

Analisis Perubahan Garis Pantai Teluk Palu, Sulawesi Tengah Pasca Tsunami 2018 Berdasarkan Citra Satelit Sentinel 1 Dengan Metode *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS)

Analysis of Coastline Changes in Palu Bay, Central Sulawesi after the 2018 Tsunami Based on Sentinel 1 Satellite Imagery Using the Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Method

Mochamad Arif Zainul Fuad^{1,2*}, Fikri Hardiansyah¹, Bambang Semedi¹

¹Prodi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang

²Marine Resources Exploration and Management Research Group (MEXMA) FPIK-UB

Jl. Veteran, Malang-65145

*email: fuad_maz@ub.ac.id

Abstrak

Diterima
12 April 2022

Disetujui
15 September 2022

Bencana alam gempa bumi Palu-Donggala yang terjadi pada tanggal 28 September 2018 menimbulkan bencana tambahan berupa likuifaksi dan Tsunami. Tsunami yang menerjang kawasan peisisir Teluk Palu telah menyebabkan kerusakan yang cukup parah, sehingga mengindikasikan terjadinya perubahan garis pantai. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan garis pantai yang terjadi di Teluk Palu, Kota Palu, Sulawesi Tengah sebagai akibat adanya Tsunami. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data citra satelit Sentinel 1 sebelum dan sesudah Tsunami terjadi. Garis pantai pada masing-masing waktu didapatkan dari hasil ekstraksi citra satelit Sentinel 1. Analisis perubahan garis pantai menggunakan teknik deskriptif kuantitatif dengan bantuan tool DSAS dengan analisis perubahan berdasarkan metode Net Shoreline Movement (NSM) yang terintegrasi dengan software ArcGIS. Hasil menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan garis pantai yang cukup signifikan di Teluk Palu, Kota Palu, Sulawesi Tengah. Perubahan garis pantai yang terjadi berupa kondisi abrasi dan akresi, namun lebih didominasi oleh abrasi. Abrasi tertinggi yaitu -167,53m terdapat pada transek 309 yang terletak di wilayah Kecamatan Mantikulore, dan untuk nilai abrasi terendahnya bernilai -0.43m terdapat pada transek 242 yang terletak pada wilayah Kecamatan Ulujadi. Sedangkan untuk nilai akresi tertinggi yaitu 47,27m terdapat pada transek 105 yang terletak di wilayah Kecamatan Palu Barat, dan untuk nilai abrasi terendahnya bernilai 0.56m terdapat pada transek 68 yang juga terletak di wilayah Kecamatan Palu Barat. Besarnya perubahan garis pantai yang terjadi di Teluk Palu, Kota Palu, Sulawesi Tengah pasca Tsunami dipengaruhi oleh keterbukaan kawasan pantai terhadap hantaman gelombang, bentuk morfologi Teluk Palu yang lonjong dan menyempit serta adanya peristiwa ground deformation (pergeseran tanah) pada jalur Sesar Palu-Koro.

Kata Kunci: Tsunami, Perubahan Garis Pantai, Sentinel-1, DSAS

Abstract

The Palu-Donggala earthquake that occurred on September 28, 2018 caused additional disasters in the form of liquefaction and tsunami. The tsunami that hit the coastal area of Palu Bay caused considerable damage, indicating a change in the coastline. The purpose of this study was to determine the changes in the coastline that occurred in Palu Bay, Palu City, Central Sulawesi as a result of the Tsunami. The data used in this study are Sentinel 1 satellite imagery before and

after the Tsunami occurred. The coastline at each time is obtained from the extraction of Sentinel 1 satellite imagery. Analysis of shoreline change uses quantitative descriptive techniques with the help of the DSAS tool with change analysis based on the Net Shoreline Movement (NSM) method which is integrated with ArcGIS software. The results show that there has been a significant change in the coastline in Palu Bay, Palu City, Central Sulawesi. Coastline changes that occur are in the form of abrasion and accretion conditions, but are more dominated by abrasion. The highest abrasion of -167.53m is found on transect 309 which is located in the District of Mantikulore, and the lowest abrasion value of -0.43m is found on transect 242 which is located in the Ulujadi District. Meanwhile, the highest accretion value of 47.27m is found on transect 105 which is located in the West Palu District, and the lowest abrasion value of 0.56m is found on transect 68 which is also located in the West Palu District. The magnitude of the change in coastline that occurred in Palu Bay, Palu City, Central Sulawesi after the Tsunami was influenced by the openness of the coastal area to wave blows, the oval and narrow morphology of Palu Bay and the occurrence of ground deformation in the Palu-Koro Fault.

Keyword: Tsunami, Coastline Changes, Sentinel-1 Imagery, DSAS

1. Pendahuluan

Kawasan Teluk Palu, Propinsi Sulawesi Tengah banyak dimanfaatkan oleh warga lokal ataupun luar kota untuk berbagai peruntukkan antara lain; perikanan tangkap, usaha jasa wisata, pembangunan industri jasa hotel dan hiburan, penambangan pasir dan tempat pemukiman masyarakat. Sebagian dari bangunan-bangunan tersebut didirikan di sempadan pantai Teluk Palu. Untuk tujuan pembangunan ekonomi, beberapa fasilitas tersebut melakukan pengembangan usahanya dengan melakukan reklamasi di wilayah pesisir Teluk Palu (Ihsan, 2017).

Dengan segala potensi yang dimiliki Kota Palu, ditambah dengan konsep Kota Palu sebagai *Transit City* membuat Kota Palu menjadi salah satu kota yang maju dalam bidang pariwisata dan pembangunan infrastruktur. Namun, semua itu seakan berubah semenjak terjadinya bencana alam gempa bumi Palu-Donggala pada tahun 2018 lalu Gempa bumi yang menimpa Kota Palu dan Kabupaten Donggala, Provinsi Sulawesi Tengah tersebut terjadi pada tanggal 28 September 2018 pukul 17.02 WIB (18.02 WITA) dengan kekuatan M 7.4 yang berlokasi pada 0.18 LS dan 119.85BT dan jarak 26 km dari Utara Donggala Sulawesi Tengah, dengan kedalaman 10 km. Gempa bumi tersebut terjadi karena adanya pergeseran sesar Palu-Koro (BMKG, 2018). Gempa tersebut juga telah mengakibatkan terjadinya likuifaksi dan Tsunami yang menerjang wilayah pesisir Kota Palu. Menurut Pribadi *et al.* (2018), mengatakan bahwa Tsunami yang terjadi di sejumlah wilayah di Sulawesi Tengah ketinggiannya bervariasi. Titik tertinggi Tsunami tercatat 11,3 meter, terjadi di Desa Tondo, Kec. Palu Timur, Kota Palu. Sedangkan titik terendah Tsunami tercatat 2,2 meter, terjadi di Desa Mapaga, Kabupaten Donggala.

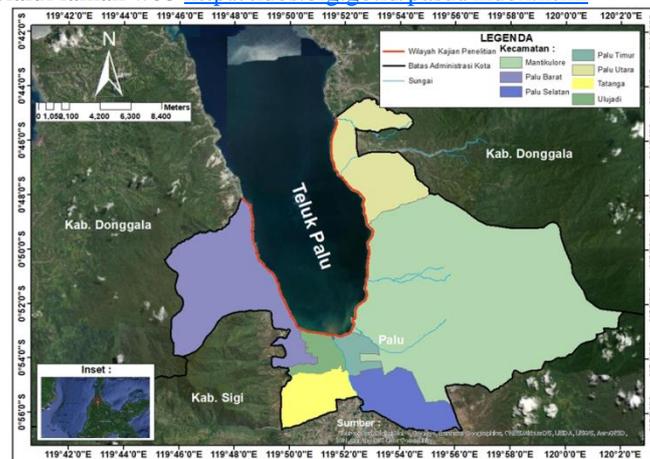
Bencana alam Tsunami yang terjadi pada 28 September 2018 lalu di Kota Palu dapat memengaruhi lingkungan kawasan pesisir, karena menyebabkan kerusakan fisik yang cukup parah pada ekosistem dan infrastruktur kawasan pesisir. Berdasarkan dampak yang ditimbulkan, bencana Tsunami tersebut telah mengindikasikan terjadinya perubahan garis pantai di wilayah pesisir Teluk Palu, Kota Palu, Sulawesi Tengah. Maka dari itu, penelitian mengenai perubahan garis pantai perlu dilakukan guna mengetahui informasi perubahan garis pantai sebelum dan sesudah terjadinya Tsunami di lokasi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan garis pantai yang terjadi di wilayah Teluk Palu, Kota Palu, Sulawesi Tengah akibat dampak Tsunami dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG).

2. Bahan dan Metode

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yang terdiri dari studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data dan penyusunan laporan. Studi literatur dan pengumpulan data dilakukan pada bulan Juli-Agustus 2020, kemudian untuk pengolahan data dan penyusunan laporan dilakukan pada bulan September-November 2020. Lokasi penelitian pada penelitian ini yaitu di sepanjang pantai Teluk Palu, Kota Palu, Sulawesi Tengah yang meliputi beberapa kecamatan di Kota Palu, yaitu Kec. Palu Barat, Kec. Ulujadi, Kec. Palu Timur, Kec. Mantikulore dan Kec. Palu Utara. Secara geografis lokasi penelitian ini terletak pada 00°44'56" - 00°53'09"LS dan 119°48'20" - 119°52'57"BT. Adapun peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Data citra satelit yang digunakan pada penelitian ini yaitu data citra satelit Sentinel 1 sebelum dan sesudah Tsunami yang diakuisisi masing-masing yaitu pada 07 Juni 2018 dan 04 Oktober 2018. Data citra tersebut diunduh melalui laman <https://scihub.copernicus.eu/>. Untuk melihat kondisi pasang surut pada saat akuisisi citra, maka data pasang surut diambil dari database pasang surut dari Badan Informasi Geo-Spasial (BIG) yang diakses secara on line melalui laman web <http://tides.big.go.id/pasut/index.html>



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2. Metode Penelitian

Metode Penelitian yang digunakan pada kajian ini adalah metode deskriptif dengan membandingkan kondisi garis pantai sebelum dan setelah kejadian Tsunami (Fuad *et al.* 2019). Penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu tahap persiapan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data dan tahap analisis data. Adapun data yang digunakan pada penelitian ini adalah data citra satelit Sentinel 1 yang diakuisisi tanggal 07/06/2018 dan 04/10/2018. Tahap selanjutnya adalah pengolahan data untuk menghasilkan data garis pantai sebelum dan sesudah terjadinya Tsunami. Pengolahan citra satelit Sentinel 1 untuk deteksi garis pantai dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Sentinel Application Platform* (SNAP). Sedangkan pada analisis perubahan garis pantai digunakan perangkat lunak *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS). Kemudian pada tahap analisis data, hasil pengolahan data dianalisis untuk mengetahui perubahan garis pantai yang terjadi.

2.3. Tahapan pengolahan citra satelit

Tahapan pengolahan citra satelit adalah sebagai berikut:

2.3.1. Koreksi Radiometrik

Tahap selanjutnya adalah melakukan proses koreksi radiometrik. Proses koreksi radiometrik mencakup koreksi efek-efek yang berhubungan dengan sensor untuk meningkatkan kontras (*enhancement*) setiap elemen gambar (piksel) dari citra, sehingga objek yang terekam mudah dianalisis untuk menghasilkan data/informasi yang benar sesuai dengan keadaan lapangan. Koreksi radiometrik dilakukan untuk memperbaiki beberapa kesalahan yang terjadi pada citra satelit (Astuti *et al.* 2021; Siregar *et al.* 2020). Kesalahan radiometrik berupa pergeseran nilai atau derajat keabuan pada citra agar mendekati harga/nilai yang seharusnya dan juga memperbaiki kualitas visual citra (Sinaga, *et al.*, 2018).

2.3.2. Speckle Filtering

Pengolahan data selanjutnya adalah proses *speckle filtering*. *Speckle filtering* bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan pengaruh dari faktor gangguan atmosfer seperti partikel debu sehingga hasil perekaman citra yang dihasilkan menjadi lebih jelas dan jernih. Menurut Fajrin *et al.* (2019), *speckle filtering* merupakan teknik untuk mengurangi atau mereduksi adanya kenampakan *speckle* pada citra radar. *Speckle* terlihat sebagai bintik-bintik hitam dan putih atau biasa dikenal dengan istilah '*salt and pepper*'. *Speckle filtering* dilakukan menggunakan *Filter Lee* dengan jendela 7x7. Semakin besar ukuran jendela, maka citra yang dihasilkan akan terlihat semakin halus atau buram. *Filter Lee* ini berguna untuk memperhalus bintik atau *speckle* pada citra dengan mempertahankan ketajaman gambar dan kedetilan sekaligus mereduksi noise pada citra (Demir *et al.* 2016; Han & Lee 2020). Prinsipnya, yaitu pixel yang dilakukan filter akan digantikan oleh nilai pixel terdekat disekitarnya.

2.3.3. Binarization

Setelah dilakukan proses *speckle filtering*, selanjutnya dilakukan proses *binarization*. Proses ini dilakukan untuk memisahkan antara daratan dan perairan (Ovakoglou *et al.* 2021; Hong *et al.* 2019; Zhu *et al.* 2021). Menurut Fajrin (2019), proses *binarization* berfungsi untuk memisahkan antara air dan non air dengan

menentukan nilai ambang batas air dan bukan air berdasarkan hasil histogram atau grafik pada citra. Penetapan ambang batas antara air dengan non air ini dilakukan menggunakan bantuan menu *band math* dengan perhitungan rumus khusus, dilakukan untuk mengetahui apakah pixel terendam/ tergenang air.

2.3.4. Koreksi Geometrik

Terakhir, Pengolahan data yang dilakukan pada *SNAP* adalah koreksi geometrik. Koreksi geometrik berfungsi untuk memperbaiki ketidakkonsistenan antara koordinat lokasi data citra dengan koordinat lokasi sebenarnya di lapangan (Aryastana, *et al.*, 2017). Metode yang digunakan untuk koreksi geometrik adalah *Range Doppler Terrain Correction*. Metode *Range Doppler Terrain Correction* menggunakan ketersediaan data orbit, waktu perekaman radar, jarak miring ke permukaan dan DEM (*Digital Elevation Model*) referensi untuk mendapatkan lokasi yang presisi (Septiana, *et al.*, 2017). Koreksi geometrik dilakukan dengan menentukan parameter dan *band amplitude VV* yang akan diproses menggunakan SRTM sebagai input ke data DEM, pengunduhan data dilakukan secara otomatis, baik DEM dan *Image Resampling* menggunakan metode interpolasi bilinear. Metode ini dianggap mampu meningkatkan resolusi dengan memperkirakan nilai-nilai pixel baru diantara nilai-nilai pixel lama dengan perhitungan komputasi numerik. Berdasarkan pada data SRTM DEM, citra GRD Sentinel-1 dikoreksi dan diubah menjadi koordinat geografis (lat /long, Datum WGS 84). Proses ini dilakukan agar citra dapat menunjukkan gambaran yang kontras antara daerah yang basah (badan air) dan daerah kering (Fajrin, *et al.*, 2019).

2.3.5. Delineasi Garis Pantai

Teknik yang digunakan dalam proses ini adalah teknik *Single Band Threshold* (SBT) yaitu dengan memilih band daratan hasil dari proses *binarization*. Teknik SBT digunakan untuk membagi secara langsung citra menjadi dua bagian berdasarkan treshold/batasan nilai spektral pixel (Yang *et al.* 2021; Bioresita & Hayati 2016). Dalam kasus penelitian ini SBT membagi citra menjadi 2 bagian yaitu daratan dan lautan.

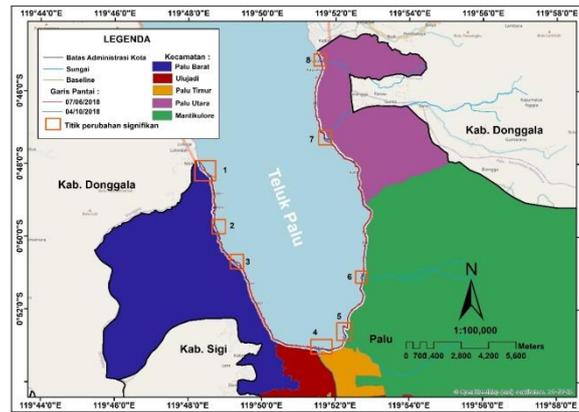
2.3.6. Analisis perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai dideteksi dan dianalisis dengan bantuan perangkat lunak DSAS yang merupakan *add-ins tool* pada perangkat lunak Arc GIS. DSAS sudah banyak digunakan dalam deteksi perubahan garis pantai (Fuad, *et al.* 2019; Kankara *et al.* 2015; Arjasakusuma *et al.* 2021; Agustin & Syah 2020; Tran Thi *et al.* 2014; Hapke *et al.* 2010; Fuad *et al.* 2022) karena selain pengoperasiannya yang mudah juga mampu menghitung perubahan secara simultan dan otomatis (Fuad & Setiyani 2017; Hakkou *et al.* 2018; Kermani *et al.* 2016). Metode deteksi perubahan garis pantai menggunakan pendekatan *Net Shoreline Movement* (NSM). Metode NSM menghitung pergerakan dari jarak garis pantai awal dan akhir pada masing-masing garis transek yang memotong garis pantai pada masing masing waktu (Thieler *et al.* 2009; Himmelstoss *et al.* 2018). Nilai perhitungan NSM pada penelitian ini digunakan untuk mengukur dan mengetahui seberapa besar jarak perubahan garis pantai antara sebelum dan sesudah terjadinya Tsunami. *Transect Spacing* yang digunakan pada kajian ini sebesar 50m dan *Transect Length* sepanjang 1500 m.

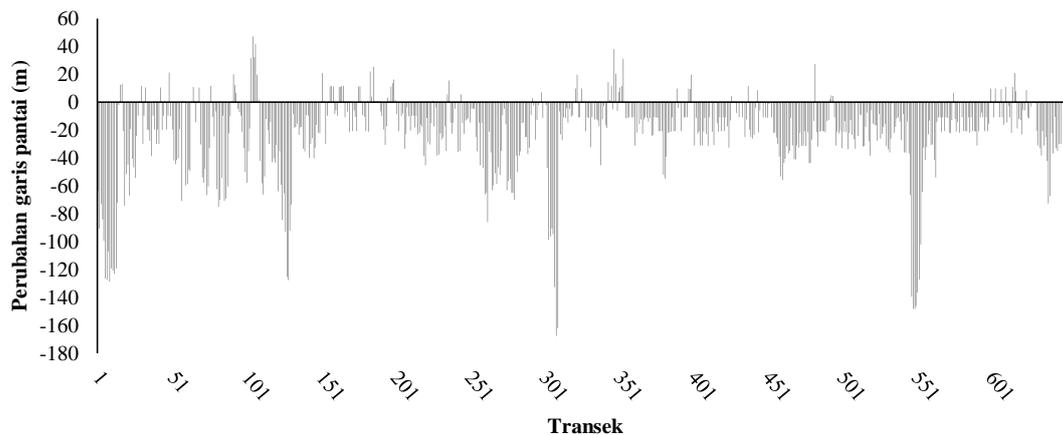
3. Hasil dan Pembahasan

Parameter pertumbuhan udang galah di Sungai Kuala Cenaku diolah dari data sebaran frekuensi panjang Perubahan garis pantai yang terjadi di wilayah Teluk Palu, Kota Palu, Sulawesi Tengah secara visual dapat dilihat melalui delineasi garis pantai hasil dari interpretasi citra satelit (Gambar 2). Untuk memperjelas daerah-daerah pada lokasi penelitian yang mengalami perubahan garis pantai secara signifikan, maka dibuatlah peta perubahan garis pantai yang menampilkan beberapa daerah/lokasi yang mengalami perubahan (abrasi/erosi) dengan ditandai menggunakan kotak-kotak berwarna merah yang diberi angka 1-8. Sedangkan perbesaran dari daerah-daerah yang mengalami perubahan garis pantai secara signifikan tersebut beserta kenampakan dari citra Google Earth sebelum dan sesudah Tsunami dapat dilihat pada Gambar 4. Dari hasil deteksi pada Gambar 2 – 3 dapat dilihat bahwa garis pantai di wilayah pesisir Teluk Palu, Kota Palu, Sulawesi Tengah pasca Tsunami telah banyak mengalami perubahan yang di dominasi oleh abrasi.

Perubahan garis pantai yang terjadi di wilayah Teluk Palu, Kota Palu, Sulawesi Tengah secara numerik dapat dilihat melalui hasil perhitungan DSAS. Terdapat beberapa perhitungan yang dapat dilakukan menggunakan DSAS, salah satunya adalah *Net Shoreline Movement* (NSM). NSM digunakan untuk mengukur jarak perubahan garis pantai antara garis pantai yang terlama dan garis pantai terbaru. Dalam penelitian ini nilai NSM digunakan untuk mengetahui jarak perubahan garis pantai yang terjadi sebelum dan sesudah Tsunami. Adapun hasil perhitungan nilai NSM pada wilayah Teluk Palu, Kota Palu, Sulawesi Tengah pasca Tsunami dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 2. Peta Perubahan Garis Pantai



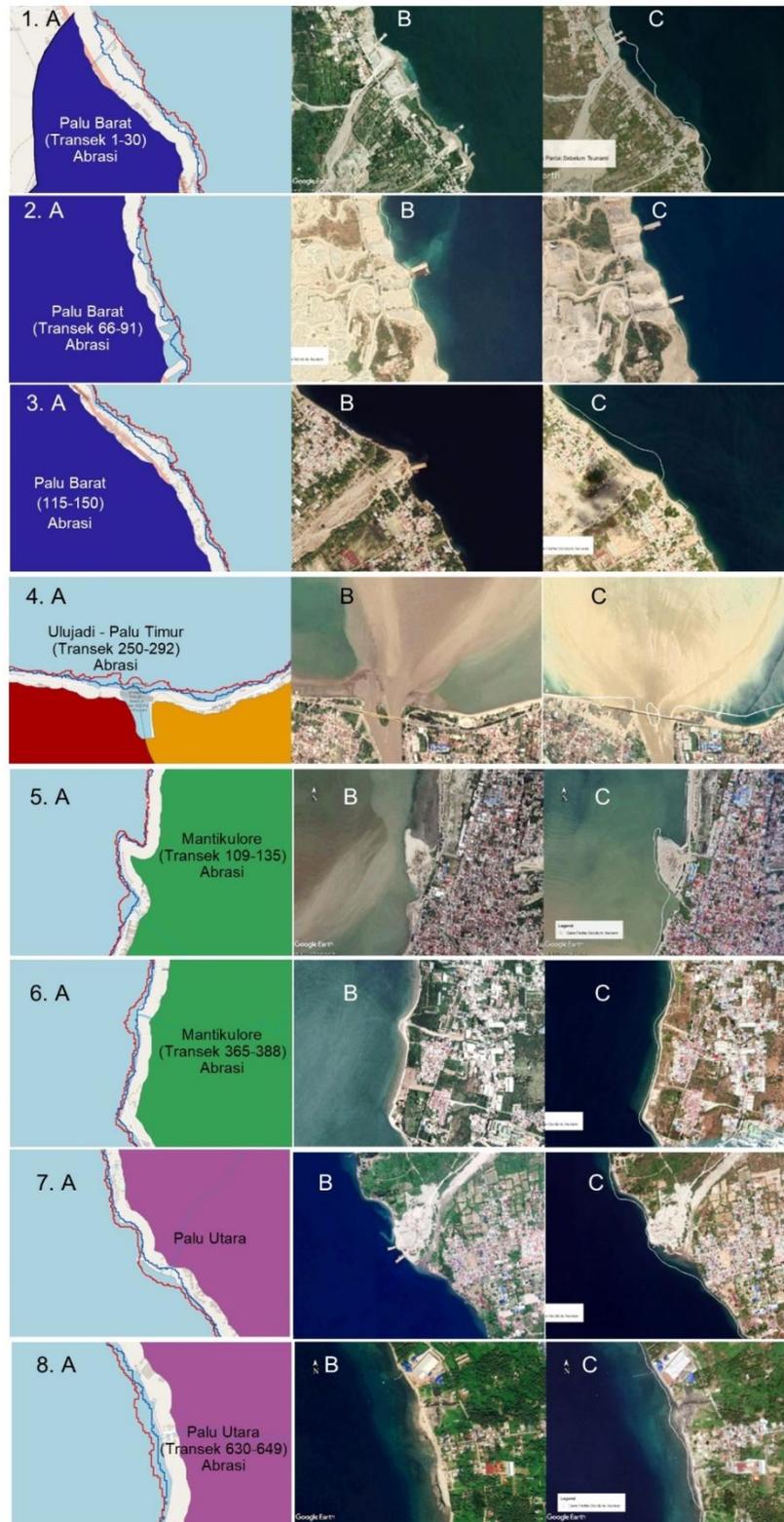
Gambar 3. Grafik Jarak Perubahan Garis Pantai Berdasarkan Transek

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa garis pantai pada Teluk Palu, Kota Palu, Sulawesi Tengah setelah terjadinya Tsunami mengalami perubahan yang cukup signifikan. Perubahan yang terjadi berupa kondisi abrasi dan akresi. Pada hasil perhitungan tersebut, perubahan yang terjadi didominasi oleh abrasi. Hal itu dapat dilihat dengan banyaknya nilai negatif yang artinya terjadi abrasi, dibandingkan dengan nilai yang positif yang artinya terjadi akresi. Adapun nilai abrasi tertinggi terdapat pada transek 309 dengan nilai abrasi -167,53m, sedangkan nilai abrasi terendah terdapat pada transek 242 dengan nilai abrasi -0,43m, dan untuk nilai rata-rata abrasi adalah -28,78m. Selanjutnya untuk nilai akresi tertinggi terdapat pada transek 105 dengan nilai akresi 47,27m, sedangkan untuk nilai akresi terendah terdapat pada transek 68 dengan nilai akresi 0,56m, dan untuk nilai rata-rata akresinya adalah 10,43m.

Pada wilayah Palu Barat, abrasi dapat terlihat jelas pada 3 area seperti pada Gambar 4. [bagian 1,2, dan 3]. Daerah tersebut merupakan daerah reklamasi yang belum memiliki struktur pelindung pantai sehingga banyak wilayahnya yang hilang tersapu Tsunami. Untuk daerah Ulujadi, abrasi dominan terdapat pada muara sungai, pada wilayah ini nampak terlihat hilangnya daratan delta yang berada di tengah Sungai Palu sebagai akibat dari Tsunami (Gambar 4 bagian 4). Pada citra Google Earth juga jelas terlihat adanya perubahan lebar dan morfologi Muara Sungai. Pergerakan gelombang Tsunami dipengaruhi oleh morfologi dan kemiringan dasar sungai (Tanaka, Kayane, *et al.* 2014). Tsunami dapat dengan cepat dapat merubah morfologi delta dan menyebabkan pantai mundur dan kehilangan sedimen (Chapkanski *et al.* 2021; Mitobe *et al.* 2018; Tanaka, Adityawan, *et al.* 2014). Pada wilayah Mantikulore, daerah yang mengalami abrasi yang tinggi lebih dari 100 meter yaitu di transek 109-135 dan transek 365-388 (Gambar 4 nomor 5 dan 6). Pada wilayah Palu Utara, Tsunami menyebabkan adanya kemunduran garis pantai akibat hilangnya sedimen di pantai. Pada wilayah ini beberapa area pantai mengalami abrasi sampai dengan Lebih dari 120 meter.

Perubahan garis pantai yang signifikan banyak terjadi di sekitaran lokasi penambangan pasir yang minim akan bangunan pelindung pantai. Minimnya bangunan pelindung pantai (alami maupun buatan) di suatu kawasan pantai akan membuat daerah tersebut memiliki keterbukaan yang tinggi terhadap hantaman gelombang Tsunami (Sihombing *et al.*, 2019). Semakin tinggi keterbukaan suatu kawasan pantai, maka akan semakin tinggi pula pantai tersebut mengalami abrasi. Daerah-daerah yang dibangun pemecah gelombang (*break water*) atau ditumbuhi pepohonan bakau akan membuat dampak yang ditimbulkan oleh gelombang Tsunami relatif rendah bahkan hampir tidak terjadi (Pribadi, *et al.*, 2018). Sedangkan, perubahan garis pantai (abrasi) tertinggi terjadi di lokasi reklamasi Teluk Palu yang terletak pada wilayah Kecamatan Mantikulore. Wilayah reklamasi Teluk Palu

yang merupakan hamparan dataran pasir yang luas tanpa adanya bangunan pelindung pantai serta bentuk morfologi Teluk Palu dan letak lokasi reklamasi yang berada di ujung Teluk Palu menjadi faktor yang mempengaruhi tingginya tingkat abrasi yang terjadi di lokasi tersebut. Bentuk morfologi Teluk Palu yang lonjong dan menyempit membuat gelombang Tsunami yang datang menuju ke arah Teluk Palu akan terpusat ke ujung dan menghantam wilayah reklamasi Teluk Palu dengan kuat, sehingga menimbulkan kerusakan kawasan pesisir dan abrasi pantai yang tinggi. Menurut Purba & Jaya (2004), mengatakan bahwa garis pantai akan mengalami erosi yang intensif jika daerah pantainya memiliki tingkat keterbukaan yang tinggi terhadap hantaman gelombang dan energi gelombang yang tinggi.



Gambar 4. Perubahan Garis Pantai yang signifikan di 8 area pada Lokasi Penelitian. (A) Perbandingan garis pantai sebelum dan sesudah Tsunami, dan Tampilan Citra Google Earth sebelum (B) dan sesudah (C) Tsunami.

Selain itu, perubahan garis pantai yang terjadi di wilayah Teluk Palu, Kota Palu, Sulawesi Tengah juga dipengaruhi oleh aktivitas dari sesar Palu-Koro yang menjadi sumber gempa bumi (Gambar 5). Hal tersebut dikarenakan adanya peristiwa deformasi berupa *offset* (pergeseran) Sesar Palu-Koro segmen Palu yang membentang dari Selat Makassar masuk melewati Teluk Palu terus menembus ke daratan hingga pantai utara Teluk Bone. Namun, pengaruh yang ditimbulkan terhadap perubahan garis pantai tidak terlalu besar dikarenakan pegeseran yang terjadi masih tergolong relatif kecil. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh PuSGeN (2018), pergeseran Sesar Palu-Koro yang terjadi pada saat bencana alam gempa bumi Palu-Donggala mencapai tidak lebih dari 6 meter dengan tipe pergerakan mendatar mengiri (*sinistral strike-slip*). Dari total panjang Sesar Palu-Koro yang mencapai ± 500 km, sesar aktif yang bergerak pada saat bencana alam Palu-Donggala adalah sekitar 160 km, dimana 70 km berada di daratan dan 90 km berada di bawah laut. Akibat dari peristiwa tersebut, banyak rumah-rumah dan bangunan lainnya yang berada di atas lintasan Sesar Palu-Koro telah mengalami kerusakan yang cukup parah.



Gambar 5. Peta sesar penyebab Gempa Palu hasil rekonstruksi data pemetaan TTD-BG dan citra satelit
Sumber: (Kusumah, *et al.*, 2018)

4. Kesimpulan

Tsunami yang terjadi pada tanggal 28 September 2018 lalu di Teluk Palu, Kota Palu, Sulawesi Tengah telah menyebabkan perubahan garis pantai berupa kondisi abrasi dan akresi. Perubahan garis pantai yang terjadi pasca Tsunami didominasi oleh kondisi abrasi dengan nilai abrasi tertinggi sebesar -167,53m yang terdapat pada transek 309 (Kecamatan Mantikulore) dan nilai abrasi terendah sebesar 0.43m yang terdapat pada transek 242 (Kecamatan Ulujadi). Sedangkan untuk nilai akresi tertinggi sebesar 47,27m yang terdapat pada transek 105 (Kecamatan Palu Barat), dan untuk nilai akresi terendah sebesar 0,56m yang terdapat pada transek 68 (Kecamatan Palu Barat). Besarnya perubahan garis pantai yang terjadi di Teluk Palu, Kota Palu, Sulawesi Tengah dipengaruhi oleh keterbukaan kawasan pantai terhadap hantaman gelombang Tsunami, kondisi pantai berpasir yang mudah mengalami abrasi serta bentuk morfologi Teluk Palu yang lonjong dan menyempit.

5. Saran

Tsunami telah menyebabkan abrasi yang tinggi pada beberapa wilayah di Teluk Palu, oleh karena itu perlu dilakukan mitigasi bencana Tsunami salah satunya dengan pembangunan tembok pelindung pantai pada beberapa wilayah. Penggunaan teknologi penginderaan jauh satelit pada penelitian ini terbukti dapat mendeteksi adanya perubahan garis pantai sebagai akibat Tsunami, namun demikian karena *time constraint* tidak dapat dilakukan survey lapang untuk mengetahui kondisi sebenarnya dan melakukan analisis akurasi perubahan garis pantai yang ada.

6. Referensi

- Agustin, N.S., & A.F.Syah. (2020). Analisis Perubahan Garis Pantai di Pulau Madura Menggunakan Citra Satelit Landsat 8. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan* 1 (3): 427–36. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i3.8843>.
- Arjasakusuma, S., S.S. Kusuma, S.Saringatin, P. Wicaksono, B.W. Mutaqin, & R. Rafif. (2021). Shoreline dynamics in East Java Province, Indonesia, from 2000 to 2019 using multi-sensor remote sensing data. *Land* 10 (2): 1–17. <https://doi.org/10.3390/land10020100>.
- Astuti, E.D.T, L.M Sabri, & M. Awwaluddin. (2021). Analisis Penentuan Batas Pengelolaan Wilayah Laut Provinsi Berciri Kepulauan dari Citra Sentinel-1a (Studi Kasus : Provinsi Kep. Bangka Belitung). *Jurnal Geodesi Undip* 10 (2): 69–77.
- Bioresita, F., & N.Hayati. 2016. Coastline changes detection using sentinel-1 satellite imagery in surabaya, east java, Indonesia. *Geoid* 11 (2): 190–98.
- Chapkanski, S., G. Brocard, F. Lavigne, C. Tricot, E. Meilianda, N. Ismail, J. Majewski, J.P. Goiran, D. Alfian, & P. Daly. (2021). Fluvial and coastal landform changes in the Aceh River delta (Northern Sumatra) during the century leading to the 2004 Indian Ocean Tsunami. *Earth Surface Processes and Landforms*.
- Demir, N., M. Kaynarca, & S. Oy. (2016). Extraction of coastlines with fuzzy approach using SENTINEL-1 SAR image. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 41: 747.
- Fajrin., M.Y. Adha, & I. Armi. (2019). Pemanfaatan Citra Sentinel-1 Sar Untuk Deteksi Banjir Studi Kasus Pangkalan Koto Baru Sumatera Barat. In *Seminar Nasional: Strategi Pengembangan Infrastruktur (SPI) 2019*.
- Fuad, M.A.Z., V.R. Effendi, & C.S.U. Dewi. (2022). Application of SAR Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS) in Coastline Change Studies – a Case Study of Coastline Change Due To the 2018 Tsunami in Tanjung Lesung, Banten. *Asian Journal of Aquatic Sciences* 5 (1): 87–95. <https://doi.org/10.31258/ajoa.5.1.87-95>.
- Fuad, M.A.Z., N. Yunita, R.D. Kasitowati, A. Sartimbul, & N. Hidayati. (2019). Pemantauan Perubahan Garis Pantai Jangka Panjang dengan Teknologi Geo-Spasial di Pesisir Bagian Barat Kabupaten Tuban, Jawa Timur. *Jurnal Geografi* 11 (1). <https://doi.org/10.24114/jg.v11i1.11409>.
- Fuad, M.A.Z, & M.F.A Setiyani. (2017). Automatic Detection of Decadal Shoreline Change on Northern Coastal of Gresik, East Java - Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 98 (1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/98/1/012001>.
- Fuad, M.A.Z., A. Sartimbul, F. Iranawati, A.B. Sambah, D.Yona, L.I. Harlyan, N. Hidayati, M.A. Rahman, & S.H.J. Sari. 2019. *Metode Penelitian Kelautan dan Perikanan: Prinsip Dasar Penelitian, Pengambilan Sampel, Analisis, dan Interpretasi Data*. Universitas Brawijaya Press.
- Hakkou, M., M. Maanan, T. Belhaba, K. El Khalidi, D. El Ouai, & A. Benmohammadi. (2018). Multi-decadal assessment of shoreline changes using geospatial tools and automatic computation in Kenitra coast, Morocco. *Ocean and Coastal Management* 163 (July): 232–39. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.07.003>.
- Han, H.G, & M.J. Lee. (2020). A Method for Classifying Land and Ocean Area by Removing Sentinel-1 Speckle Noise. *Journal of Coastal Research* 102 (sp1): 33–38. <https://doi.org/10.2112/SI102-004.1>.
- Hapke, C.J., E.A. Himmelstoss, M.G. Kratzmann, J.H. List, & E.R.Thieler. (2010). *National assessment of shoreline change: Historical shoreline change along the New England and Mid-Atlantic coasts*. US Geological Survey.
- Himmelstoss, E.A., R.E. Henderson, M.G. Kratzmann, & A.S. Farris. (2018). *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.0 User Guide*. US Geological Survey.
- Hong, S.B., W. Lee, J. Lee, & M. Youm. (2019). Development of Coastline Observation Technique using InSAR. *Journal of Coastal Research* 91 (SI): 351–55.
- Kankara, R.S., S.C. Selvan, V.J. Markose, B. Rajan, & S. Arockiaraj. (2015). Estimation of long and short term shoreline changes along Andhra Pradesh coast using remote sensing and GIS techniques. *Procedia Engineering* 116 (1): 855–62. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.374>.
- Kermani, S., M. Boutiba, M. Guendouz, M.S. Guettouche, & D. Khelfani. (2016). Detection and analysis of shoreline changes using geospatial tools and automatic computation: Case of jijelian sandy coast (East Algeria). *Ocean and Coastal Management* 132: 46–58. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.08.010>.
- Mitobe, Y., H. Tanaka, K. Watanabe, N. Tiwari, & Y. Watanabe. (2018). Numerical experiments on effect of river mouth morphology on tsunami behavior in rivers. *Coastal Engineering Journal* 60 (4): 516–31. <https://doi.org/10.1080/21664250.2018.1531815>.
- Ovakoglou, G., I. Cherif, T.K. Alexandridis, X. Pantazi, A.A. Tamouridou, D. Moshou, X. Tseni, I. Raptis, S. Kalaitzopoulou, & S. Mourelatos. (2021). Automatic detection of surface-water bodies from Sentinel-1 images for effective mosquito larvae control. *Journal of Applied Remote Sensing* 15 (1): 14507.
- Sihombing, Y.I., M.B. Adityawan, A. Chrysanti, Widyaningtias, M. Farid, J.Nugroho, A.A. Kuntoro, & M.A. Kusuma. (2019). Tsunami Overland Flow Characteristic and Its Effect on Palu Bay Due to the Palu Tsunami 2018. *Journal of Earthquake and Tsunami* 14 (02): 2050009. <https://doi.org/10.1142/S1793431120500098>.

- Siregar, P.N., B.Sudarsono, & L.M. Sabri. (2020). Analisis Hubungan Batas Pengelolaan Wilayah Laut Provinsi Kepulauan Riau dengan Batas Maritim Negara Indonesia Menggunakan Citra Sentinel-1A. *Jurnal Geodesi Undip* 10 (1): 95–104.
- Tanaka, H., M.B. Adityawan, & A. Mano. (2014). Morphological changes at the Nanakita River mouth after the Great East Japan Tsunami of 2011. *Coastal Engineering* 86: 14–26. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2014.01.002>.
- Tanaka, H., K. Kayane, M.B. Adityawan, M. Roh, & M. Farid. (2014). Study on the relation of river morphology and tsunami propagation in rivers. *Ocean Dynamics* 64 (9): 1319–32. <https://doi.org/10.1007/s10236-014-0749-y>.
- Thieler, E.R., E.A. Himmelstoss, J.L. Zichichi, & A. Ergul. (2009). *The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0—an ArcGIS extension for calculating shoreline change*. US Geological Survey.
- Tran T.V., A.T.T. Xuan, H.P. Nguyen, F. Dahdouh-Guebas, & N. Koedam. (2014). Application of remote sensing and GIS for detection of long-term mangrove shoreline changes in Mui Ca Mau, Vietnam. *Biogeosciences* 11 (14): 3781–95. <https://doi.org/10.5194/bg-11-3781-2014>.
- Yang, W., J. Sha, Z. Bao, J. Dong, X. Li, E. Shifaw, J. Tan, & T.H. Sodango. (2021). Monitoring tidal flats boundaries through combining Sentinel-1 and Sentinel-2 imagery. *Environmental Technology and Innovation* 22 (Mei): 101401. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101401>.
- Zhu, Q., P. Li, Z. Li, S. Pu, X. Wu, N. Bi, & H. Wang. (2021). Spatiotemporal Changes of Coastline over the Yellow River Delta in the Previous 40 Years with Optical and SAR Remote Sensing. *Remote Sensing* 13 (10): 1940.