

## PEMETAAN KERENTANAN PESISIR PULAU SIMEULUE DENGAN METODE CVI (COASTAL VULNERABILITY INDEX)

### Simeulue Island's Coastal Vulnerability Mapping Using CVI (Coastal Vulnerability Index) Method

Ruzana Dhiauddin \*, Wisnu Arya Gemilang, Ulung Jantama Wisna,  
Guntur Adhi Rahmawan, Gunardi Kusumah

Loka Riset Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir, Kementerian Kelautan dan Perikanan  
Jl. Raya Padang-Painan KM.16, Bungus Teluk Kabung, Padang, 25245

\* E-mail: [ruzanadhiauddin88@yahoo.com](mailto:ruzanadhiauddin88@yahoo.com)

#### Abstract

The diversity function of coastal areas requires the increasing need for land and infrastructure that will lead to new problems such as changes in coastal morphology, the occurrence of erosion and accretion, which is supported by the population growth caused the increasing of coastal vulnerable towards hazards. This paper aims to explain the parameters affect Simeulue Island's coastal vulnerability - beach slope, geomorphology, geology, shoreline change, mean tidal range and mean wave height - and its mapping. The data used were the bathymetry, tide, and currents, the topography of coastal morphology, LANDSAT imagery of 2000 and 2015. To determine the coastal vulnerability level, we implemented CVI (Coastal Vulnerability Index) method of 6 parameters. Finally, we found that CVI from these physical parameters ranges between 1.291 to 5.00, which were classified into five classes; 1.291 – 1.826 (very low), 1.826 – 2.449 (low), 2.449 – 2.887 (moderate), 2.887 – 3.651 (high), and 3.651 – 5.00 (very high).

*Keywords: Coastal area, coastal vulnerability, CVI, Simeulue Island*

#### PENDAHULUAN

Pesisir merupakan wilayah yang memiliki fungsi penting untuk kegiatan manusia. Wilayah ini sering difungsikan sebagai pemukiman, industri, pelabuhan, pertambangan, pertanian serta pariwisata. Fungsi-fungsi tersebut mengakibatkan adanya peningkatan kebutuhan lahan dan prasarana yang akan menimbulkan beberapa permasalahan baru seperti perubahan morfologi pantai, terjadinya fenomena abrasi serta akresi.

Sebagian dari wilayah pesisir Pulau Simeulue telah dimanfaatkan untuk pariwisata oleh masyarakat sekitar, sedangkan sebagian lainnya merupakan pesisir yang masih alami tanpa adanya aktifitas manusia. Bencana tsunami pada Desember tahun 2004 lalu mengakibatkan

adanya perubahan pada pulau ini, yang berupa penambahan dan pengurangan daratan pesisir sehingga terdapat wilayah-wilayah dengan hamparan terumbu karang mati. Adanya perubahan-perubahan tersebut sangatlah menarik untuk dikaji, terlebih lagi mengenai pengaruh yang ditimbulkan terhadap tingkat kerentanan pesisir.

Tulisan ini membahas mengenai tingkat kerentanan pesisir Pulau Simeulue yang ditinjau dari 6 parameter, yaitu:

##### 1. Kemiringan pantai

Kemiringan daerah pesisir mengacu kepada ukuran ketinggian pada daerah tertentu yang berada di atas permukaan laut rata-rata. Semakin curam kelerengan sebuah wilayah pesisir semakin kecil pula probabilitas terdampak oleh bencana pesisir. Kajian mengenai kemiringan

pesisir sangat penting untuk dipelajari secara mendalam untuk mengidentifikasi dan mengestimasi luas daratan yang terancam oleh dampak kenaikan muka laut di masa yang akan datang.

## 2. Geomorfologi

Proses geomorfologi merupakan proses alami yang berlangsung di permukaan bumi yang menyebabkan terjadinya perubahan bentuk lahan. Perubahan bentuk lahan tersebut menghasilkan bentukan pada permukaan bumi yang berbeda satu dengan yang lainnya, yang memiliki susunan dan julat karakteristik fisik dan visual yang berbeda pula. Perbedaan tersebut dapat diidentifikasi secara jelas melalui karakteristik relief/morfologi, struktur/litologi, dan proses-proses geomorfologi (Pike *et al.*, 2010). Pada dasarnya dalam menjelaskan karakteristik bentuk lahan suatu daerah maka perlu dilakukan klasifikasi unit bentuk lahan yaitu dengan cara menggolongkan bentuk-bentuk yang terdapat di permukaan bumi atas dasar karakteristik yang dimiliki oleh masing-masing golongan bentuk permukaan bumi. Karakteristik bentuk lahan terutama dipengaruhi oleh konfigurasi permukaan, karakteristik struktur litologi atau jenis batuan dan karakteristik proses-proses yang mengakibatkan terjadinya bentuk lahan tersebut.

## 3. Litologi

Menurut Tang *et al.* (2013), litologi dideskripsikan sebagai batuan pada singkapan yang dibedakan berdasarkan karakteristiknya, seperti warna, komposisi mineral dan ukuran butir. Berdasarkan karakteristiknya batuan dibagi menjadi 3, yaitu batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf. Batuan yang terdapat di wilayah pesisir adalah batuan sedimen, menurut Ariwibowo *et al.* (2014) pembentukan batuan jenis ini terjadi akibat akumulasi material hasil perombakan batuan yang sudah ada sebelumnya (hasil aktivitas kimia atau organisme) yang diendapkan pada permukaan bumi lapis demi lapis

yang kemudian mengalami pembatuan.

## 4. Perubahan garis pantai

Perubahan garis pantai terjadi karena adanya aktivitas manusia dan alam, yang dapat merubah keseimbangan wilayah tersebut. Pengaruh alam seperti curah hujan dengan intensitas tinggi, dan adanya gelombang badai, serta faktor manusia berupa aktivitas pembukaan lahan, dan eksploitasi bahan galian di daratan pesisir dapat memengaruhi jumlah suplai sedimen. Pesisir yang memiliki segmen-segmen erosi, akresi/sedimentasi merupakan bukti dinamisnya wilayah tersebut.

## 5. Rata-rata tunggang pasut

Triatmodjo (2011) menjelaskan bahwa pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya tarikan benda-benda langit, matahari dan bulan, terhadap massa air laut. Tinggi pasang surut (pasut) dapat dihitung dari jarak air tetinggi (puncak air pasang) ke air terendah (lembah air surut).

## 6. Rata-rata tinggi gelombang

Gelombang merupakan parameter utama dalam proses erosi atau sedimentasi. Besar gelombang tergantung dari besarnya energi yang ditentukan oleh tinggi gelombang sebelum pecah, kemudian dihempaskan oleh gelombang ke pantai. Besar kecilnya nilai gelombang dapat mempengaruhi perubahan garis pantai dan kondisi geomorfologi daerah tersebut. Selain itu, ketinggian gelombang berkaitan dengan bahaya penggenangan air laut dan transpor sedimen di wilayah pesisir.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengelompokan tingkat kerentanan setiap wilayah pesisir di Pulau Simeulue, dimana perhitungan indeks kerentanan dilakukan dengan metode CVI (*Coastal Vulnerability Index*) yang telah banyak pada beberapa penelitian; Aboudha dan Woodroffe (2006), Özyurt (2007), Ramieri (2011) dan Addo (2013)). Hasil akhir dari tulisan ini berupa peta yang memuat informasi kerentanan pesisir di seluruh lokasi penelitian.

**BAHAN DAN METODE**

Data yang digunakan untuk mengidentifikasi kerentanan pesisir terbagi menjadi 2, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari pengamatan dan pengukuran lapangan pada Oktober 2015 yang berupa kemiringan pantai, pasang surut, serta geomorfologi dan litologi pantai. Sedangkan data sekunder terdiri dari perubahan garis pantai yang diekstrak dari LANDSAT 7 tahun 2000 dan LANDSAT 8 tahun 2015, dan tinggi gelombang.

Pengukuran arus dan pasang surut dilakukan dengan menggunakan alat ADCP (*Acoustic Doppler Current Profile*) yang ditanam pada titik tertentu di kawasan perairan Simeulue selama 24 jam. Data yang didapatkan dari perekaman ADCP kemudian diolah menggunakan *CD-Oceanografi*, *Admiralty* dan *Mike 21*. Sedangkan untuk data batimetri diolah dengan *Global Mapper* dan *Surfer 10*, data litologi, geomorfologi, kemiringan pantai serta perubahan garis pantai diolah menggunakan *ArcGIS 10*.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

*1. Pengolahan perubahan garis pantai*

Garis pantai diperoleh dari hasil ekstraksi citra Landsat tahun 2000, dan 2015, yang kemudian disusun secara tumpang tindih di atas citra Landsat tahun 2000 sebagai citra terlama, sehingga didapat

sebuah gambaran perubahan dari tahun ke tahun.

Selanjutnya agar diperoleh perubahan secara numerik diperlukan pengolahan lebih lanjut dengan menggunakan aplikasi *DSAS (Digital Shoreline Analysis System) 4.3* yang merupakan ekstension di dalam *software ArcGIS*. *Input* yang dibutuhkan dalam

pemrosesan terdiri dari 2 data utama yaitu garis pantai (minimal dari 2 tahun yang berbeda), dan *baseline*. Baik garis pantai maupun *baseline* dapat didigitasi secara manual di atas citra yang bersesuaian, dimana pendigitasian *baseline* harus mengikuti garis pantai yang akan dijadikan landasan pengukuran. Sementara itu, panjang dan jarak garis transek harus ditentukan terlebih dahulu, dimana panjang garis harus melewati semua garis pantai yang akan dihitung perubahannya. Titik awal garis transek akan dibangkitkan dari garis *baseline* yang kemudian menuju garis-garis pantai. Setelah semua data yang dibutuhkan tersedia dan semua prosedur pengolahan telah dilaksanakan maka akan dihasilkan garis-garis transek di sepanjang garis *baseline*. Besarnya jarak antara kedua garis pantai yang telah dihasilkan dan tersimpan di dalam basis data garis transek akan menjadi input bagi perhitungan laju perubahan garis pantai dengan metode statistik *EPR (End Point Rate)* (Himmelstoss, E.A., 2009), dengan formulasi sebagai berikut :

$$EPR = \frac{\text{Jarak antara dua garis pantai (m)}}{\text{Rentang tahun kedua garis pantai (tahun)}}$$

Hasil dari pengolahan garis pantai berupa perubahan dengan nilai positif dan negatif. Dimana nilai positif menunjukkan adanya penambahan sedimen di wilayah pesisir yang mengakibatkan garis pantai maju ke arah laut. Sedangkan perubahan negatif menandakan berkurangnya daratan yang menyebabkan garis pantai mengalami kemunduran ke arah daratan.

## 2. Pengolahan pasang surut dan arus

Analisis data pasang surut dilakukan dengan metode *Admiralty* 29 hari untuk menentukan tipe pasang surut di lokasi kajian, sehingga diperoleh konstanta harmonik pasang surut yang meliputi Amplitudo (A), M2, S2, K1, O1, N2, K2, P1, M4, MS4. Setelah hasil diperoleh, maka nilai MSL, HHWL dan LLWL dapat ditentukan (Flinchem & Jay, 2000). Dengan

menggunakan data-data tersebut sebagai kondisi batas maka dapat dihasilkan sebuah model yang sesuai dengan kondisi aslinya.

Data yang diperlukan dalam mendesain model adalah peta dasar dari lokasi daerah penelitian. Proses digitasi dilakukan untuk menentukan daerah batas darat, batas laut dan objek-objek lain yang terdapat di perairan. Proses selanjutnya adalah pembuatan *mesh/grid*, dimana setiap elemen memiliki parameter yang berbeda untuk kemudian perhitungan hidrodinamika dilakukan secara komputasional dengan dasar persamaan kontinuitas dan persamaan momentum. Sebaiknya *mesh* membentuk seminimal mungkin sudut agar koefisien gesek tidak terlalu besar sehingga memudahkan proses *running*.

Pemodelan arus dilakukan dengan menggunakan *ADCIRC (Advanced Circulation Multi Dimensional Hydrodynamic Model)*, yang terdiri dari 3 langkah utama; *pre-processing*, *running model* dan *post processing*. Pada langkah *pre-processing* dilakukan pembuatan *node* dan verteks sebagai bingkai model dan penentuan kondisi batas yang berupa batas laut (*ocean boundary*), batas daratan (*land boundary*), dan batas pulau (*island boundary*). Langkah ke-2 dilakukan untuk mengubah format data file gemoteri (*node* dan verteks) dari *ASCII* ke *binary*. Sedangkan langkah terakhir berguna untuk menampilkan hasil pemodelan yang telah dilakukan.

## 3. Pengolahan gelombang

Data gelombang didapatkan dari peramalan pada website <http://www.stormsurf.com> untuk koordinat 96.00 E dan 2.50 N, data yang diperoleh adalah kondisi tinggi gelombang pecah, tinggi gelombang *swell*, dan periode gelombang perairan Simeulue pada tanggal 16 – 23 Oktober 2016. Data yang diperoleh kemudian dimodifikasi dan diolah secara statistik dan ditampilkan dalam grafik.

4. Indeks Kerentanan

Sebelum indeks kerentanan dapat dihitung, data hasil pengukuran dan pengamatan harus dikelompokkan terlebih dahulu menjadi 5 kelas, yaitu sangat tinggi (5), tinggi (4), sedang (3), rendah (2) dan sangat rendah (1) seperti terlihat pada **Error! Reference source not found.** Kemudian, tingkat kerentanan akan dihitung dengan menggunakan formula CVI seperti yang diperkenalkan oleh Gornitz (1990) dan telah banyak diterapkan dalam penelitian-penelitian mengenai kerentanan pesisir di berbagai negara (seperti dalam Gornitz et al., 1991; Gornitz and White, 1992; Thieler and Hammer-Klose, 1999; Zujar *et al.*, 2009; Abouda and Woodroffe, 2006; Özyurt, 2007; Addo, 2013) sebagai berikut :

$$CV_1 = \frac{(x_1 * x_2 * x_3 * ... * x_n)}{n}$$

$$CV_5 = [CV_1]^{1/2}$$

dimana :

*n* = jumlah parameter yang digunakan/yang diperoleh

*x*<sub>1</sub> = kemiringan pantai

*x*<sub>2</sub> = geomorfologi

*x*<sub>3</sub> = litologi

*x*<sub>4</sub> = perubahan garis pantai

*x*<sub>5</sub> = rata-rata tunggang pasut

*x*<sub>6</sub> = tinggi gelombang maksimum

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengamatan di lapangan diperoleh beberapa parameter yang dapat digunakan untuk menghitung indeks kerentanan pesisir Pulau Simeulue. Indeks kerentanan ini dikelompokkan menjadi 5 tingkatan (Tabel 1): sangat rendah (1), rendah (2), menengah (3), tinggi (4) dan sangat tinggi (5).

Tabel 1. Klasifikasi indeks kerentanan

Parameter	-1	-2	-3	-4	-5
Kemiringan pantai (%)	>0,1	≤0,1 – 0,05	<0,05 – 0,03	0,03 – 0,02	<0,02
Geomorfologi		pantai tidak berkembang	pantai dengan gelombang erosi	pantai tidak berkarang	
Litologi		batupasir, metamorf		tanah tak kompak, lempung kerikil	lagun, fluvial, pasir
Perubahan garis pantai (m/t)	≥ +2,1 (akresi)	1,0 – 2,0 (stabil)	-1,0 - +1,0 (erosi)	-1,1 - -2,0 (erosi)	≤ - 2,1 (erosi)
Rata-rata tunggang pasut (m)	≤ 0,99 microtidal	1,0 - 1,9 microtidal	2,0 – 4,0 mesotidal	4,1 – 6,0 mesotidal	≥ 6,1 macrotidal
Tinggi gelombang maksimum (m)	0,0 – 2,9	3,0 – 4,9	5,0 – 5,9	6,0 -6,9	≥ 7,0

Sumber: Aboudha dan Woodroffe (2006), Özyurt (2007), Addo (2013)

1. Kemiringan Pantai

Kemiringan lereng merupakan ukuran kemiringan lahan relatif terhadap bidang datar yang secara umum dinyatakan dalam persen atau derajat. Kecuraman lereng, panjang lereng dan bentuk lereng semuanya akan mempengaruhi besarnya erosi dan aliran permukaan. Pengukuran kemiringan

lereng dilakukan secara langsung di pesisir pantai yang ada di Pulau Simeulue. Nilai kemiringan lereng cukup bervariasi, berkisar antara 3° (0.06%) di kawasan Labuhan Bajau sampai 17° (0.3%) di sekitaran Simeulue Cut. Kemiringan pantai-pantai di Pulau Simeulue termasuk dalam klasifikasi kerentanan rendah dan sangat rendah (Gambar 2).

## 2. Geomorfologi Pulau Simeulue

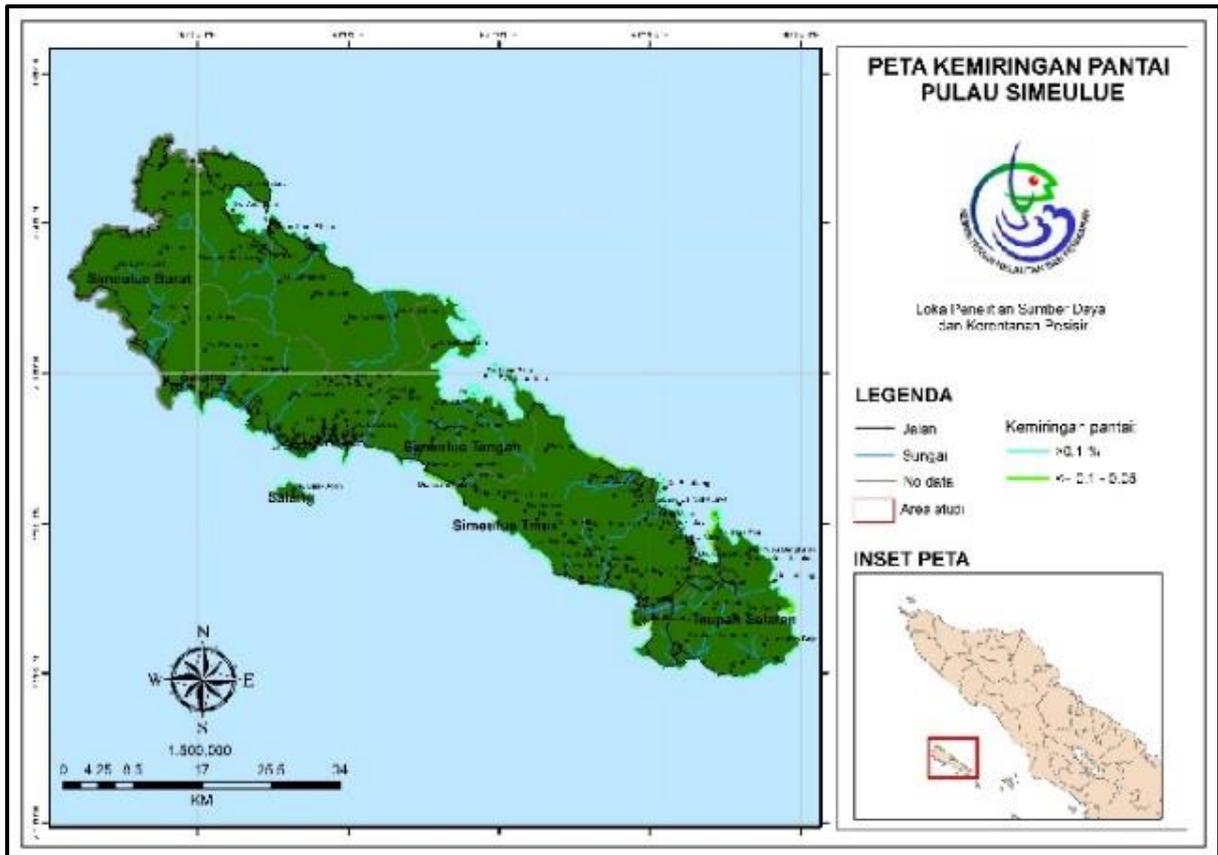
Bentuk/morfologi wilayah pesisir, seperti pantai terjal atau landai, ditentukan oleh kekerasan (resistensi) batuan, pola morfologi dan tahapan proses tektoniknya. Relief/topografi dasar laut perairan nusantara terdiri dari beberapa tipe mulai dari paparan (*shelf*) yang dangkal, palung laut, gunung bawah laut, terumbu karang dan sebagainya.

Berdasarkan fisiografinya, pantai dan pesisir Pulau Simeulue masuk dalam kelompok pantai-pesisir yang menghadap cekungan belakang (tepi paparan). Cekungan belakang dari jalur konvergensi tektonik ditandai oleh paparan landai luas dengan alur sungai (*dendritic*) panjang dan dataran tangkapan hujan luas, mengalir berkelok-kelok melalui rawa dan dataran limpahan banjir, ke pantai berawa dan bertutupan tebal bakau membentuk muara delta luas dengan pulau-pulau delta di depannya. Selain bentukan morfologi tersebut, Pulau Simeulue juga masuk dalam kategori pulau/daratan menghadap ke arah samudera lepas ditandai dengan pantai datar berpasir menyelingi pesisir ini, terbentuk oleh endapan sedimen sungai.

Hasil pengamatan morfologi menunjukkan bahwa wilayah pesisir Simeulue dapat di kelompokkan menjadi pantai tidak berkembang, pantai dengan gelombang erosi dan pantai tidak berkarang (Gambar 4). Secara umum bentukan pesisir pantai Pulau Simeulue didominasi oleh morfologi pantai dengan gelombang erosi. Terjadinya erosi pantai di Simeulue disebabkan oleh adanya batuan atau endapan yang mudah tererosi, dengan agen erosi berupa air dan berbagai gerak air. Gerakan air dalam hal ini bisa berupa arus yang mengikis endapan atau agitasi gelombang yang menyebabkan abrasi pada batuan. Indeks kerentanan pesisir berdasarkan morfologi pantai masuk dalam tingkat kerentanan menengah.

Selain itu pantai di Simeulue banyak yang masuk dalam kategori tidak berkembang – tidak terdapat pemukiman,

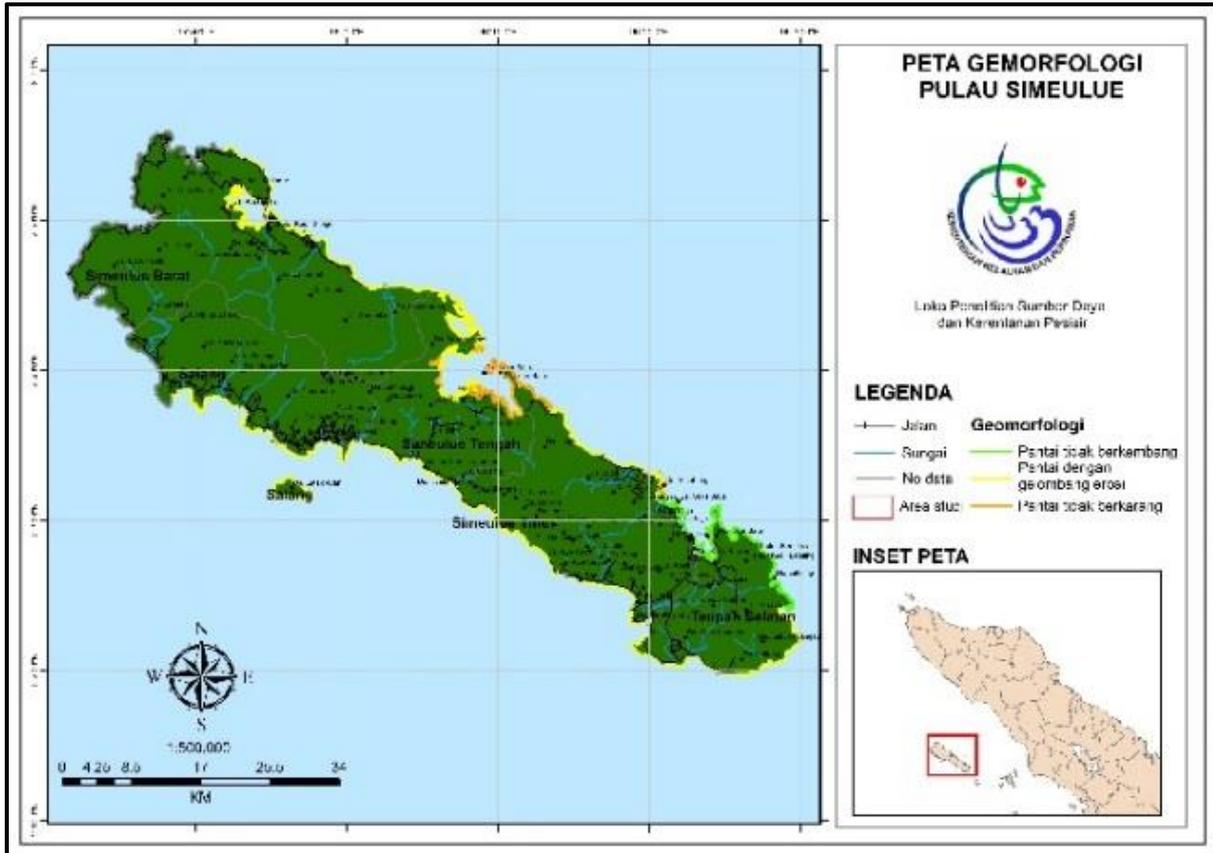
tidak dijadikan lokasi wisata maupun budidaya – yang mengalami erosi, sehingga masuk dalam indeks kerentanan rendah karena tidak terdapat penduduk yang terpapar erosi. Bagian dari pesisir Simeulue yang memiliki indeks kerentanan tinggi adalah daerah Teluk Dalam, dengan morfologi pesisir tidak berkarang yang berupa dataran landai, bagian dalam ditandai dataran rawa atau lahan basah dengan material penyusun berupa pasir halus hingga lumpur.



Gambar 2. Peta kemiringan pantai



Gambar 3. Kemiringan pantai Simeulue



Gambar 4. Peta geomorfologi pesisir Simeulue



Gambar 5. Tipe morfologi dan morfogenetik pantai Simeulue

### 3. Litologi Pulau Simeulue

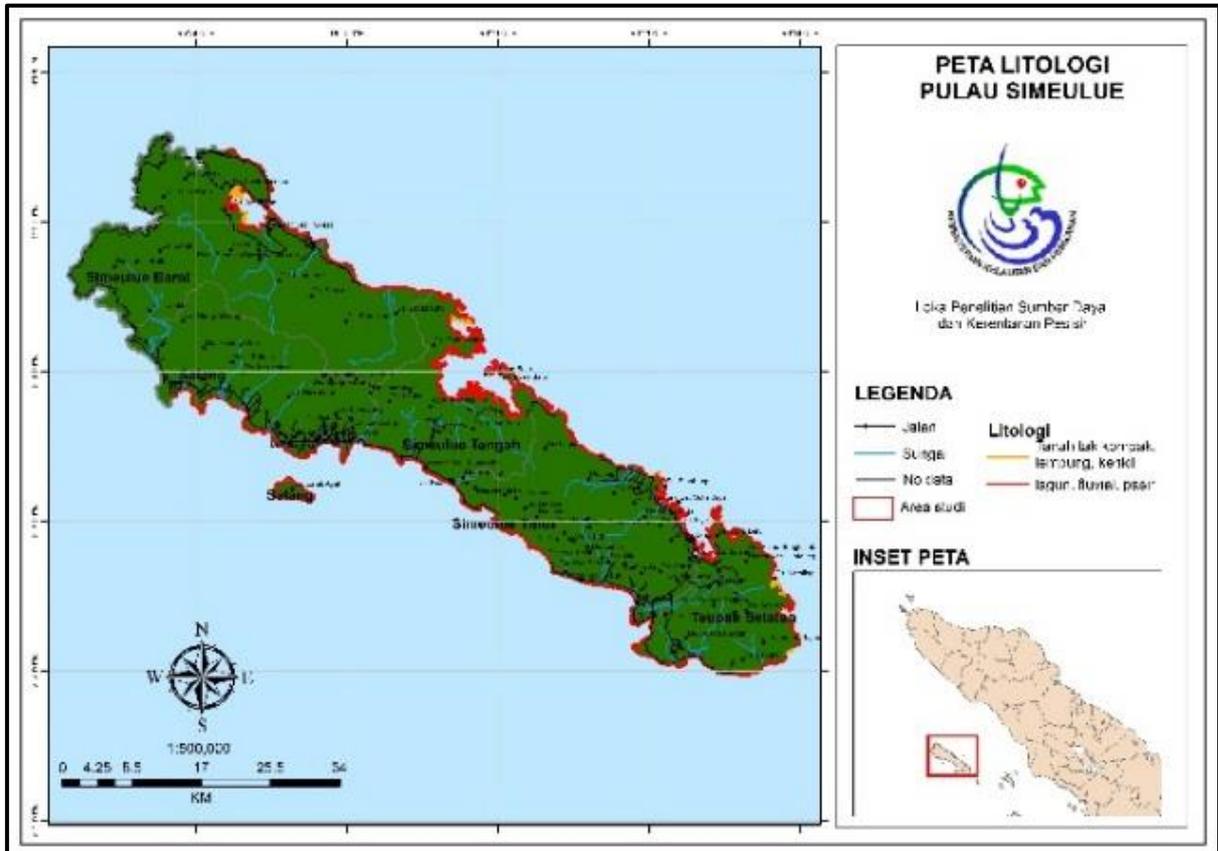
Faktor litologi merupakan salah satu parameter penentu indeks kerentanan pesisir, aspek litologi dalam hal ini yang menjadi parameter penilaian yaitu litologi penyusun pesisir atau pantai. Pulau Simeulue umumnya tersusun atas batuan

sedimen yang berupa batupasir, batulempung dan batugamping yang termasuk ke dalam Formasi Sibigo, Anggota Lasikin, Formasi Sigulai, Formasi Layabaung, Formasi Dihit, dan komplek batugamping terumbu.

Berdasarkan peta litologi Simeulue–Sinabang, bahwa wilayah pesisir Simeulue

didominasi oleh litologi Formasi Dihit yang terdiri dari batupasir berlapis lanau dan batu lempung. Simeulue bagian selatan dan tenggara tersusun atas endapan alluvial yang merupakan endapan tidak kompak yang

tersusun atas lumpur, pasir, lempung dan kerikil. Kemudian nilai kerentanan pesisir Pulau Simeulue berdasarkan parameter litologi dapat ditentukan (Gambar 6).



Gambar 6. Peta litologi pesisir Simeulue

Terlihat pada peta bahwa tingkat kerentanan wilayah pesisir Simeulue berdasarkan parameter litologi didominasi oleh tingkat kerentanan tinggi hingga menengah, karena wilayah pesisir Simeulue didominasi oleh litologi tanah tidak kompak dan batulempung. Bagian pesisir yang tersusun atas material karang dan pasir, masuk dalam tingkat kerentanan menengah. Sedangkan wilayah pesisir dengan tingkat kerentanan sangat tinggi tersusun atas material endapan rawa atau lagun yang merupakan perpaduan zona transisi berisi material lunak seperti lempung dan pasir yang sangat jenuh air.

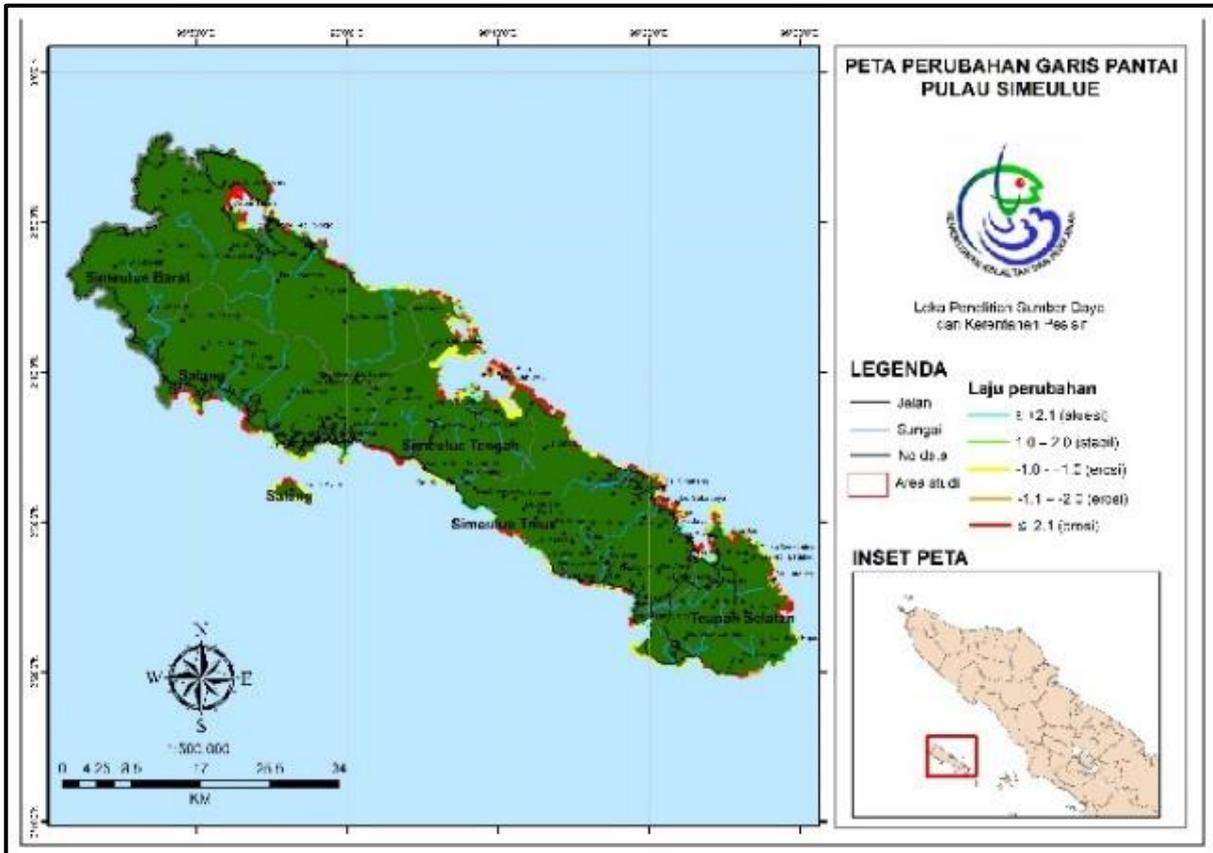
#### 4. Perubahan Garis Pantai

Berdasarkan hasil perhitungan statistik *EPR* perubahan garis pantai dapat dibagi menjadi 5 tingkat kerentanan, yaitu :

- Sangat Tinggi (5); 177 titik sepanjang garis pantai Pulau Simeulue dimana abrasi yang sangat parah terdeteksi sebesar  $\leq -2.1$  m/tahun.
- Tinggi (4); 82 titik mengalami abrasi yang cukup tinggi yaitu  $-1.1 - -2.0$  m/tahun.
- Menengah (3); 161 titik mengalami abrasi sebesar  $-1.0 - +1.0$  (erosi).
- Rendah (2); 42 titik stabil ( $1.0 - 2.0$  m/tahun), dan
- Sangat Rendah (1); 103 titik mengalami akresi sebesar  $\geq +2.1$  m/tahun.

Peta perubahan garis pantai Pulau Simeulue (Gambar 7) memperlihatkan bahwa sebagian besar perubahan dengan tingkat kerentanan sangat rendah terkonsentrasi di Kecamatan Simeulue Barat

dan Salang, sementara tingkat kerentanan sangat tinggi yaitu yang mengalami abrasi lebih dari 2 m/tahun hampir tersebar rata di seluruh Pulau Simeulue, terutama di bagian utara.



Gambar 7. Perubahan garis pantai Simeulue

### 5. Analisis Pasang Surut dan Gelombang

Data pasang surut yang diolah dengan metode *admiralty* menghasilkan nilai *mean sea level* (tinggi rata-rata permukaan laut) sebesar 12.93 m (Gambar 8) dan komponen pasang surut M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, M4 dan MS4 (Tabel 2). Komponen-komponen tersebut adalah komponen pasang surut berdasarkan gaya tarik bulan, sehingga mempengaruhi fluktuasi pasang surut pada kondisi pasut purnama maupun pasut perbani. Tipe pasang surut ditentukan dengan menggunakan bilangan *formzahl*:

$$\frac{O_1 + K_1}{m_2 + s_2}$$

Didapatkan nilai  $F = 0.372$  sehingga tipe pasang surut di Pulau Simeulue dapat digolongkan kedalam tipe pasang surut campuran condong harian ganda, kondisi pasang surut tersebut berpengaruh terhadap proses hidrodinamika di perairan Simeulue yang di dominasi oleh arus pasang surut. Data pasang surut hasil pengukuran lapangan terlihat lebih fluktuatif karena pembentukan pasang surut yang bersamaan dengan gelombang, sehingga gerakan gelombang laut tersebut mempengaruhi muka air pasang dan surut di perairan laut.

Tinggi gelombang pecah di perairan Simeulue berkisar antara 0.52 – 1.06 meter, gelombang pecah tersebut merupakan pengukuran tinggi gelombang di area *surfzone*, sehingga terlihat lebih acak (Gambar 3). Setelah keluar dari wilayah

pembangkitannya gelombang mulai bergerak menjauh (gelombang *swell*) dan tinggi gelombang hanya berkisar antara 0.43 – 0.70 meter, gelombang *swell* tersebut sudah keluar dari daerah pengaruh angin (*sea*) sehingga kondisinya lebih stabil dan melepaskan energinya ke pantai dalam bentuk hampasan gelombang, menurut Zheng *et al.* (2013) bahwa gelombang *swell* memiliki konsistensi yang baik dengan tinggi gelombang signifikan, sehingga karakteristik gelombangnya relatif lebih stabil, periode gelombang berkisar antara 9.8 – 17.5 sekon.

6. Kerentanan Pesisir Pulau Simeulue

Mengacu pada pengukuran dan pengamatan di lapangan, maka diperoleh kelompok setiap parameter fisik sebagai berikut:

1. Kemiringan pantai berkisar antara 0.05% di kawasan Labuhan Bakti sampai 0.3% di sekitaran Simeulue Cut. Sehingga secara kemiringan pantai-pantai di Pulau Simeulue termasuk dalam klasifikasi kerentanan yang sangat rendah dan rendah.
2. Gemorfologi wilayah pesisir pulau ini tersebar dalam tingkat kerentanan rendah, sedang dan tinggi.
3. Litologi ataupun formasi penyusun pesisir Pulau Simeulue didominasi oleh pasir, baik pasir putih maupun pasir hitam (kerentanan tinggi), sedangkan di beberapa titik ditemukan pantai berlumpur (kerentanan sangat tinggi).
4. Perubahan garis pantai tersebar di semua kelompok kerentanan, seperti telah disebutkan pada pembahasan tentang perubahan garis pantai
5. Rata-rata tunggang pasut (m) sebesar 0.5 menunjukkan bahwa secara umum Pulau

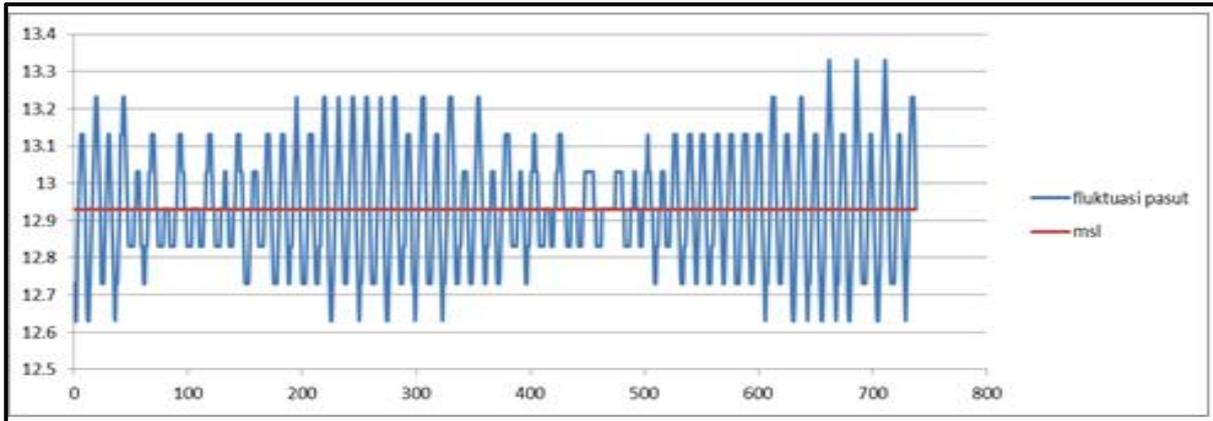
Simeulue terklasifikasikan ke dalam kerentanan sangat rendah terhadap pengaruh pasut.

6. Tinggi gelombang maksimum (m) didapatkan dari hasil rekaman alat di lapangan yaitu berkisar antara antara 0.52 – 1.06 m. Sehingga pengaruh maksimum tinggi gelombang sangat rendah terhadap kerentanan pesisir.

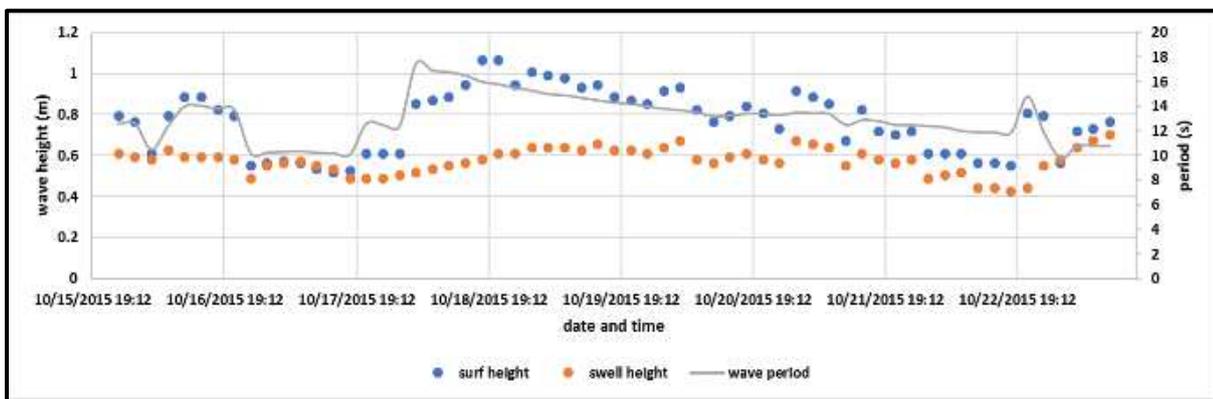
Selanjutnya, pengelompokan kerentanan diolah dihitung dengan formula CVI, dimana kisaran indeks yang dihasilkan dari perhitungan keenam parameter fisik yang telah disebutkan di atas adalah antara 1.291 – 5.00. CVI yang dihasilkan kemudian dikelompokkan ke dalam 5 tingkat kerentanan; 1) Sangat rendah, 2) Rendah, 3) Sedang, 4) Tinggi, dan 5) Sangat Tinggi. Peta kerentanan yang disusun berdasarkan pengelompokan indeks mencakup seluruh wilayah Pulau Simeulue kecuali bagian pesisir Barat, yang disebabkan oleh terdapatnya beberapa kendala dalam pengumpulan data primer di lapangan.

Tabel 2. Konstanta harmonik pasut

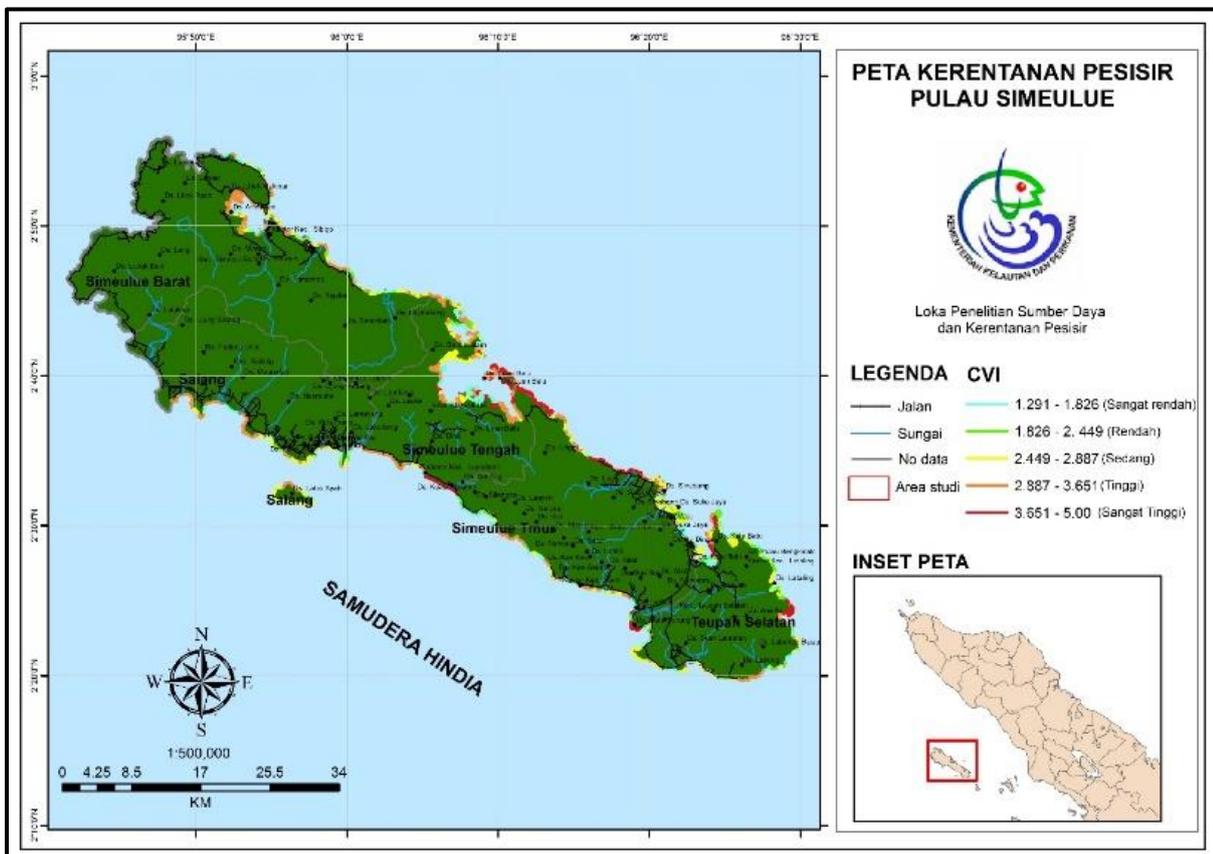
Konstituen	Amplitudo	Beda Fasa
M2	0,11	9,88
S2	0,24	-69,97
N2	0,07	-66,9
K2	0,29	176,12
K1	0,11	141,66
O1	0,02	192,85
P1	0,06	-44,29
M4	0,01	124,63
MS4	0	-57,74
SO	12,93	MSL
<i>F/Tipe Pasut</i>	<i>0,371428571</i>	<i>Campuran condong harian Ganda</i>



Gambar 8. Grafik pasang surut perairan Simeulue



Gambar 9. Grafik tinggi dan periode gelombang



Gambar 10. Peta indeks kerentanan pesisir Pulau Simeulue

## KESIMPULAN

Secara umum, indeks kerentanan pesisir Pulau Simeulue adalah sebesar 2.887 – 3.651 atau berada dalam status kerentanan sedang. Nilai kerentanan yang lebih tinggi terdapat di beberapa lokasi seperti di Desa Luan Balu, Desa Lugu, Desa Na Ao, Desa Matah Urung, dan Desa Kuala Makmur. Hanya saja beberapa wilayah yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia ternyata hanya tergolong ke dalam kerentanan sedang, seperti terjadi pada Pulau Simeulue Cut. Namun, ternyata hal ini dapat dipahami pengamatan dan pengukuran menunjukkan bahwa faktor pulau yang tidak berkembang dan kemiringan pantai yang cukup terjal mempengaruhi perhitungan indeks kerentanan di wilayah tersebut.

## SARAN

Perhitungan indeks kerentanan pesisir secara berkala sangat penting untuk dilakukan terhadap pulau-pulau kecil yang menjadi garda paling depan sebuah negara. Pembangunan bangunan pantai baik yang berupa *hard structure* seperti tanggul laut, maupun *soft structure* yang berupa hutan pantai, sebagai pertahanan pertama dari bencana pesisir.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abuodha, P. A., & Woodroffe, C. D. (2006). Assessing vulnerability of coasts to climate change: a review of approaches and their application to the Australian coast. *A selection of Papers from CoastGIS 2006*. Australian National Centre for Ocean Resources and Security University of Wollongong. Wollongong, Australia. 2007: 458p.
- Addo, K. A. (2013). Assessing coastal vulnerability index to climate change: The case of Accra–Ghana. *Journal of Coastal Research*. 65(sp2): 1892-1897. <https://doi.org/10.2112/SI65-320.1>
- Aribowo, S., Handayani, L., Hananto, N. D., Gaol, K. L., Syuhada, S., & Anggono, T. (2014). Deformasi Kompleks Di Pulau Simeulue, Sumatra: Interaksi Antara Struktur Dan Diapirisme. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*. 24(2): 131-144. <http://dx.doi.org/10.14203/risetgeotam2014.v24.89>
- Flinchem, E. P., & Jay, D. A. (2000). An introduction to wavelet transform tidal analysis methods. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 51(2): 177-200. <https://doi.org/10.1006/ecss.2000.0586>
- Gornitz, V. (1990). Vulnerability of the East Coast, USA to future sea level rise. *Journal of Coastal Research*. 9: 201-237.
- Gornitz, V., White, T. W., & Cushman, R. M. (1991). *Vulnerability of the US to future sea level rise* (No. CONF-910780-1). Oak Ridge National Lab., TN (USA).
- Gornitz, V., & White, T. (1992). *A coastal Hazards Database for the US East Coast*. ORNL/CDIAC-45, NDP-043A.
- Himmelstoss, E.A. (2009). *DSAS 4.0 installation instructions and user guide*. Thieler, ER, Himmelstoss, EA, Zichichi, JL, and Ergul, Ayhan. (pp. 2008-1278).
- Özyurt, G. (2007). *Vulnerability of coastal areas to sea level rise: a case study on Göksu Delta* [Doctoral dissertation]. Middle East Technical University.
- Pike, A. S., Scatena, F. N., & Wohl, E. E., (2010). Lithological and fluvial controls on the geomorphology of tropical montane stream channels in Puerto Rico. *Earth Surface Processes and Landforms*. 35(12): 1402-1417. [doi:10.1002/esp.1978](https://doi.org/10.1002/esp.1978).
- Ramieri, E., Hartley, A., Barbanti, A., Santos, F. D., Gomes, A., Hilden, M., ... & Santini, M. (2011). Methods for assessing coastal vulnerability to

climate change. *European Topic Centre on climate change impacts, vulnerability and adaptation (ETC CCA) technical paper*. Bologna (IT), 93.

Simanjuntak, B. L., G., Handoyo, D.S., Nugroho. (2012). Analisis Batimetri dan Komponen Pasang Surut untuk Penentuan Kedalaman Tambahan Kolam Dermaga di Perairan Tanjung Gundul Bengkayang – Kalimantan Barat. *Jurnal Oseanografi*. 1(1), 1-8.

Tang, G., Barton, P. J., McNeill, L. C., Henstock, T. J., Tilmann, F., Dean, S. M., ... & Kopp, H. (2013). 3- D active source tomography around Simeulue Island offshore Sumatra: Thick crustal zone responsible for earthquake segment boundary. *Geophysical Research Letters*, 40(1), 48-53. [doi:10.1029/2012GL054148](https://doi.org/10.1029/2012GL054148).

Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L. & Ergul, Ayhan. (2009). *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0* — An ArcGIS extension for calculating shoreline change (No. 2008 – 1278). US Geological Survey Open-File Report. \*current version 4.3.

Triadmodjo, B. (2011). *Perencanaan Bangunan Pantai*. Cetakan Pertama. Beta Offset. Yogyakarta.

Zheng, C., Zhou, L., Huang, C., Shi, Y., Li, J., & Li, J. (2013). The long-term trend of the sea surface wind speed and the wave height (wind wave, swell, mixed wave) in global ocean during the last 44 a. *Acta oceanologica sinica*. 32(10): 1-4. [doi:10.1007/s13131-013-0358-5](https://doi.org/10.1007/s13131-013-0358-5).

Zújar, JO and Francoso, J.A., Cajarville, J. I. M., Jurado, D. Y. F. P. (2009). The Use of Geographical Information Technologies for The Calculation of The Coastal Vulnerability Index (CVI) Before A Potential Ascent of The Sea Level in The Costa Andaluza (Spain), *International Review of Geographical Information Science and Technology*. 9: 83-100.