Jurnal Pendidikan Geografi

Vol. 10 No. 1 2023
https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/jpg

Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) untuk Pengembangan Pariwisata di Kabupaten Samosir

Fahmi Aziz*, Sahid, Nana Putri Yanto
Institut Teknologi Sumatera
*fahmi.aziz@staff.itera.ac.id

Abstract

Surrounded by extensive lake waters, Samosir Regency has beach tourism potential that can attract foreign and local tourists. However, the water level of Lake Toba has decreased in recent years, allegedly due to changes in land cover around the Sidikalang and Samosir groundwater basins, which impact shoreline changes. This change in coastline will affect the function of the beach as a tourist destination if we do not have a good planning strategy. The purpose of this research is to identify changes of the coastline occurred in 1995, 2008, 2017. Then look at the factors that influence change, and determine what form of tourism is appropriate to deal with this change in coastline. The method used is remote sensing and geographic information systems (GIS) combined with the shoreline change method, namely DSAS (Digital Shoreline Analysis System). The results of the study found that the average rate of change of shoreline in Samosir Regency experienced an acretion of 1.3 meters/year and a abration of -0.3 meters/year. Changes in shoreline generally occur in areas that have a slope of 0 – 2%. Changes in land cover around CAT Sidikalang and Samosir on Landsat imagery in 1995 and 2017, there was a decrease in primary forest land cover area by 468.4 km^2 and secondary forest by 447.6 km^2, which would undoubtedly have an impact on reducing the rainwater catchment area in the region.

Keywords: *Shoreline changes, Remote sensing, DSAS, Land cover, Tourism*

Abstrak

Dikelilingi perairan danau yang cukup luas, Kabupaten Samosir memiliki potensi wisata pantai yang dapat menjadi daya tarik bagi turis asing maupun lokal. Namun, tinggi muka air Danau Toba beberapa tahun terakhir mengalami penurunan, diduga karena adanya perubahan tutupan lahan di sekitar cekungan air tanah (CAT) dikalang dan Samosir yang berdampak pada perubahan garis pantai. Perubahan garis pantai ini akan berpengaruh terhadap perubahan fungsi pantai sebagai destinasi wisata apabila tidak memiliki strategi yang baik. Tujuan penelitan ini untuk melihat seberapa besar laju perubahan garis pantai yang terjadi pada tahun 1995, 2008, 2017. Selanjutnya melihat faktor – faktor yang mempengaruhi perubahan, serta menentukan bentuk wisata apa yang sesuai untuk menghadapi perubahan garis pantai ini. Metode yang digunakan ialah penginderaan jauh dan sistem informasi

geografis (SIG) dikombinasikan dengan metode perubahan garis pantai yaitu DSAS (Digital Shoreline Analysis System). Hasil penelitian didapatkan bahwa rata – rata laju perubahan garis pantai di Kabupaten Samosir yang mengalami penambahan sebesar 1.3 meter/tahun dan pengurangan -0.3 meter/tahun. Perubahan gairs pantai umum terjadi di wilayah yang memiliki kelerengan sebesar 0 – 2 %. Perubahan tutupan lahan di sekitar CAT Sidikalang dan Samosir pada citra Landsat tahun 1995 dan 2017, terjadi penurunan luas tutupan lahan hutan primer sebesar 468.4 km^2 dan hutan sekunder sebesar 447.6 km^2 hal ini tentunya akan berdampak pada pengurangan daerah tangkapan air hujan di wilayah tersebut.

Kata kunci: Perubahan garis pantai, penginderaan jauh, DSAS, perubahan tutupan lahan, wisata

DOI: 10.20527/jpg.v10i1.15499
Received: 2 Februari 2022**; Accepted:** 7 Maret 2023**; Published:** 20 Maret 2023
How to cite: Aziz, F., Sahid, Yanto, N. P. (2023). Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) untuk Pengembangan Pariwisata di Kabupaten Samosir. *JPG (Jurnal Pendidikan Geografi), Vol. 10 No. 1.* http://dx.doi.org/10.20527/jpg.v10i1.15499
© 2023 JPG (Jurnal Pendidikan Geografi)
**Corresponding Author*

1. Pendahuluan

Terletak di sekitar kawah kaldera Danau Toba, Kabupaten Samosir berpotensi untuk menjadi destinasi wisata yang menarik bagi para turis lokal maupun internasional. Produk wisata yang ditawarkan bukan hanya sekedar keindahan alam, tetapi juga warisan budayanya. Danau Toba, menjadikan kabupaten ini memiliki potensi perencanaan dan pemanfaatan fungsi pantai sebagai tempat wisata, maupun mendukung dalam memenuhi kebutuhan masyarakat sekitar (Pardede & Suryawan, 2016).

Banyak kalangan yang mengartikan pantai sebagai tempat yang hanya membatasi antara wilayah laut dan daratan. Namun menurut KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) pantai merupakan tempat pertemuan antara massa air dan daratan. Dalam hal ini, bukan hanya membatasi massa air laut saja, tetapi massa air lainnya salah satunya danau. Pantai selain memiliki fungsi sebagai tempat pembatas antara daratan dan massa air, juga memiliki fungsi untuk menunjang kebutuhan manusia seperti tempat wisata, areal tambak, dll. Oleh karena itu, perencanaan dan pemanfaatan kawasan pantai untuk pariwisata di Kabupaten Samosir perlu dikembangkan dan didukung dengan berbagai fasilitas serta pelayanan yang disediakan oleh masyarakat setempat, pengusaha, pemerintah pusat dan setempat.

Perubahan garis pantai merupakan suatu fenomena berkurangnya (abrasi) atau bertambahnya (akresi) yang diakibatkan oleh pergerakan sedimen, air, dan penggunaan tanah. Garis pantai merupakan batas antara massa air laut atau lainnya dengan daratan, dimana garis yang dimaksud ditentukan oleh pasang tertinggi air laut (Mentaschi et al., 2018; Mujabar & Chandrasekar, 2013).

Posisi garis pantai selalu dinamis, hal ini dikarenakan berbagai faktor diantaranya erosi (akresi dan abrasi) dan pasang surut . Aktivitas penggunaan lahan di wilayah pesisir seperti pemukiman, industri, tambak dan lainnya dapat mempercepat proses perubahan

garis pantai. Selain itu, faktor alam seperti pergerakan sedimen dari sungai dan pergerakan ombak juga dapat mempengaruhi proses tersebut (Mujabar & Chandrasekar, 2013). Hal ini tentunya akan berdampak terhadap kesehatan ekosistem pinggir pantai dan menurunnya fungsi pantai.

Perubahan garis pantai di Kabupaten Samosir telah dirasakan oleh masyarakat setempat, pengurangan tinggi muka air danau yang terjadi beberapa tahun terakhir ini sangat signifikan, yang menyebabkan beberapa wisata pantai di beberapa tempat seperti fasilitas permainan anak di Pantai Indah Situngkir tidak berfungsi. Menurut surat kabar (Kompas, 2018), perubahan garis pantai yang terjadi sebesar 50 – 80 meter selama 3 tahun terakhir. Penulis menduga bahwa penurunan tinggi muka air di Danau Toba diakibatkan adanya perubahan tutupan lahan, yang asalnya merupakan wilayah vegetasi lebat (hutan) berubah menjadi lahan terbuka (pemukiman, lahan kosong, sawah dll) seperti dalam penelitian (Sihotang et al., 2012).

Hutan yang merupakan daerah tangkapan air (DTA) yang berfungsi menjadi daerah tangkapan air hujan dan aliran permukaan untuk dilanjutkan ke dalam tanah, yang pada akhirnya sebagian akan disimpan menjadi air tanah, serta sebagian lagi dilepas ke sungai maupun danau (Syuhada et al., 2018; Woyessa & Welderufael, 2021).

Aktifitas manusia untuk memanfaatkan dan merubah tutupan lahan hutan dalam memenuhi kebutuhan sehari-harinya, berdampak pada kualitas dan kuantitas air ke cekungan air tanah (CAT) yang berkurang (Brands et al., 2017; Demiroğlu, 2017). Pada penelitian ini, terdapat dua CAT yang termasuk dalam wilayah Kabupaten Samosir yaitu, CAT Sidikalang dan CAT Samosir. Oleh karena itu, analisis perubahan garis pantai perlu dilakukan untuk keberlangsungan pembangunan dan perencanaan wilayah pantai untuk kegiatan pariwisata.

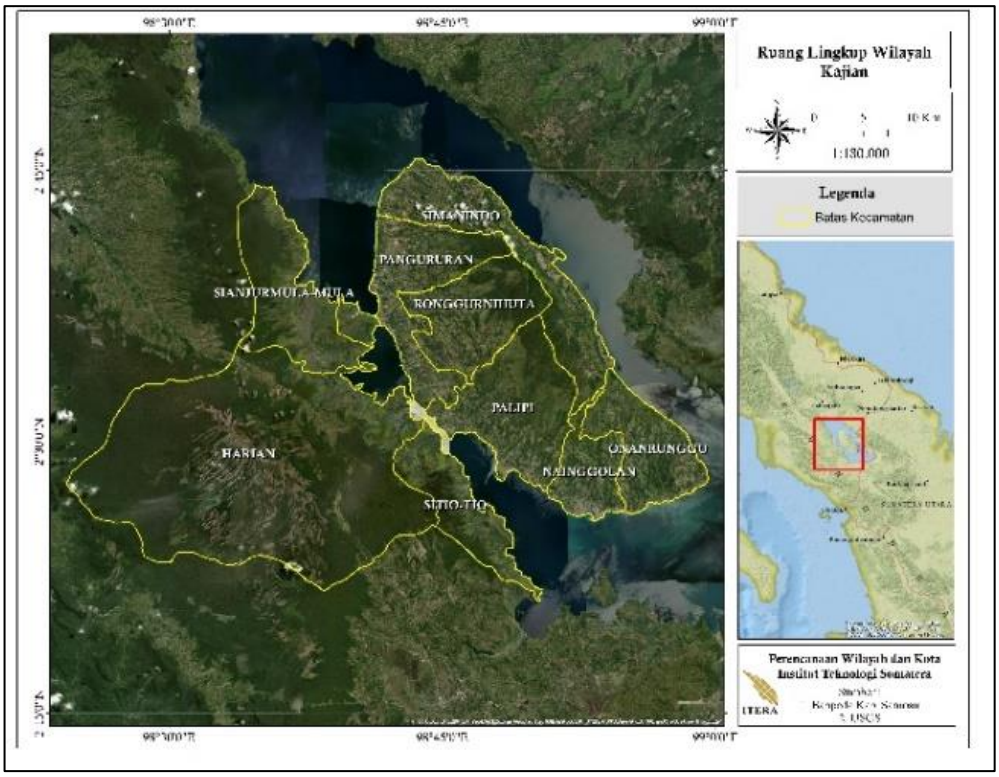
Penggunaan teknik penginderaan jarak jauh untuk melihat perubahan garis pantai di Kabupaten Samosir merupakan cara efektif dan cepat untuk memberikan informasi secara spasial dan akurat. Seperti pada penelitian sebelumnya (Aziz & Masry, 2022; Vallarino Castillo et al., 2022; Warnasuriya et al., 2018) dalam mendeteksi perubahan garis pantai digunakan alat analisis DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*), yang dinilai dapat memberikan hasil statistik untuk mempermudah dalam interpretasi.

Penelitian ini menggunakan citra landsat tahun 1995, 2008, dan 2017. Analisis menggunakan DSAS yaitu *tools* yang dikeluarkan oleh USGS (*United States Geological Survey*). Selain itu, penggunaan sistem informasi geografis (SIG) juga akan membantu dalam proses interpretasi pada peta yang dihasilkan. Penelitian mengenai perubahan garis pantai di Kabupaten Samosir belum banyak dikaji, sehingga perlu dilakukan penelitian tentang "Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) untuk Pengembangan Pariwisata di Kabupaten Samosir".

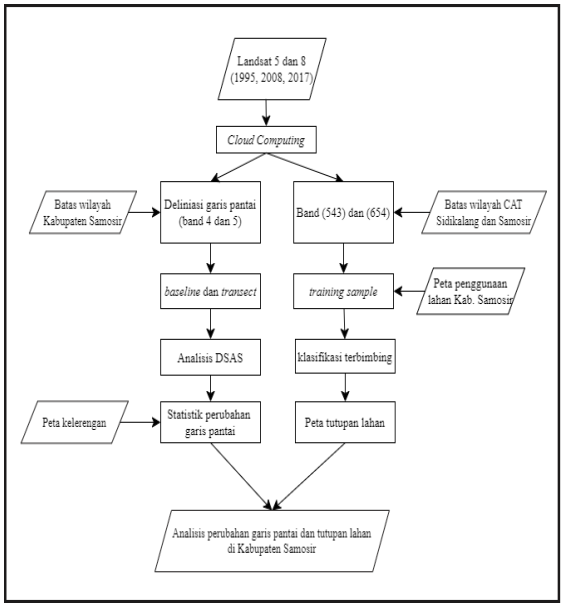
2. Metode

Ruang lingkup wilayah penelitian ini dilakukan di Kabupaten Samosir, Sumatera Utara yang memiliki luas wilayah sekitar 1444.5 km^2, dimana wilayah kabupaten ini terbagi menjadi dua yaitu sebagian berada di Pulau Samosir dan sebagianlagi berada di Pulau Sumatera (Gambar 1). Memiliki ketinggian tempat berkisar antara 904 – 2157 mdpl, membuat suhu udara rata – rata di wilayah ini cukup rendah sekitar 16.4 – 29 ^{0}C. Kabupaten membentang dari $2^0$21'38" – $2^0$49'48" Lintang Utara hingga $98^0$24'00" – $99^0$01'48" Bujur Timur, dengan 9 (sembilan) kecamatan diantaranya Kecamatan Sianjur Mulamula, Harian, Sitiotio, Onanrungu, Nainggolan, Palipi, Ronggurnihuta, Pangururan, dan Simanido (Badan Pusat Statistik, 2018).

Tahapan proses pengolahan data (Gambar 2) yang dilakukan pada penelitian ini dengan mengumpulkan citra satelit Landsat 5 dan 8 pada periode tahun 1995, 2008, 2017. Selanjutnya, untuk memperoleh citra satelit bebas awan digunakan bantuan *Google Earth Engine* (GEE), yang dimana di dalam platform tersebut sudah tersedia pengolahan bebas awan (*cloud computing*). Hal ini, dinilai sangat membantu dalam proses pemisahan badan air dan daratan, serta dalam proses klasifikasi tutupan lahan.

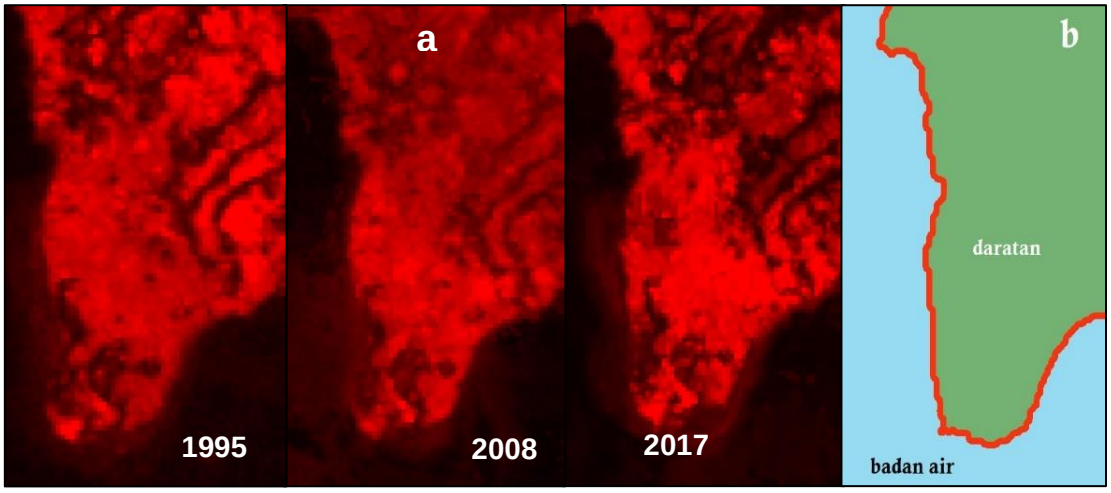


Gambar 1. Lokasi penelitian



Gambar 2. Alur kerja penelitian

Proses deliniasi garis pantai diolah menggunakan perangkat lunak ArcGIS, selanjutnya menggunakan band inframerah dari citra Landsat 5 dan 8 agar mempermudah dalam visualisasi badan air (hitam) dan daratan (merah) (Gambar 3). Kemudian, citra tersebut diklasifikasikan menjadi dua kelas yaitu badan air dan daratan, selanjutnya melakukan deliniasi garis pantai dari polygon kelas yang telah dibuat.



Gambar 3. (a) band inframerah; (b) proses deliniasi garis pantai

Setelah mendapatkan garis pantai pada masing – masing citra Landsat, langkah selanjutnya yaitu perhitungan statistik nilai *Net Shoreline Movement* (NSM) dan *End Point Rate* (EPR) menggunakan DSAS yang memerlukan proses penginstalan secara manual di ArcGIS. Hasil analisis DSAS berupa nilai NSM dan EPR, yang nantinya hal tersebut bertujuan untuk melihat seberapa besar perubahan garis pantai di sepanjang garis pantai. Dalam mencari nilai NSM, DSAS menentukan jarak antara garis pantai periode terlama (tahun 1995) dengan yang terbaru (tahun 2017), sedangkan untuk menentukan nilai EPR dengan membagi nilai NSM dengan rentang waktu garis pantai terlama dan terbaru.

Berikut persamaan yang digunakan dalam menentukan nilai NSM dan EPR dalam (Himmelstoss et al., 2018) :

$$\boldsymbol{NSM = Jarak\ antara\ garis\ pantai\ 1995\ dan\ 2017}$$

$$\boldsymbol{EPR = \frac{NSM}{Rentang\ waktu\ dari\ tahun\ 1995\ hingga\ 2017}}$$

Dalam hal ini, DSAS saat ini sangat populer untuk digunakan dalam menganalisis perubahan garis pantai. Kemudahan dalam proses input data, yang hanya memerlukan minimal 2 (dua) data garis pantai (Himmelstoss et al., 2018), hal tersebut dinilai menjadikan DSAS digunakan dibanyak penelitian mengenai perubahan garis pantai.

Proses analisis perubahan garis pantai juga perlu menghubungkan keterkaitan antara proses abrasi (pengurangan) atau akresi (penambahan) garis pantai dengan tingkat kemiringan/kelerengan daerah pantai. Hipotesis dalam penelitian ini menduga bahwa jika daerah pantai yang memiliki kemiringan lereng >45%, maka perubahan garis pantai akan sulit dideteksi dibandingkan dengan pantai yang landai. Peta kemiringan lereng yang digunakan dalam penelitian ini, didapatkan dari Bappeda Kabupaten Samosir.

Klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode *interactive supervised classification* (klasifikasi terbimbing), metode ini menggunakan *training sample* dalam membuat kelas tutupan lahan. Sampel tutupan lahan diambil pada saat survey lapangan, titik yang diambil kurang lebih berjumlah 40 titik dengan menggunakan foto dan GPS *smartphone*, dimana akurasi GPS tidak sebaik alat GPS lapangan. Pada tahap ini, menghasilkan 6 (enam) kelas tutupan lahan diantaranya badan air, hutan primer, hutan sekunder, lahan terbangun, lahan terbuka dan semak belukar. Proses klasifikasi juga dibantu dengan peta tutupan lahan yang mengacu pada peta tutupan lahan yang dikeluarkan Bappeda Kab. Samosir.

Batas wilayah peta tutupan lahan menggunakan wilayah CAT Sidikalang dan Samosir, hal ini dikarenakan tutupan lahan mempengaruhi tangkapan air pada daerah tersebut, yang pada akhirnya air tersebut akan mengarah langsung ke Danau Toba. Menurut PERPRES 81 tahun 2014 mengenai RTR kawasan Danau Toba, Cekungan Air Tanah atau bisa disingkat CAT merupakan wilayah terjadinya proses maupun siklus hidrogeologis, seperti proses pada daerah resapan air hingga menuju ke daerah pelepasan air, dimana pelepasan pada penelitian ini yaitu Danau Toba.

Proses selanjutnya yaitu melakukan analisis statistik dengan menghitung perubahan tutupan lahan yang terjadi dari tahun 1995 hingga 2017, kemudian dihubungkan dengan penurunan muka air danau sehingga berdampak pada perubahan garis pantai. Hasil analisis tersebut dapat menjadi dasar dalam menentukan pemanfaatan wisata jangka panjang pada daerah pantai yang mengalami perubahan garis pantai.

3. Hasil Dan Pembahasan

Hasil statistik dari pengolahan menggunakan DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*), didapatkan perubahan garis pantai yang terjadi sebagian besar pada daerah Pulau Samosir diantaranya pada Kecamatan Pangururan, Harian, Sianjur Mulamula, Sitiotio, Palipi, Nainggolan, Onanrungu dan Simanindo, kecuali Kecamatan Ronggur Nihuta, dikarenakan kecamatan ini tidak memiliki garis pantai.

Tabel 1 Hasil analisis statistik NSM dan EPR menggunakan DSAS

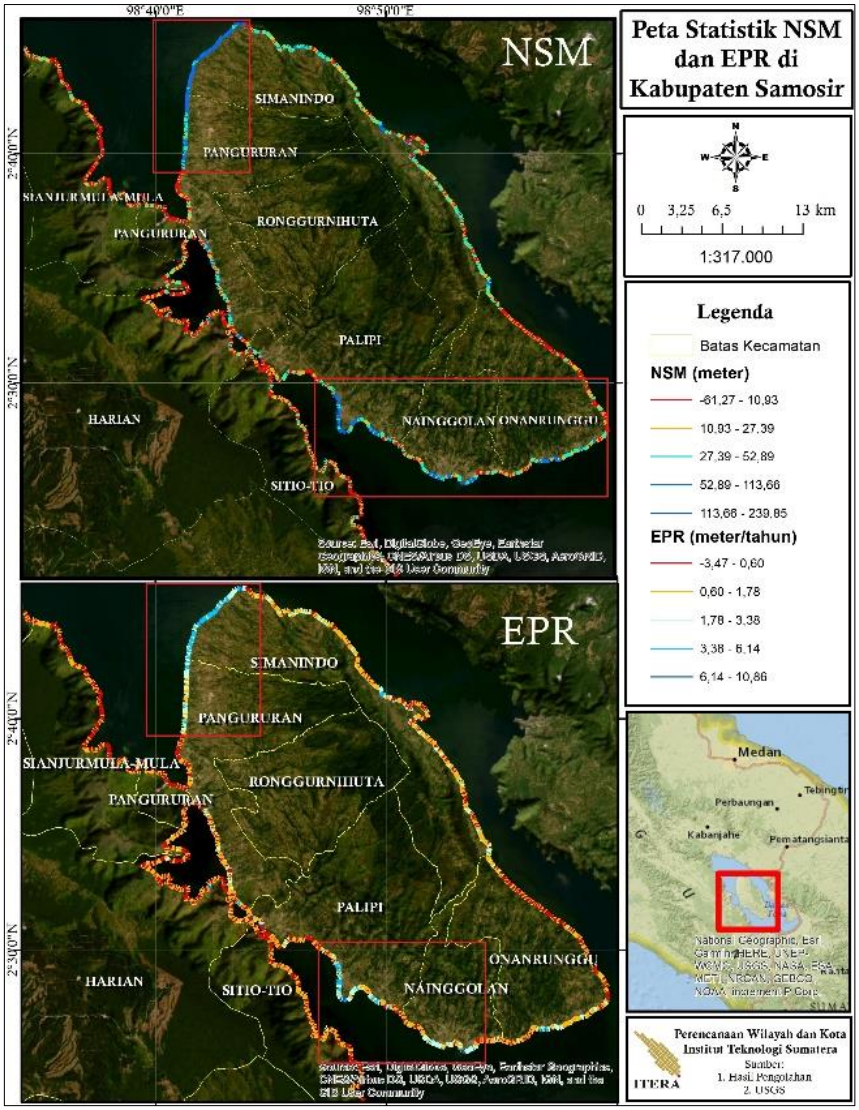
Kecamatan	NSM (meter)				EPR (meter/tahun)			
	Tertinggi	Terendah	Rata-Rata +	Rata-Rata -	Tertinggi	Terendah	Rata-Rata +	Rata-Rata -
Pangururan	98.2	-30.4	32.9	-4.5	4.5	-1.4	1.5	-0.2
Harian	174.4	-24.2	20.1	-4.3	7.9	-1.1	0.9	-0.2
Sianjur	156.2	-23.4	17.5	-0.7	7.1	-1.0	0.8	-0.04
Sitiotio	51.8	-29.4	17.5	-2.8	2.4	-1.3	0.8	-0.12
Palipi	178.7	-28.4	42.3	-3.3	8.1	-1.3	2.0	-0.2
Nainggolan	157.0	-0.6	32.7	-0.33	7.1	-0.03	1.5	-0.01
Onanrungu	143.4	-26.2	25.4	-1.3	6.5	-1.2	1.2	-0.1
Simanindo	165.0	-0.62	40.7	-0.25	7.5	-1	1.8	-0.06
Rata-rata	145.6	-42.4	28.8	-3.6	6.6	-2.1	1.3	-0.3

Keterangan: nilai (±) memilki arti terjadi penambahan (akresi) atau pengurangan garis pantai (abrasi)

Hasil analisis NSM (*Net Shoreline Movement*) menunjukan perubahan garis pantai terlama yaitu tahun 1995 dan yang terbaru pada tahun 2017. Dimana, nilai perubahan yang tertinggi (akresi) berada pada Kecamatan Palipi yaitu sebesar 178 m dengan rata – rata sebesar 42.3 m dan Kecamatan Sitiotio memiliki nilai terendah sebesar 51.8 m dengan rata – rata 17.5 m. Sedangkan, untuk nilai EPR menjelaskan bahwa perubahan

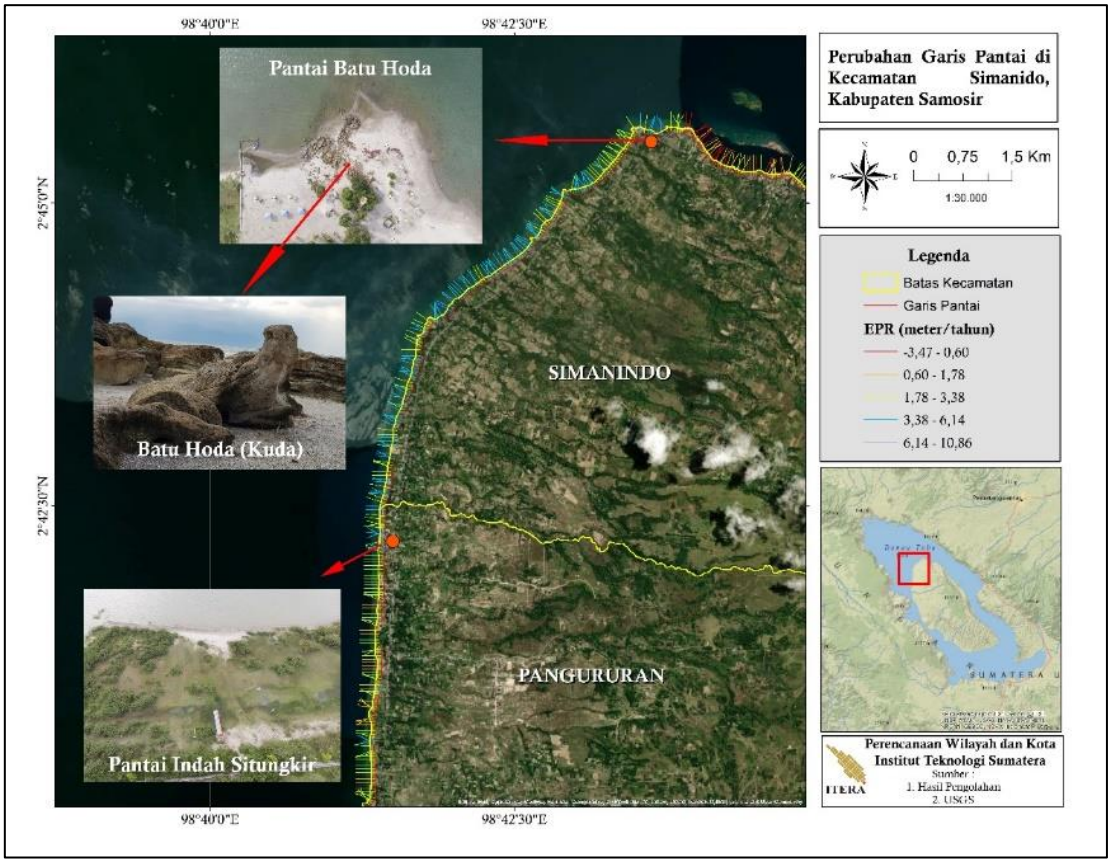
garis pantai Kecamatan Palipi mengalami akresi 8.1 m/tahun dengan rata – rata 2 m/tahun, dan pada Kecamatan Sitiotio 2.4 m/tahun dengan rata – rata sebesar 0.8m/tahun. Selanjutnya, nilai NSM terendah (abrasi) berada pada Kecamatan Pangururan yaitu sebesar 30.4 m dengan rata – rata perubahan sebesar 4.5 m, dimana Kecamatan Nainggolan memiliki nilai abrasi garis pantai terendah yaitu sebesar -0.6 m dengan rata – rata -0.33 m. Berdasarkan nilai EPR, laju pengurangan garis pantai Kecamatan Pangururan sebesar -1.4 m/tahun, dan Kecamatan Nainggolan sebesar 0.33 m/tahun (Tabel 1).

Perubahan garis pantai apabila dilihat dari peta sebaran nilai NSM dan EPR (Gambar 4), terlihat Kabupaten Pangururan, Simanindo, Nainggolan dan Palipi memiliki warna hijau dan biru, dimana warna tersebut menggambarkan terjadinya akresi garis pantai yang signifikan dari tahun 1995 – 2017. Selanjutnya, akresi garis pantai ditandai dengan warna merah yang apabila dilihat dari peta sebarannya Kecamatan Sianjur Mulamula, Harian, Sitiotio dan Onanrungu merupakan kecamatan yang paling banyak terkena pengurangan garis pantai.



Gambar 4. Peta sebaran nilai EPR dan NSM

Hal ini dibuktikan dengan pengujian ke lokasi yang berdasarkan nilai EPR mengalami akresi, yaitu di Pantai Indah Situngkir, Parbaba dan Pantai Batu Hoda, Simanindo. Dimana tempat wisata Pantai Indah Situngkir, terdapat fasilitas bermain anak – anak berupa perosotan yang sudah tidak berfungsi lagi, hal ini dikarenakan garis pantai yang sudah berubah (Gambar 5). Tetapi berbeda dengan tempat wisata Pantai Batu Hoda, pantai ini justru dibuka ketika adanya fenomena perubahan garis pantai. Nama 'Hoda' diperoleh dari penamaan masyarakat sekitar, dikarenakan ketika air danau surut akibat pasang terdapat sebuah batu yang terlihat seperti kuda (Gambar 5).



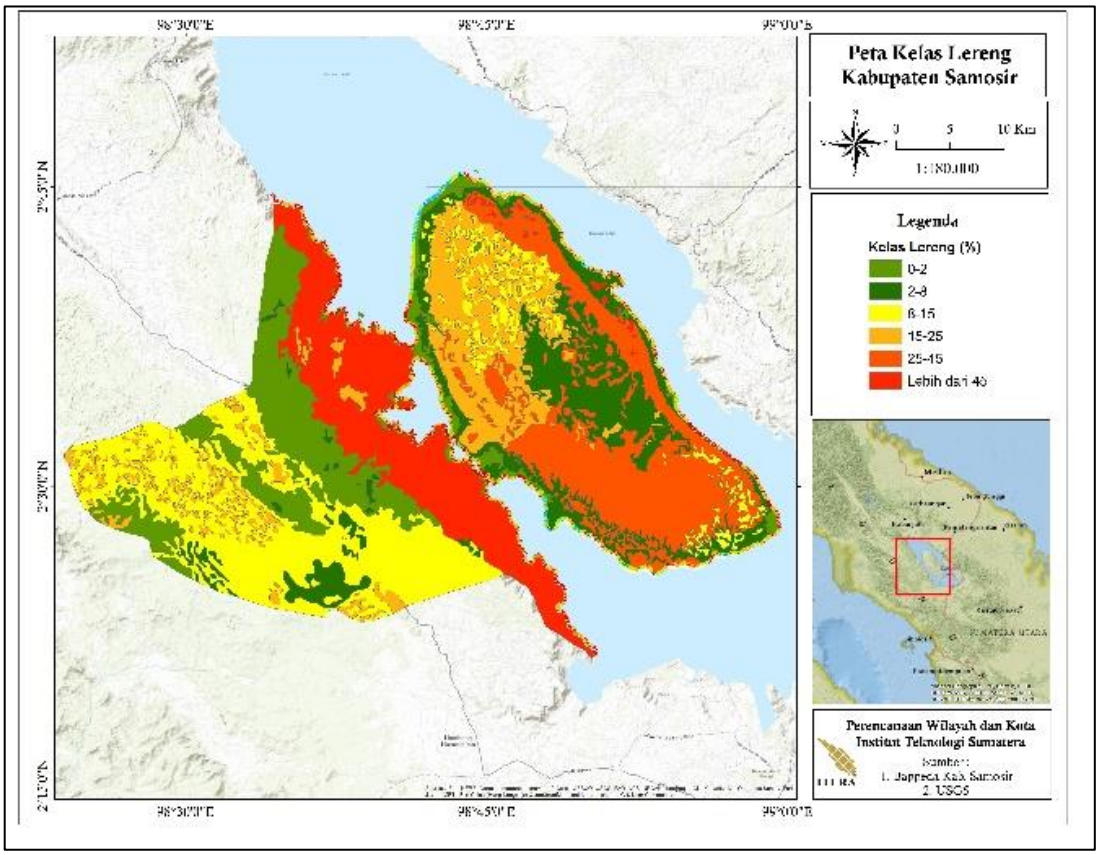
Gambar 5. Bukti akresi garis pantai pada Pantai Indah Situngkir dan Batu Hoda

Sekarang, batu tersebut sudah bisa dilihat keberadaanya dikarenakan tinggi muka air danau yang berkurang beberapa tahun terakhir. Pantai Batu Hoda saat ini sudah dikelola sangat baik serta alasan tempat ini menjadi tujuan destinasi wisata yang dipilih wisatawan lokal maupun internasional, ialah pantai ini menyajikan tempat atau spot untuk berfoto khas media sosial yang banyak digunakan seperti instagram dan facebook. Begitupun fasilitas yang disediakan cukup lengkap, dari tempat bilas yang unik, mushola, cafetaria, toko – toko cenderamata, tempat parkir yang luas, dan juga tempat bersantai seperti pantai – pantai di Bali (Gambar 6).

Pantai Batu Hoda merupakan contoh pemanfaatan wisata akibat adanya perubahan garis pantai yang terjadi di Kabupaten Samosir. Namun, pengelolaan tempat wisata pun harus memperhatikan aspek lingkungan, jangan sampai memperparah kondisi pantai akibat penurunan tinggi muka air Danau Toba.

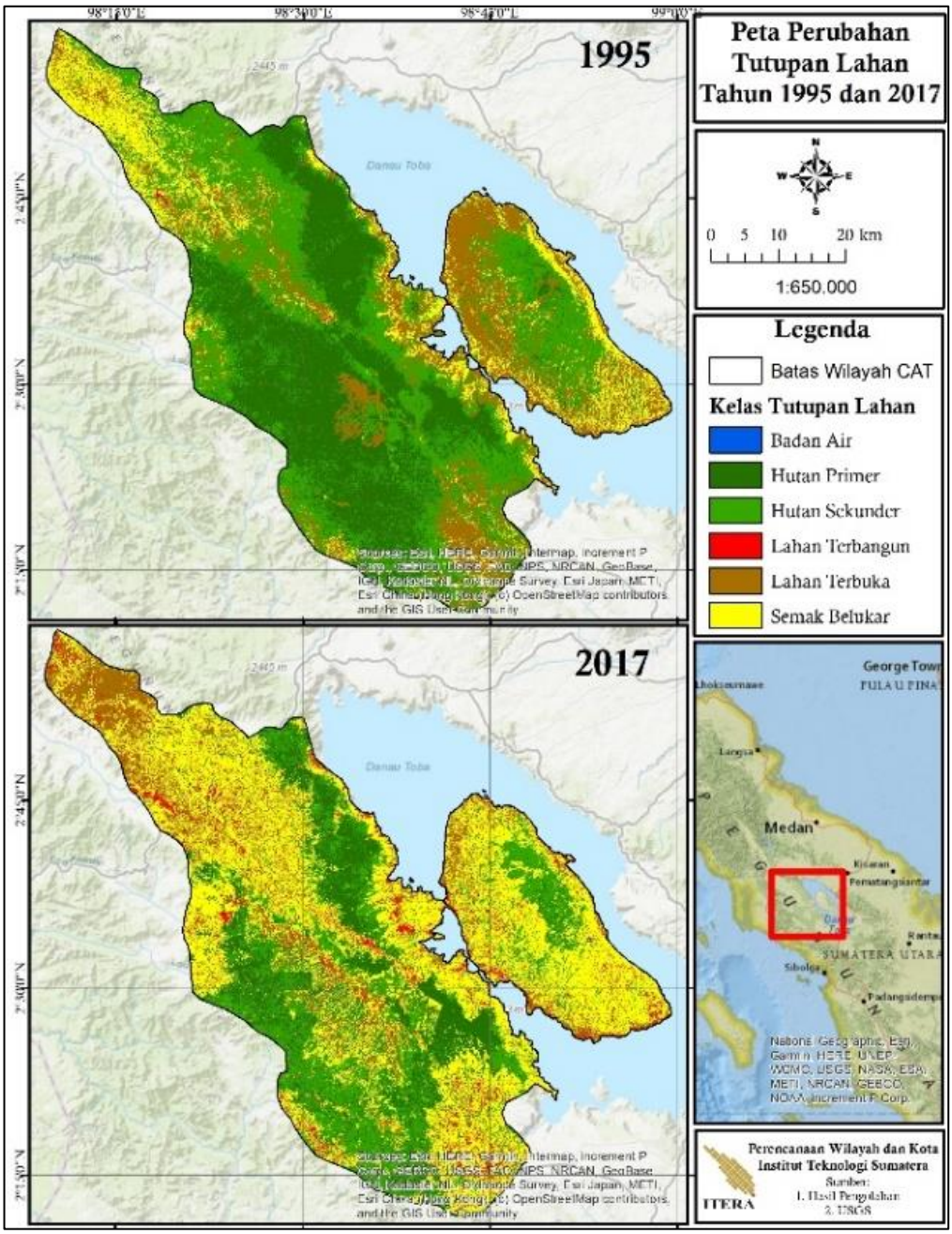
Gambar 6. Fasilitas wisata yang ada di Pantai Batu Hoda

Perubahan garis pantai apabila dilihat menurut kelas kelerengan tanah, akresi umumnya terjadi di daerah yang memiliki kemiringan lereng sebesar 0 – 2%, atau dikategorikan landai. Hal ini dikarenakan, daerah pantai yang landai lebih mampu menunjukan penurunan tinggi muka air danau daripada pantai yang memiliki kelerangan tinggi/terjal (Gambar 7).



Gambar 7. Peta lereng Kabupaten Samosir

Didukung oleh penelitian (Sihotang et al., 2012), mengatakan terjadinya penurunan tinggi muka air Danau Toba akibat adanya ketidakseimbangan neraca air, yang diduga terganggunya fungsi DTA (Daerah Tangkapan Air). Luasnya Danau Toba memberi kesan bahwa penurunan tinggi muka air danau terjadi sangat lambat, tetapi bukan berarti volume air yang hilang sedikit, melainkan hilang dalam jumlah yang sangat banyak.



Gambar 8. Peta perubahan tutupan lahan di CAT Sidikalang dan Samosir

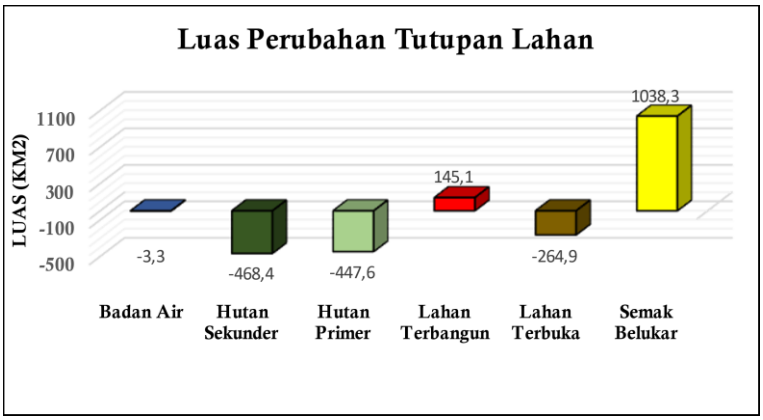
Perubahan garis pantai diduga karena penurunan tinggi muka air Danau Toba, yang dipicu akibat adanya perubahan tutupan lahan di daerah resapan air sekitar CAT Sidikalang dan Samosir dari tahun 1995 hingga 2017. Perubahan tutupan lahan dari vegetasi lebat (hutan) menjadi lahan terbuka dapat memberikan dampak terhadap sistem neraca air di Danau Toba (Gambar 8).

Berdasarkan peta tutupan lahan (Gambar 8) yang dihasilkan dari proses klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra Landsat 5 dan 8. Diperoleh 6 (enam) kelas tutupan lahan diantaranya badan air, hutan primer, hutan sekunder, lahan terbangun, lahan terbuka, dan semak belukar. Apabila dilihat dari peta tersebut, terlihat perubahan yang signifikan terjadi selama 27 tahun pada kelas tutupan lahan hutan primer dan sekunder (warna hijau) menjadi semak belukar (warna kuning) maupun lahan terbuka (warna coklat) serta terbangun (warna merah).

Tabel 2. Perubahan tutupan lahan tahun 1995 dan 2017

No.	Kelas Tutupan Lahan	Luas Tutupan Lahan (km^2)		
		Warna	1995	2017
1	Badan Air		7.2	3.9
2	Hutan Sekunder		1128.4	660.1
3	Hutan Primer		958.1	510.5
4	Lahan Terbangun		8.4	153.5
5	Lahan Terbuka		667.8	402.8
6	Semak Belukar		436.4	1474.7

Besaran luas perubahan tutupan lahan dari tahun 1995 hingga 2017 pada masing – masing kelas menunjukan bahwa, luas badan air mengalami penurunan dari 7.2 km^2 menjadi 3,9 km^2. Luasan hutan sekunder mengalami penurunan dari 1128.4 km^2 menjadi 660.1 km^2, diikuti penurunan luas lahan pada 2 (dua) kelas lainnya yaitu, luas hutan primer dari 958.1 km^2 menjadi 510.5 km^2 dan lahan terbuka dari 667.8 km^2 menjadi 402.8 km^2. Selanjutnya, lahan terbangun mengalami penambahan luas dari 8.4 km^2 menjadi 153.5 km^2, diikuti penambahan luas dari semak belukar dari 436.4 km^2 menjadi 1474.7 km^2 (Tabel 2).



Gambar 9. Grafik perubahan tutupan lahan tahun 1995 dan 2017

Lebih jelasnya dapat dilihat melalui grafik perubahan tutupan lahan yang menghitung berapa luas tutupan lahan yang mengalami perubahan dari periode tahun 1995 hingga 2017 (22 tahun). Badan air mengalami penurunan yang ditunjukan dengan nilai negatif (-) sebesar 3.3 km^2, diikuti hutan primer sebesar 468.4 km2, hutan sekunder sebesar 447.6 km^2, serta lahan terbuka sebesar 264.9 km^2. Selanjutnya, nilai positif yang menunjukan penambahan luas tutupan lahan, terjadi pada lahan terbangun sebesar 145.1

km^2, diikuti oleh semak belukar sebesar 1038.3 km^2. (Gambar 9).

Kehilangan hutan sekunder dan primer diduga karena adanya penebangan hutan untuk kepentingan dalam industri kertas yang berada, ditambah dengan adanya aktifitas penebangan liar, serta konversi hutan menjadi tempat tinggal. Fenomena ini sudah lazim, yang didukung dengan teori dimana setiap tahun terjadi penambahan populasi penduduk, yang pada akhirnya akan membutuhkan lahan untuk dijadikan tempat tinggal (Sihotang et al., 2012).

Tutupan lahan hutan yang hilang tentu berdampak pada proses penyerapan air hujan yang akan jatuh ke tanah, selanjutnya akan disimpan menjadi air tanah, dan pada akhirnya air tersebut sebagian akan dialirkan ke daerah lepasan yaitu Danau Toba (Sihotang et al., 2012; Wilcox et al., 2007). Pengurangan cadangan air tanah pada wilayah CAT tentunya akan berdampak pada penurunan air yang dilepasakan ke Danau Toba, sehingga air danau pun menjadi berkurang dan hal ini menyebabkan terjadinya fenomena perubahan garis pantai.

Keterkaitan antara tutupan lahan dan perubahan garis pantai, berdasarkan peta tutupan lahan 1995 daerah Kecamatan Harian dan Ronggar Nihuta masih dipenuhi oleh vegetasi lebat dimana hutan primer dan sekunder memenuhi daerah tersebut. Namun, perubahan yang sangat signifikan pada tutupan lahan di dua kecamatan tersebut pada tahun 2017, terlihat sudah banyak perubahan tutupan lahan dari vegetasi lebat (hutan) menjadi semak belukar, lahan terbuka, serta lahan terbangun.

Perubahan tutupan lahan ini dapat mengganggu suplai air ke daerah CAT dibawahnya, yaitu CAT Sidikalang dan Samosir sehingga suplai air ke Danau Toba pada saat musim kemarau berkurang, dan mengakibatkan penurunan tinggi muka air danau. Penambahan populasi penduduk juga memicu pembukaan lahan untuk pemukiman dan jalan, apabila hal ini terus terjadi tentu saja akan berdampak degradasi lingkungan, dan pada akhirnya mengganggu proses sosial, ekonomi, wisata dan masih banyak lagi (Ray & Ray, 2011).

Dalam menangani fenomena perubahan garis pantai ini, pemerintah harus berkerjasama dengan masyarakat untuk memberikan solusi terkait destinasi wisata terutama yang berada di daerah pantai. Memberikan ide – ide kreatif seperti mengubah wilayah sempadan pantai menjadi tempat kuliner, gajebo untuk bersantai, toko suvenir, serta spot foto yang menarik. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan daya tarik turis lokal maupun interlokal terhadap daerah wisata yang mengalami perubahan garis pantai.

4. Kesimpulan

Fenomena perubahan garis pantai di Kabupaten Samosir pada kurun waktu 1995 hingga 2017 menunjukan perubahan yang cukup signifikan, dengan didukung dengan beberapa opini masyarakat dan uji lapangan. Berdasarkan peta sebaran nilai EPR, Setiap kecamatan mengalami perubahan garis pantai, baik dalam penambahan maupun pengurangan, kecuali Kecamatan Ronggur Nihuta. Daerah pantai Kecamatan Pangururan, Harian, Sianjur Mulamula, Sitiotio, Palipi, Nainggolan, Onanrungu dan Simanindo mengalami penambahan garis pantai (akresi).

Peta klasifikasi tutupan lahan tahun 1995 – 2017 menunjukan telah terjadinya perubahan tutupan lahan, dari vegetasi lebat (hutan) menjadi lahan terbuka, perubahan tutupan lahan diduga menjadi pemicu berubahnya tinggi muka air danau, yang mengakibatkan berubahnya garis pantai. Pemanfaatan wisata berjangka panjang dapat melihat wisata Pantai Batu Hoda dan Indah Situngkir, dimana wisata ini memanfaatkan surutnya tinggi muka air Danau Toba untuk mengelola daerah wisata baru. Namun ini

hanya satu dari beberapa opsi lain, harus dipertimbangkan juga faktor lingkungan, bukan membuat wisata baru tapi malah memperburuk keadaan lingkungan.

5. Referensi

Aziz, E., & Masry, E. (2022). Beach responses to coastal structures and their impacts on tourism investment , Sidi Abd El - Rahman coastal zone − Mediterranean Sea , Egypt. *Arabian Journal of Geosciences*, 1–9. https://doi.org/10.1007/s12517-022-11008-2

Badan Pusat Statistik. (2018). *Kabupaten Samosir dalam Angka 2018*. BPS Kabupaten Samosir.

Brands, E., Ekeswarapu, U., Li, P., & Rajagopal, R. (2017). *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth,Environment and Technology*. John Wiley & Sons, Ltd. https://doi.org/10.1068/a37327.Pavlovskaya

Demiroğlu, M. (2017). Identifying the groundwater basin boundaries, using environmental isotopes: a case study. *Applied Water Science*, *7*(3), 1161–1167. https://doi.org/10.1007/s13201-016-0516-y

Kompas, H. (2018, August 27). *Kompas*.

Mentaschi, L., Vousdoukas, M. I., Pekel, J. F., Voukouvalas, E., & Feyen, L. (2018). Global long-term observations of coastal erosion and accretion. *Scientific Reports*, *8*(1), 1–12. https://doi.org/10.1038/s41598-018-30904-w

Mujabar, P. S., & Chandrasekar, N. (2013). Shoreline change analysis along the coast between Kanyakumari and Tuticorin of India using remote sensing and GIS. *Arabian Journal of Geosciences*, *6*(3), 647–664. https://doi.org/10.1007/s12517-011-0394-4

Pardede, F. R. E. P., & Suryawan, I. B. (2016). Strategi Pengelolaan Kabupaten Samosir Sebagai Daya Tarik Wisata Alam Di Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Destinasi Pariwisata*, *4*(1), 14. https://doi.org/10.24843/jdepar.2016.v04.i01.p03

Ray, S., & Ray, I. A. (2011). Impact of Population Growth on Environmental Degradation: Case of India. *Journal of Economics and Sustainable Development*, *2*(8), 72–77.

Sihotang, H., Purwanto, M. Y. J., Widiatmaka, W., & Basuni, S. (2012). Model for Water Conservation of Lake Toba. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, *2*(2), 65–72. https://doi.org/10.19081/jpsl.2012.2.2.65

Syuhada, N., Nurhidayu, S., & Sofiyan, M. (2018). The effects of forest disturbance on lakes and reservoirs capacity in Malaysia. *Malaysian Forester*, *81*(1), 73–99.

Vallarino Castillo, R., Negro Valdecantos, V., & Moreno Blasco, L. (2022). Shoreline Change Analysis Using Historical Multispectral Landsat Images of the Pacific Coast of Panama. *Journal of Marine Science and Engineering*, *10*(12). https://doi.org/10.3390/jmse10121801

Warnasuriya, T. W. S., Gunaalan, K., & Gunasekara, S. S. (2018). Google Earth: A New Resource for Shoreline Change Estimation—Case Study from Jaffna Peninsula, Sri Lanka. *Marine Geodesy*, *41*(6), 546–580. https://doi.org/10.1080/01490419.2018.1509160

Wilcox, D. A., Thompson, T. A., Booth, R. K., & Nicholas, J. R. (2007). Lake-level variability and water availability in the Great Lakes. In *US Geological Survey Circular* (Issue 1311). https://doi.org/10.3133/cir1311

Woyessa, Y. E., & Welderufael, W. A. (2021). Impact of land-use change on catchment water balance: a case study in the central region of South Africa. *Geoscience*

Letters, *8*(1). https://doi.org/10.1186/s40562-021-00204-9