteorol. dan Geofis.*, vol. 13, no. 3, pp. 201–212, 2012, doi: 10.31172/jmg.v13i3.135.
- [4] L. M. Bakti, 'Kajian Sebaran Potensi Rob Kota Semarang dan Usulan Penangannya', Universitas Diponegoro, 2010.
- [5] R. K. Chandra and R. D. Supriharjo, 'Mitigasi Bencana Banjir Rob di Jakarta Utara', *J. Tek. Pomits*, vol. 2, no. 1, pp. 25–30, 2013.
- [6] A. F. Syah, 'Indikasi Kenaikan Muka Air Laut di Pesisir Kabupaten Bangkalan Madura', Universitas Trunojoyo, 2010.
- [7] R. Gayathri, P. K. Bhaskaran, and D. Sen, 'Numerical Study on Storm Surge and Associated Coastal Inundation for 2009 AILA Cyclone in the Head Bay of Bengal', *Aquat. Procedia*, vol. 4, pp. 404–411, 2015, doi: 10.1016/j.aqpro.2015.02.054.
- [8] M. B. Biantara, 'Kajian Bencana Banjir Pasang (Rob) di Pesisir Jakarta Utara', Universitas Brawijaya, 2016.
- [9] D. Mihardja and R. Setiadi, 'Analisis Pasang Surut di Daerah Cilacap dan Surabaya', *Pasang-surut. ASEAN-Australia Coop. programs Mar. Sci. (Project I Tides tidal phenomena)*, pp. 201–230, 1989.
- [10] J. I. Pariwono, *Gaya Penggerak Pasang Surut*. Jakarta: P3O-LIPI, 1989.

