

Analisa Kerentanan Pesisir Kota Semarang menggunakan algoritma CVI (*Coastal Vulnerability Index*)

Analysis of the Coastal Vulnerability of Semarang City using the CVI algorithm (Coastal Vulnerability Index)

Loryena Ayu Karondia^{1*}, Eko Yuli Handoko², Hepsari Handayani²

¹Program Studi Survei dan Pemetaan, Politeknik Sinar Mas Berau Coal, Berau, Kalimantan Timur

²Departemen Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

*Korespondensi penulis: loryenaayu@polteksimasberau.ac.id

Diterima: 19052022; Diperbaiki: 29082022; Disetujui: 01092022; Dipublikasi: 01102022

Abstrak: Kenaikan muka air laut merupakan salah satu penyebab permasalahan penting yang memberikan dampak negatif terhadap kehidupan sosial ekonomi pesisir juga terhadap ekosistem pesisir. Selain kenaikan permukaan laut, terdapat pula parameter yang membentuk kerentanan pesisir yang meliputi geomorfologi pantai, elevasi daratan di sekitar pesisir, perubahan garis pantai, pasang surut air laut, dan tinggi gelombang. Dihimpun dari berita linimasa, pesisir Semarang seringkali terdampak banjir rob yang menyebabkan area pesisir tergenang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa setiap parameter dalam algoritma *Coastal Vulnerability Index* (CVI) yang berperan dalam membentuk kerentanan pesisir. Algoritma CVI merupakan algoritma yang cukup populer digunakan dalam berbagai macam literatur yang meneliti terkait kerentanan pesisir yang diakibatkan oleh perubahan iklim. Hal tersebut dikarenakan parameter yang digunakan dalam algoritma CVI mencakup lanskap dari area pesisir berupa geomorfologi, keterlerangan, dan juga perubahan garis pantai serta juga interaksi antara daratan yang berada dalam pesisir dengan kenaikan muka air laut, pasang surut air laut, dan tinggi gelombang. Dari perhitungan algoritma CVI didapat hasil bahwa kerentanan pesisir Semarang berada pada kategori sangat tinggi dengan *score* kerentanan berkisar 45,644. Dimana semua parameter yang ada pada algoritma CVI, menjadikan pesisir Semarang berada pada kategori sangat rentan.

Copyright © 2022 Geoid. All rights reserved.

Abstract: Sea level rise is one of the causes of important problems that have a negative impact on coastal socio-economic life as well as on coastal ecosystems. In addition to sea-level rise, there are also parameters that form coastal vulnerability which include coastal geomorphology, land elevation around the coast, shoreline changes, sea-level rise, and wave height. Compiled from news timelines, the coast of Semarang is often affected by tidal flooding which causes coastal areas to be inundated. This study aims to analyze each parameter in the *Coastal Vulnerability Index* (CVI) algorithm that plays a role in coastal vulnerability. The CVI algorithm is a fairly popular algorithm used in various kinds of literature that examines coastal vulnerability caused by climate change. This is because the parameters used in the CVI algorithm include the landscape of the coastal area in the form of geomorphology, slope, and shoreline changes as well as the interaction between land located in the coast with sea level rise, sea tides, and wave height. From the calculation of the CVI algorithm, the result is that the coastal vulnerability of Semarang is in the very high vulnerable category. Where all the parameters that exist in the CVI algorithm, make the coast of Semarang in the very vulnerable category.

Kata kunci: kerentanan pesisir, algoritma CVI, banjir ROB.

Cara untuk sitasi: Karondia, LA, Handoko, EY., dan Handayani, HH. (2022). Analisa Kerentanan Pesisir Kota Semarang menggunakan Algoritma CVI (*Coastal Vulnerability Index*). *Geoid*, 18(1), 99-111.

Pendahuluan

Kota Semarang merupakan salah satu kota besar di Indonesia dan merupakan ibu kota Provinsi Jawa Tengah yang terletak di pesisir utara Jawa Tengah. Kota Semarang mengalami pertumbuhan yang cukup pesat dalam bidang ekonomi maupun pembangunan berbagai sarana dan prasarana dibandingkan dengan daerah lain yang

ada di wilayah Jawa Tengah. Penggunaan lahan pesisir di kawasan kota Semarang banyak mengalami perubahan dimana kawasan pantai yang awalnya merupakan daerah tambak dan persawahan, sebagian telah beralih fungsi menjadi kawasan industri, transportasi dan perumahan.

Perkembangan Kota Semarang yang pesat menimbulkan permasalahan terjadi, salah satunya adalah bencana banjir dan rob yang dipicu oleh kenaikan permukaan laut yang menyebabkan degradasi lingkungan, terutama pada kawasan dataran rendah. Pada tahun 2011 total luasan banjir rob di Kota Semarang sebesar 1.538,8 ha (Ramadhany et al, 2012). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata kerugian ekonomi pada penduduk Kecamatan Genuk yang ada pada pesisir Semarang sebesar Rp2.340.563/tahun yang harus ditanggung pada tiap rumah tangga (Karunia, 2017). Tentunya kerugian rupiah seperti ini apabila terus dikalkulasikan dalam jangka panjang menjadi kerugian yang sangat fatal yang harus ditanggung oleh pemerintah juga masyarakat.

Wilayah pesisir Semarang memiliki topografi yang landai dengan kemiringan sekitar 0-2% dan sebagian besar wilayahnya hampir sama tingginya dengan permukaan laut bahkan di beberapa tempat berada dibawahnya (BAPPEDA (2000) dalam Suhelmi (2012)).

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kerentanan pesisir di pesisir Kota Semarang dengan menggunakan algoritma CVI. Algoritma CVI merupakan algoritma yang sangat populer digunakan dalam berbagai literatur terkait kerentanan pesisir yang diakibatkan oleh perubahan iklim. Dalam algoritma CVI terdapat banyak parameter penting yang membentuk kerentanan pesisir, dimana parameter tersebut terdiri dari parameter geomorfologi yang menggambarkan bentuk dan struktur geologi dari area pesisir, parameter ketinggian atau elevasi pesisir yang sangat penting sebagai identifikasi dalam mengestimasi luasan daratan yang dapat terancam kenaikan permukaan air laut, parameter perubahan garis pantai yang dihasilkan dari interaksi antara pesisir dengan berbagai sirkulasi yang terjadi di sekitar pantai, parameter tinggi gelombang, parameter pasang surut, dan juga parameter kenaikan permukaan air laut yang akan menambah kerentanan pesisir terhadap banjir rob.

Mengacu dari hal yang telah dijabarkan di atas, maka penelitian ini dimaksudkan sebagai dasar ilmiah dalam memberi rujukan bagi pihak stakeholder dalam melakukan Tindakan preventif dalam menanggulangi bencana di pesisir Semarang.

Data dan Metode

Analisa kerentanan pesisir di dalam penelitian ini dihitung berdasarkan algoritma CVI (Coastal Vulnerability Index). Dimana menurut Gornitz (1991) pada algoritma CVI terdapat 6 parameter yang membentuk kerentanan pesisir yakni:

1. Geomorfologi.

Geomorfologi digunakan untuk mengidentifikasi keteraturan antara bentuk permukaan bumi dan proses penyebabnya. Pada umumnya daerah dengan relief rendah (*barrier coast*, estuari, laguna, delta, dll) memiliki tingkat kerentanan yang tinggi, sedangkan daerah dengan substrat yang keras dan relief yang tinggi (*flords*, pantai berbatu, tebing tinggi dll) memiliki tingkat kerentanan yang lebih kecil terhadap erosi (Gornitz dan Kanciruk, 1989).

2. Ketinggian atau elevasi pesisir

Kajian mengenai ketinggian daerah pesisir sangat penting untuk dipelajari secara mendalam untuk mengidentifikasi dan mengestimasi luas daratan yang terancam oleh dampak kenaikan paras laut di masa yang akan datang (Kumar et al, 2010).

3. Perubahan garis pantai

Garis pantai pesisir merupakan subjek yang selalu digunakan untuk melihat proses perubahan yang terjadi di daerah pesisir, dimana selalu dipengaruhi oleh karakteristik gelombang dan resultan dari sirkulasi yang terjadi dekat dengan pantai, karakteristik sedimen, bentuk pantai, dll (Kumar et al, 2010).

4. Tinggi gelombang

Energi yang diperoleh berdasarkan rata-rata tinggi gelombang signifikan memiliki peranan dalam sistem transfer sedimen (Pendleton, 2005). Di sisi lain, pengetahuan mengenai kajian kerentanan berdasarkan

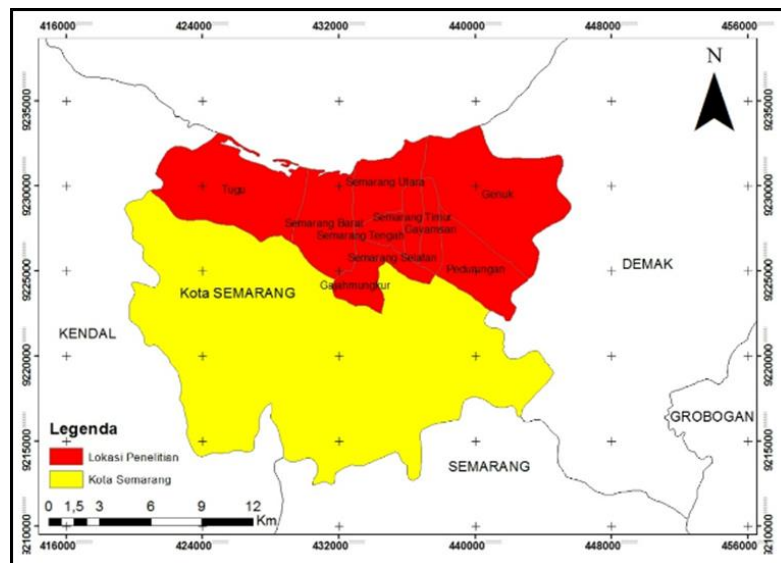
tinggi gelombang merupakan langkah penting untuk mempersiapkan peringatan akan bahaya dan sistem manajemen penanggulangannya (USGS, 2005).

5. Pasang Surut

Menurut Nontji (2002), Arus pasut ini berperan terhadap proses-proses di pantai seperti penyebaran sedimen dan abrasi pantai. Pasang naik akan menyebarkan sedimen ke dekat pantai, sedangkan bila surut akan menyebabkan majunya sedimentasi ke arah laut lepas.

6. Kenaikan permukaan air laut

Kenaikan muka air laut atau *sea level rise* (SLR) adalah peningkatan volume air laut yang disebabkan oleh faktor global juga faktor lokal seperti fluktuasi curah hujan yang tinggi serta meningkatnya suhu air laut. Efek dari kenaikan permukaan laut terhadap pesisir tidaklah seragam secara spasial dikarenakan perbedaan respon dari kondisi oseanografi regional dalam menghadapi pemanasan global dan kenaikan serta penurunan muka tanah (Klein et al, 2003).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Lokasi didalam penelitian ini adalah Kota Semarang dengan konsentrasi penelitian pada Kecamatan yang berada di sekitar pesisir. Dihimpun dari berita yang ada pada media massa, banjir rob seringkali melanda wilayah Kota Semarang. Terlebih untuk area yang tidak jauh dari garis pantai. Hal tersebut menyebabkan kerugian materiil dan juga korban jiwa yang sangat fatal. Hal tersebutlah yang mendorong penelitian ini untuk dilakukan.

Untuk mengukur nilai kerentanan pesisir dibutuhkan beberapa parameter yang berperan memberikan dampak terhadap nilai kerentanan. Parameter kerentanan pesisir tersebut ada dalam algoritma CVI (*Coastal Vulnerability Index*) Dimana rumus dalam menentukan indeks suatu kerentanan pesisir ditunjukkan sebagaimana berikut ini (Gornitz, 1991):

$$CVI = \sqrt{\frac{(a*b*c*d*e*f)}{6}} \quad (1)$$

Dimana a, b, c, d, e, dan f merupakan parameter-parameter yang ada pada algoritma CVI sebagaimana tabel 1. Setiap variabel dibagi menjadi beberapa peringkat, dari peringkat 1 hingga peringkat 5, dimana peringkat 5 merupakan tingkat kerentanan yang paling rentan. Beberapa parameter dan skoring yang digunakan untuk kerentanan pesisir ditampilkan pada dibawah ini.

Tabel 1. Parameter dalam Algoritma CVI

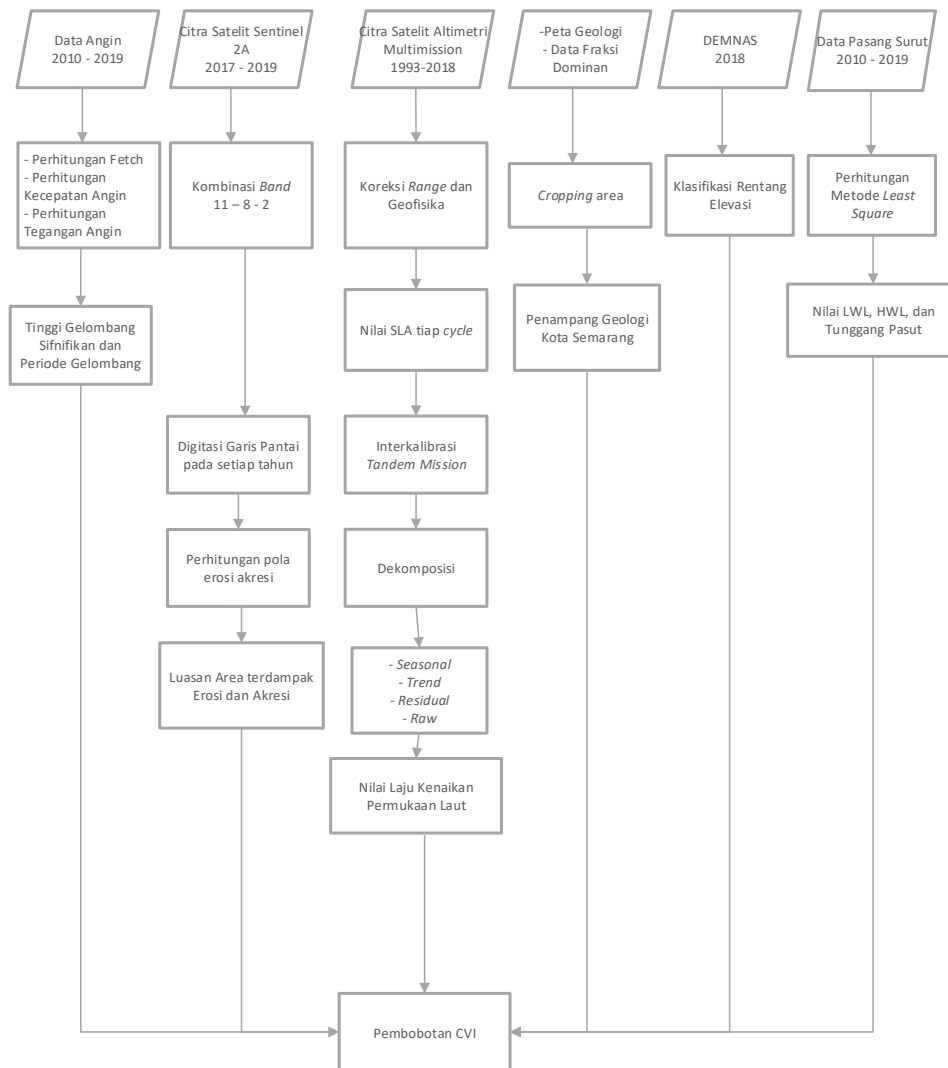
No	Parameter	Bobot / Kelas Kerentanan				
		Tidak rentan	Kurang rentan	Sedang	Rentan	Sangat rentan
		1	2	3	4	5
1	Geomorfologi Pantai	Tebing Tinggi	Tebing Sedang	Tebing rendah, daratan alluvial	Estuarine, Laguna	Pantai berpasir, Rawa, Payau, paparan lumpur, delta, mangrove, karang
2	Ketinggian permukaan tanah (elevasi dalam meter)	> 30,0	20,1 – 30,0	10,1 – 20,0	5,1 – 10,0	0,0 – 5,0
3	Jarak pasang surut rata-rata (dalam meter)	> 6,0	4,0 – 6,0	2,0 – 4,0	1,0 – 2,0	< 1,0
4	Tinggi gelombang signifikan (SWH) (dalam meter)	< 0,55	0,55 – 0,85	0,85 – 1,05	1,05 – 1,25	> 1,25
5	Kenaikan muka laut relative (dalam mm/tahun)	< 1,8	1,8 – 2,5	2,5 – 3,0	3,0 – 3,4	> 3,4
6	Perubahan garis pantai relative (meter/tahun)	Akresi	Akresi	Stabil	Erosi	Erosi

Setelah proses pembobotan pada tiap parameter selesai, dilakukan perhitungan algoritma CVI untuk mendapatkan nilai akhir perihal kerentanan pesisir berdasarkan tabel dibawah ini.

Tabel 2. Pembobotan akhir Algoritma CVI

Nilai CVI	Kategori Kerentanan
<20,5	Rendah
20,5-25,5	Sedang
25,6-29	Tinggi
>29,0	Sangat Tinggi

Diagram alir penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2. Dimana data angin, citra satelit sentinel, citra satelit altimetri *multimission*, peta geologi, data fraksi dominan dari penelitian terdahulu, DEMNAS tahun 2018, dan data pasang surut akan diolah untuk dianalisa pada tiap parameternya.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Penjelasan mengenai diagram alir penelitian akan dijelaskan berdasarkan data yang digunakan, sebagaimana berikut ini:

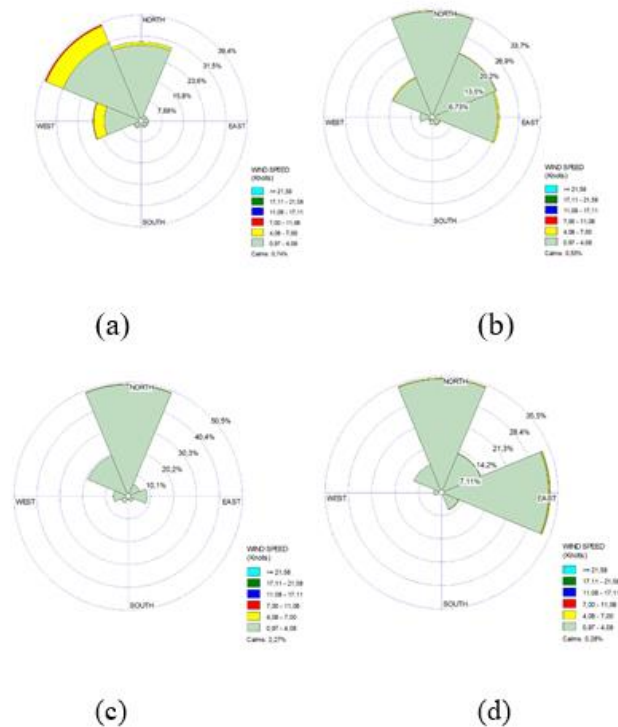
1. Pengolahan Data Hidro-oseanografi termasuk:
 - a. Data angin dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) dari tahun 2010-2019
Data angin di dalam penelitian ini digunakan untuk mengestimasi tinggi gelombang.
 - b. Data pasang surut dari Badan Informasi Geospasial (BIG) tahun 2010-2019
Pengolahan data pasang surut dihitung menggunakan metode *least square* dan dilakukan dengan software MatLab.
 - c. Peta administrasi Kota Semarang skala 1:25.000.
 - d. Peta Geologi Kota Magelang dan Semarang skala 1:100.000 lembar 1408-5 dan 1409-2 Tahun 1975 disusun oleh Robert E. Thaden dkk.
2. Pengolahan Peta DEMNAS Kota Semarang dan Peta Geologi
Peta DEMNAS digunakan untuk mengetahui elevasi pesisir. Sementara Peta Geologi Kota Semarang dan Peta DEMNAS Kota Semarang akan dioverlay untuk menganalisa parameter geomorfologi pesisir Semarang.
3. Pengolahan Data Satelit Altimetri *Multi-mission* 1993-2018 untuk diolah menjadi data kenaikan muka air laut per tahunnya.
4. Pengolahan Citra Satelit Sentinel 2A tahun 2017-2019

Data citra satelit digunakan untuk mendelineasi garis pantai setiap tahunnya. Penelitian ini menggunakan citra satelit Sentinel 2 dengan menggunakan metode digitasi *on-screen* dari kombinasi band SWIR-NIR-blue atau kombinasi band 11-8-2 untuk mendelineasi batas antara darat dan laut yang selanjutnya diartikan sebagai garis pantai. Kombinasi *band* ini dipilih dikarenakan lebih memudahkan terkait interpretasi batas garis pantai dimana pesisir Semarang lebih dominan dibentuk oleh tambak yang berpadu antara vegetasi dan air.

Hasil dan Pembahasan

1. Tinggi Gelombang

Metode perhitungan tinggi gelombang dalam penelitian ini menggunakan data historis kecepatan dan arah angin untuk mendapat nilai tinggi dan periode gelombang pada waktu lampau untuk kemudian secara statistik dianalisis dan dijadikan sebagai dasar dalam meramalkan gelombang. Jumlah data angin dari pengamatan stasiun selama tahun 2010- 2019 sangat besar, sehingga dibutuhkan proses pembuatan diagram mawar angin untuk mengetahui karakteristik angin selama tahun 2010-2019 pada Musim Barat, Timur, Peralihan 1, dan Peralihan 2. Proses pengolahan diagram mawar angin dilakukan menggunakan *software* WRPlot, didapat hasil bahwa arah angin yang berhembus pada pesisir Semarang adalah dominan dari arah utara.



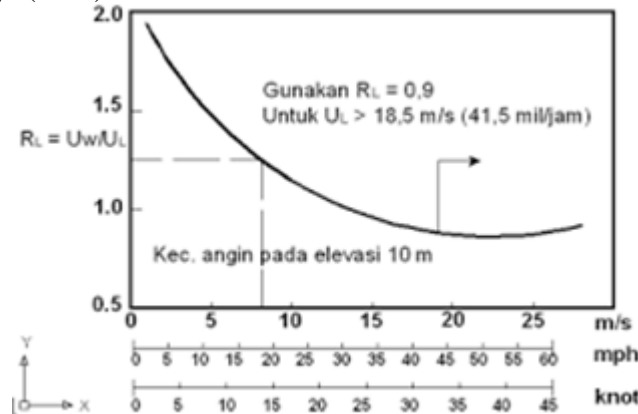
Gambar 3. Perhitungan Arah Angin Dominan pada tiap Musim (a) Musim Barat (b) Musim Peralihan 1 (c) Musim Timur (d) Musim Peralihan 2

Setelah dilakukan penggambaran arah angin dominan, dilakukan penggambaran *fetch* ke arah utara sesuai dengan arah angin dominan menggunakan *software* ArcGIS. Dari penggambaran *fetch* diperoleh hasil bahwa angin yang berhembus pada pesisir Semarang mencapai jarak maksimum yakni 200km. Setelah dilakukan perhitungan *fetch* efektif maka proses selanjutnya adalah :

1. Perhitungan kecepatan angin signifikan.

Untuk mengukur kecepatan angin signifikan maka semua data angin pada setiap musim diolah secara terpisah dan diurutkan dari mulai data angin yang terkecil hingga terbesar. Untuk dapat meramalkan gelombang maka terlebih dahulu dihitung kecepatan angin signifikan yaitu 33,3% dari banyaknya data yang diperoleh dari data kecepatan angin maksimum yang sudah disortir dari mulai nilai terkecil. Kemudian setelah data disortir, dirata-rata untuk mendapatkan nilai kecepatan angin. Hasil perhitungan UL dapat dilihat pada Tabel 3.

2. Perhitungan Koefisien RL, kecepatan angin di laut, dan tegangan angin. Koefisien RL adalah koefisien hubungan antara kecepatan angin di darat dan di laut. Koefisien RL didapat dari memproyeksikan nilai UL terhadap tabel koefisien RL. Tabel tersebut bersumber dari penelitian Triatmodjo (1999)



Gambar 4. Grafik Koefisien RL (Triatmodjo, 1999)

Setelah memproyeksikan nilai UL terhadap grafik koefisien RL Triatmodjo (1999) dan didapat nilai RL, maka dilakukan perhitungan UW (Kecepatan angin di laut) dan UA (Tegangan Angin) dengan rumus berikut ini (Triatmodjo, 1999):

$$UW = RL \times UL \tag{2}$$

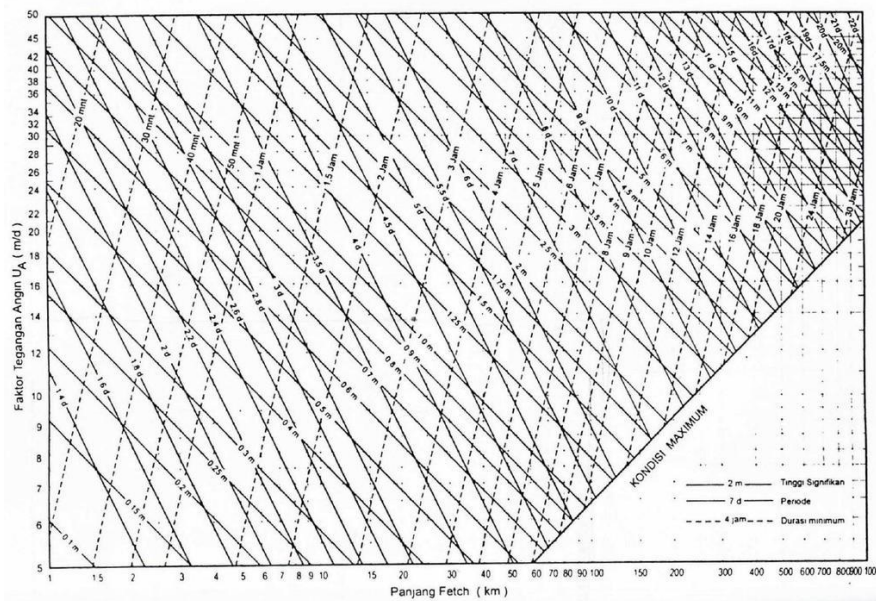
$$UA = 0,71 \times UW^{1,23} \tag{3}$$

Sehingga setelah dilakukan proses perhitungan kecepatan angin di laut dan tegangan angin maka didapat hasil sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Kecepatan Angin di Laut (UW) dan Tegangan Angin (UA)

No	Jenis Musim	RL	UL (m/s)	UW (m/s)	UA (m/s)
1	Musim Barat	1,48	4,73	7,0004	7,777
2	Musim Timur	1,8	3,04	5,472	5,747
3	Musim Peralihan 1	1,75	2,62	4,585	4,621
4	Musim Peralihan 2	1,7	2,64	4,488	4,51

Proyeksi nilai UA dan panjang *fetch* efektif terhadap grafik nomogram peramalan gelombang Triatmodjo (1999). Perhitungan nomogram dilakukan untuk mengetahui tinggi dan periode gelombang, dimana parameter dalam perhitungan ini adalah nilai tegangan angin (UA) dan panjang *fetch*. Pada studi kasus Kota Semarang panjang *fetch* angin mencapai nilai maksimum yaitu 200km. Setelah ditarik dari garis X dengan nilai *fetch* 200 dan garis Y adalah nilai UA pada setiap musim, terlihat bahwa perairan Semarang berada pada kondisi maksimum. Apabila kondisi mencapai maksimum, maka tinggi gelombang signifikan dianggap 2m dengan periode 7 detik. Sehingga apabila nilai tersebut diproyeksikan terhadap skoring CVI, perairan Semarang berada pada kategori sangat rentan.



Gambar 5. Nomogram Peramalan Gelombang berdasarkan Panjang Fetch dan Tegangan Angin (UA)

2. Pasang Surut

Pengolahan data pasang surut dilakukan dengan metode *least square* dimana hasil dari pengolahan data pasang surut dilakukan dengan menggunakan *software* Matlab. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pengamatan dari tahun 2010 sampai tahun 2019. Dari hasil perhitungan didapat nilai HWL (*High Water Level*) dan LWL (*Low Water Level*), dan MSL (*Mean Sea Level*). Pembobotan CVI dari parameter pasang surut, dihitung berdasarkan nilai tunggang pasang surut. Tunggang pasang surut adalah perbedaan antara ketinggian pasang naik dan pasang surut sesudahnya.

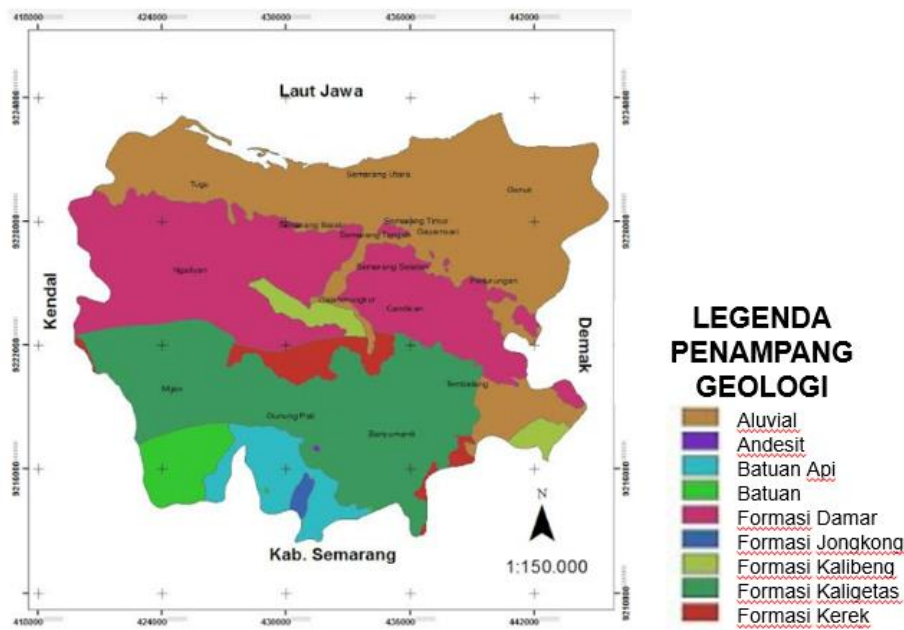
Perhitungan dilakukan dengan mengintegrasikan data per bulan. Sehingga nantinya akan didapat nilai HWL, LWL, MSL, dan tunggang pasut pada tiap bulannya selama tahun 2010-2019. Kemudian untuk menganalisa kerentanan, nilai tunggang pasut akan dirata-rata.

Dari hasil pengolahan data pasang surut, nilai tunggang pasang surut, diperoleh hasil bahwa rata-rata bobot CVI pada parameter pasang surut berada pada kategori sangat rentan dengan nilai rata-rata tunggang pasang surut yaitu 0,949. Hal tersebut menunjukkan bahwa parameter pasang surut sangat berperan dalam meningkatkan kerentanan pesisir Kota Semarang.

3. Geomorfologi

Untuk menganalisa parameter geomorfologi, maka terlebih dahulu dilakukan *cropping* pada Peta Geologi Indonesia berdasarkan batas administrasi Kota Semarang. Data dari Peta Geologi juga akan dilengkapi dengan penelitian Sarah et al. (2011) terkait Identifikasi Faktor Geoteknik penyebab amblesan di Kota Semarang dan penelitian Safitri et al. (2019) terkait fraksi dominan pada pesisir. Dikarenakan pada pembobotan parameter geomorfologi terdapat hal terkait elevasi pesisir yang harus dideskripsikan, maka dibutuhkan data DEMNAS untuk kemudian diekstrak nilai elevasinya.

Dari peta geologi yang ditunjukkan pada Gambar 6, terlihat bahwa penampang geologi pesisir Semarang dibentuk oleh endapan aluvial.



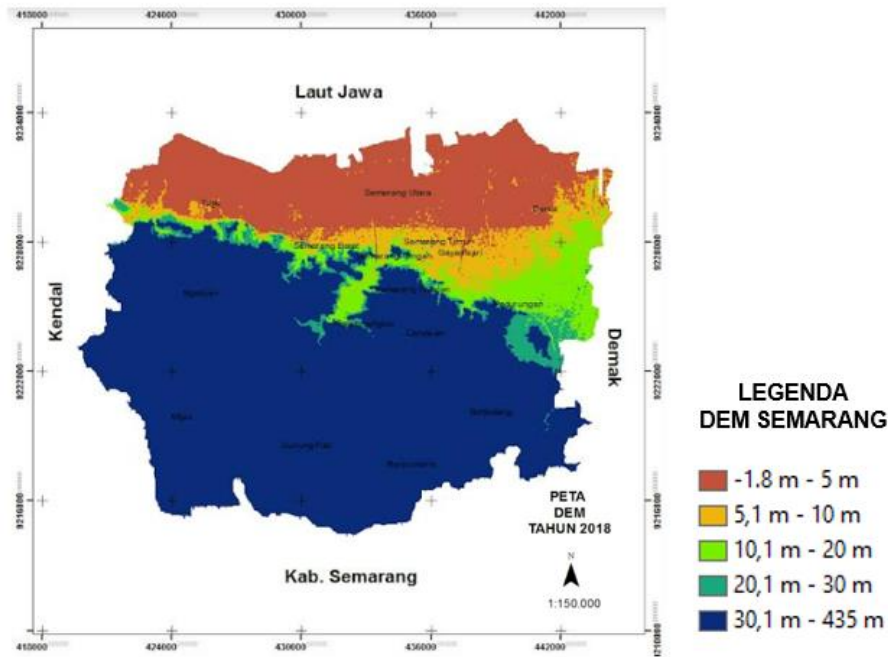
Gambar 6. Penampang Geologi Kota Semarang

Sementara dari penelitian Sarah et al. (2011), dataran Semarang bagian utara merupakan paparan aluvial berumur holosen yang secara vertikal dicirikan oleh litologi yang tersusun oleh material pasir, lanau, lempung, lumpur, peat/gambut, pasir, gravel, konglomerat dan breksi. Hal tersebut diperkuat dengan penelitian Safitri et al. (2019) yang telah melakukan pengujian fraksi pada 4 titik sampel yang tersebar di dalam 4 kecamatan yang ada pada pesisir Semarang, menghasilkan analisa bahwa pesisir Semarang didominasi oleh pasir.

Sementara untuk mengidentifikasi keberadaan tebing pada pesisir Semarang dilakukan pengolahan data DEMNAS. Dari hasil pengolahan DEMNAS, Pesisir Semarang didominasi oleh elevasi tiap titik yang sangat rendah. Elevasi pesisir Semarang berada pada rentang -1,8m hingga 5m. Hal tersebut menunjukkan bahwa elevasi pesisir Semarang di beberapa titik, berada di bawah tinggi muka air laut rata-rata. Sehingga bobot kerentanan pesisir Semarang menurut parameter geomorfologi pada pesisir Semarang didominasi oleh tanah dengan jenis pasir, tambak, rawa, dan pantai yang menjadikan parameter geomorfologi Semarang berada pada tipe sangat rentan.

4. Elevasi Pesisir

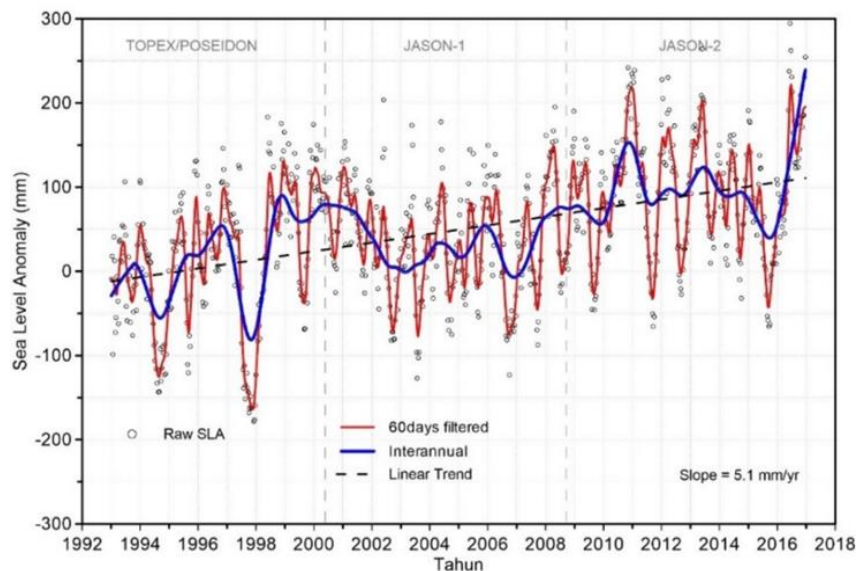
Pada tahap ini, data DEMNAS diproses menggunakan software ArcGIS untuk mendapatkan nilai elevasi, didapat hasil bahwa pesisir Semarang berada pada kategori sangat rentan. Dimana nilai elevasi pada tiap titik yang ada di pesisir Semarang hanya berkisar -1,8 m hingga 5 meter. Bahkan ada bagian di pesisir Semarang yang memiliki ketinggian dibawah muka air laut rata-rata, yang dimungkinkan daerah tersebut menjadi daerah banjir permanen yang tidak layak untuk didirikan bangunan di atasnya.



Gambar 7. Elevasi Kota Semarang berdasarkan DEMNAS

5. Kenaikan Muka Air Laut

Kenaikan muka air laut atau selanjutnya disebut sebagai *Sea level anomaly* (SLA) dihitung dengan memanfaatkan data model RADS. Nilai SLA merupakan tinggi permukaan laut yang diketahui sebagai representasi dari permukaan laut di bawahnya. Pengolahan tinggi permukaan laut dimulai dengan pengunduhan data satelit altimetri melalui *database* RADS. Data yang diunduh adalah data Satelit Altimetri Jason 1, Jason 2, dan Topex Poseidon dari mulai tahun 1993 – 2018. Kemudian keseluruhan dari data tersebut dilakukan interkalibrasi untuk dilakukan koreksi. Koreksi kesalahan pengukuran dibagi menjadi dua jenis, yaitu koreksi *range* dan koreksi geofisika.



Gambar 8. Grafik SLA

Setelah proses pengolahan data satelit altimetri, terlihat bahwa kecepatan kenaikan permukaan laut setiap tahunnya adalah 5,1 mm / tahun. Apabila nilai kenaikan permukaan air laut tersebut diproyeksikan terhadap skoring CVI didapat hasil bahwa parameter kenaikan permukaan air laut di perairan Semarang berada pada kategori sangat rentan.

6. Perubahan Garis Pantai

Deliniasi garis pantai dilakukan dengan menggunakan citra satelit Sentinel 2 pada tahun 2017 - 2019. Digitasi dilakukan dengan menggunakan metode digitasi *on-screen* dari kombinasi *band* SWIR-NIR-*blue* atau kombinasi band 11-8-2. Apabila hasil digitasi garis pantai pada tahun sebelumnya terlihat lebih menjorok ke daratan dibanding tahun sesudahnya maka akan dianggap sebagai erosi. Sementara apabila hasil digitasi pada tahun sebelumnya terlihat lebih menjorok ke lautan maka akan dianggap sebagai akresi. Sehingga, akan dikalkulasi besaran akresi dan erosi pada setiap tahunnya. Hasil perhitungan erosi dan akresi ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Kalkulasi Erosi dan Akresi

Kecamatan	Erosi (m ²)	Akresi (m ²)	Scoring CVI
Tugu	367.153,442	214.133	5
Semarang Barat	25.965	17.507	5
Semarang Utara	156.824	62.198	5
Genuk	226.073	1.286.029	1
Jumlah	776.015,442 m ²	1.579.867 m ²	Rata -rata = 4

Kecamatan Tugu, Semarang Barat dan Semarang Utara didominasi oleh perubahan garis pantai yang lebih menjorok ke daratan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa ketiga kecamatan tersebut seringkali terdampak erosi. Sementara untuk kecamatan Genuk didominasi oleh fenomena akresi. Apabila hasil pembobotan pada keempat kecamatan tersebut diproyeksikan terhadap algoritma CVI, maka kerentanan pesisir Semarang berdasarkan parameter perubahan garis pantai berada pada kategori rentan.

7. Pembobotan Akhir Algoritma CVI

Setelah proses perhitungan pada tiap parameter selesai, maka hasil dari perhitungan tersebut diproyeksikan terhadap tabel pembobotan CVI yang mana hasilnya dapat dilihat pada Tabel 7. Block warna abu-abu di Tabel 7 menunjukkan keadaan pesisir Semarang pada tiap parameter.

Setelah dilakukan *scoring* pada setiap parameter maka langkah selanjutnya adalah penilaian kerentanan pesisir secara keseluruhan sebagaimana Tabel 2. Perhitungan kerentanan dapat ditunjukkan sebagaimana berikut ini.

$$CVI = \sqrt{\frac{(5*5*5*5*5*4)}{6}} \quad (4)$$

Setelah dilakukan perhitungan algoritma CVI, didapat nilai CVI sebesar 45,644. Berdasarkan Tabel 2, nilai tersebut mengindikasikan bahwa kerentanan pesisir Kota Semarang berada pada kategori sangat rentan.

Tabel 5. Proyeksi Hasil Pengolahan tiap Parameter pada Pembobotan Algoritma CVI

No	Parameter	Bobot / Kelas Kerentanan				
		Tidak rentan	Kurang rentan	Sedang	Rentan	Sangat rentan
		1	2	3	4	5
1	Geomorfologi Pantai	Tebing Tinggi	Tebing Sedang	Tebing rendah, daratan alluvial	Estuarine, Laguna	Pantai Berpasir, Rawa, Payau
2	Elevasi Tanah (m)	> 30,0	20,1 – 30,0	10,1 – 20,0	5,1 – 10,0	0,0 – 5,0
3	Tunggang Pasut (m)	> 6,0	4,0 – 6,0	2,0 – 4,0	1,0 – 2,0	< 1,0
4	Tinggi Gelombang (m)	< 0,55	0,55 – 0,85	0,85 – 1,05	1,05 – 1,25	> 1,25
5	Kenaikan muka laut (mm/tahun)	< 1,8	1,8 – 2,5	2,5 – 3,0	3,0 – 3,4	> 3,4
6	Perubahan garis pantai	Akresi	Akresi	Stabil	Erosi	Erosi

Kesimpulan

Secara elevasi, pesisir Semarang sangatlah rendah sehingga tingkat kerentanan dari parameter elevasi sangat rentan. Dari elevasi yang rendah ini pula yang memperparah pergerakan air dari laut. Terlebih keadaan pasang surut, tinggi gelombang, dan kenaikan muka air laut pesisir Semarang berada pada kategori yang sangat rentan sehingga hal tersebut yang sering memicu terjadinya genangan banjir rob. Dari parameter CVI, daerah yang memiliki elevasi sangat rentan adalah Kecamatan Tugu, Semarang Barat, Semarang Utara, dan Genuk. Sementara untuk parameter perubahan garis pantai, pada pesisir Semarang sangat didominasi oleh kondisi erosi dan akresinya, dimana kondisi akresi bersamaan pula dengan kondisi erosi. Sehingga sulit apabila diproyeksikan pada tabel CVI. Namun dari hasil perhitungan, didapat bahwa luasan akresi melebihi luasan erosi. Dimana kecamatan yang berada pada kategori sangat rentan dengan luasan erosi lebih luas dibanding luasan akresi adalah Kecamatan Tugu, Semarang Utara, dan Semarang Barat.

Untuk parameter pasang surut, kerentanan yang terjadi pada setiap wilayah yang ada pada pesisir adalah seragam dikarenakan hanya digunakan 1 stasiun yang digunakan untuk memantai pasang surut. Begitupun dengan kenaikan permukaan laut yang dianggap seragam pada cakupan pesisir Semarang. Dengan nilai kerentanan pada parameter pasang surut dan kenaikan muka air laut juga berada pada kategori sangat rentan.

Daftar Pustaka

- Gornitz, V & Kancirik, P. *Assessment of global coastal hazards from sea level rise*. United States: N. p., (1989). Web.
 Gornitz (1991). Global coastal hazards from future sea level rise. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 89(4), 379–398. [https://doi.org/10.1016/0031-0182\(91\)90173-O](https://doi.org/10.1016/0031-0182(91)90173-O)
 Karunia (2017). Estimasi Kerugian Ekonomi Masyarakat akibat Banjir Rob di Pemukiman Kecamatan Genuk Kota Semarang. IPB.

- Klein, Nicholls & Thomalla. (2003). Resilience to natural hazards: How useful is this concept? *Environmental Hazards*, 5(1), 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.hazards.2004.02.001>
- Kumar et al. (2010). Coastal Vulnerability Assessment for Orissa State, East Coast of India. 523–535. <https://doi.org/10.2112/09-1186.1>
- Nontji (2002). Laut Nusantara. Jakarta: Penerbit Djambatan
- Pendleton et al. (2005). Coastal Vulnerability Assessment of Gateway National Recreation Area (GATE) to Sea Level Rise. Retrieved from Virginia, USA.
- Ramadhany et al. (2012). Daerah Rawan Genangan Rob di Wilayah Semarang. *Journal Of Marine Research*, 1, 174–180. Retrieved from <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jmr>
- Safitri et al. (2019). Analisis Perubahan Garis Pantai Akibat Erosi Di Pesisir Kota Semarang. *Geomatika*, 25(1), 37. <https://doi.org/10.24895/jig.2019.25-1.958>
- Sarah et al. (2011). Identifikasi Faktor Geoteknik Penyebab Amblesan Di Kota Semarang. *Prosiding Geoteknologi Lipi*, 1990, 199–203.
- Suhelmi. (2012). Kajian dampak land subsidence terhadap peningkatan luas genangan rob di Kota Semarang: Impact of land subsidence on inundated area extensivication at Semarang City. *Ilmiah Geomatika*, 18(1), 9–16.
- Triatmodjo (1999). Teknik Pantai. Yogyakarta: Beta Offset
- USGS. (2005). *Landsat 8 Band Designations*. Dipetik 08 30, 2018, dari USGS: Van Bemelen, R. (1949). *The Geology of Indonesia Vol IA, General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes, 2nd. Netherland*.



This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).