



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENILAIAN KERENTANAN FISIK WILAYAH PESISIR KOTA
SEMARANG MENGGUNAKAN METODE *COASTAL
VULNERABILITY INDEX (CVI) DAN ANALYTICAL HIERARCHY
PROCESS (AHP)***

TUGAS AKHIR

ARDEA ULFA ROSDIANA

21110118120029

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI**

SEMARANG

MARET 2023



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENILAIAN KERENTANAN FISIK WILAYAH PESISIR KOTA
SEMARANG MENGGUNAKAN METODE *COASTAL
VULNERABILITY INDEX (CVI) DAN ANALYTICAL HIERARCHY
PROCESS (AHP)***

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (Strata – 1)

ARDEA ULFA ROSDIANA

21110118120029

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI**

SEMARANG

MARET 2023

HALAMAN PERNYATAAN

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk

Telah saya nyatakan dengan benar

Nama : ARDEA ULFA ROSDIANA

NIM : 21110118120029

Tanda Tangan : 

Tanggal : Maret 2023

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : ARDEA ULFA ROSDIANA
NIM : 21110118120029
PROGRAM STUDI : TEKNIK GEODESI
Judul Skripsi :

**PENILAIAN KERENTANAN FISIK WILAYAH PESISIR KOTA
SEMARANG MENGGUNAKAN METODE *COASTAL VULNERABILITY
INDEX (CVI) DAN ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)***

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana/ S1 pada Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing 1 : Arief Laila Nugraha, S.T, M.Eng. ()
Pembimbing 2 : Nurhadi Bashit S.T., M.Eng. ()
Penguji 1 : Dr. L. M Sabri, S.T., M.T. ()
Penguji 2 : Hana Sugiastu Firdaus, ST., MT. ()

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Geodesi
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro



Dr. L.M. Sabri, S.T., M.T.
NIP. 197703092008121001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Al-ḥamdu lillāhi rabbil-'ālamīn, segala puji bagi Allah, SWT berkat rahmat serta hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan lancar. Tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tuaku tercinta. Terima kasih mama dan papa atas doanya, nasihat dan dukungan untuk kakak selama ini, sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Alhamdulillah ma, pa, jauh-jauh kakak merantau dari pulau seberang akhirnya kakak bisa menyelesaikan kuliah ini. Sehat selalu ma, pa, InsyaAllah kakak akan selalu menjadi versi terbaik diri sendiri.
2. Adik-adikku tercinta Rehan dan Dinda. Terima kasih telah menghibur dan memberikan semangat ke kakak selama mengerjakan skripsi, serta tak lupa kucing kesayanganku Portes dan Apin yang senantiasa membuat penulis bersemangat lagi dalam menyusun skripsi.
3. Teman-temanku yang selalu ada dan siap membantu penulis. Terima kasih Feby, Nevi, Diah, Vianka, Junita, Neta, Risa, Eko, Fitria dan temanku yang paling jauh Irma, Fikri dan Mardianis yang selalu menanyakan kabar dan mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi, serta teman-temanku yang lain yang tidak bisa disebutkan satu-persatu. Semangat teman-temanku!
4. Teknik Geodesi Universitas Diponegoro. Terima kasih atas pembelajarannya, pengalaman dan pertemanan serta proses dari pengembangan diri selama proses perkuliahan. Sampai bertemu lagi!

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa, Pencipta dan Pemelihara alam semesta, akhirnya Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, meskipun proses belajar sesungguhnya tak akan pernah berhenti. Tugas akhir ini sesungguhnya bukanlah sebuah kerja individual dan akan sulit terlaksana tanpa bantuan banyak pihak yang tak mungkin Penulis sebutkan satu persatu, namun dengan segala kerendahan hati, Peneliti mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. L. M Sabri, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
2. Bapak Dr. L. M Sabri, S.T., M.T., selaku dosen wali yang telah mengampu penulis selama proses perkuliahan.
3. Bapak Arief Laila Nugraha, S.T, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Nurhadi Bashit S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. L. M Sabri, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Ibu Hana Sugiastu Firdaus, ST., MT., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Bapak Dr. L. M. Sabri, S.T., M.T., selaku narasumber dalam penelitian tugas akhir ini.
8. Bapak Bandi Sasmito, S.T., M.T., selaku narasumber dalam penelitian tugas akhir ini.
9. Seluruh Dosen Teknik Geodesi yang telah memberikan ilmu, arahan, bimbingan selama perkuliahan dan dalam menyelesaikan tugas akhir.
10. Seluruh Karyawan Tata Usaha Teknik Geodesi yang telah membantu dalam hal mengurus administrasi selama perkuliahan dan penyelesaian tugas akhir.
11. Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kota Semarang memberikan data untuk keperluan tugas akhir.

12. Teman-teman Teknik Geodesi angkatan 2018 yang seperjuangan dalam menuntut ilmu selama ini.
13. Semua pihak yang telah memberikan dorongan dan dukungan baik berupa material maupun spiritual serta membantu kelancaran dalam penyusunan tugas akhir ini.

Akhir kata, Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk banyak pihak. Semoga diberikan balasan yang berlipat kepada yang telah memberikan bantuannya kepada penulis.

Semarang, Maret 2023



Ardea Ulfa Rosdiana

NIM. 21110118120029

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ARDEA ULFA ROSDIANA
NIM : 21110118120029
Jurusan/Program Studi : TEKNIK GEODESI
Fakultas : TEKNIK
Jenis Karya : SKRIPSI

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Noneksklusif Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PENILAIAN KERENTANAN FISIK WILAYAH PESISIR KOTA SEMARANG MENGGUNAKAN METODE *COASTAL VULNERABILITY INDEX (CVI)* DAN *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)*

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : Semarang, Maret 2023

Yang menyatakan



(Ardea Ulfa Rosdiana)

ABSTRAK

Wilayah pesisir merupakan wilayah yang dinamis dan rentan akan dampak dari perubahan iklim. Pesisir kota Semarang mengalami permasalahan berupa banjir rob dan penurunan muka tanah. Dampak dari permasalahan tersebut mempengaruhi kerentanan fisik kawasan pesisir, sehingga perlu dikaji tingkat kerentanan fisik dari wilayah pesisir Semarang. Penilaian kerentanan fisik dilakukan di pesisir kota Semarang yaitu di Kecamatan Tugu, Kecamatan Semarang Barat, Kecamatan Semarang Utara dan Kecamatan Genuk. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan *Coastal Vulnerability Index* (CVI) dan CVI terbobot (CVIw) yang berdasarkan pada bobot AHP tiap parameter. Parameter yang digunakan pada penelitian ini yaitu elevasi, kelerengan, geomorfologi, perubahan garis pantai, tutupan lahan, *mean tidal range*, *sea leve rise*, *significant wave height*, dan *land subsidence*. Data yang digunakan yaitu DEMNAS, BATNAS, data geomorfologi, Sentinel-1 SLC IW, Sentinel-2 L1C, Sentinel- 3 SRAL L2P NTC, data pasang surut, dan data ketinggian gelombang. Proses pengolahan data menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menilai tingkat kerentanan fisik dan membandingkan tingkat kerentanan fisik berdasarkan hasil CVI dan CVIw. Pengolahan kerentanan fisik dihitung berdasarkan kecamatan dan *grid cells* untuk meningkatkan analisis. Hasil dari penelitian ini menunjukkan tingkat kerentanan fisik terbesar menggunakan CVI dan CVIw berdasarkan kecamatan yaitu pada kategori sangat tinggi sebesar 69% dengan panjang garis pantai 26,7 km yang berada pada Kecamatan Semarang Utara dan Genuk. Perbandingan tingkat kerentanan fisik menggunakan CVI dan CVIw dengan kondisi yang sebenarnya menunjukkan CVI dengan akurasi kappa sebesar 0,4 (kesepakatan yang cukup) sedangkan CVIw dengan akurasi kappa sebesar 0,7 (kesepakatan yang baik).

Kata Kunci: Wilayah pesisir, Kerentanan Fisik, *Coastal Vulnerability Index* (CVI), SIG

ABSTRACT

Coastal areas are dynamic areas and vulnerable to the impacts of climate change. The coastal city of Semarang is experiencing problems in the form of tidal flooding and land subsidence. The impact of these problems affects the vulnerability of coastal areas, so it is necessary to study the level of physical vulnerability of the Semarang coastal area. The physical vulnerability assessment was carried out on the coast of Semarang, namely in Tugu District, West Semarang District, North Semarang District, and Genuk District. The method used in this study is to use the Coastal Vulnerability Index (CVI) and weighted CVI (CVI_w) based on the AHP weight of each parameter. The parameters used in this study are elevation, slope, geomorphology, shoreline changes, land cover, mean tidal range, sea level rise, significant wave height, and land subsidence. The data used are DEMNAS, BATNAS, geomorphological data, Sentinel-1 SLC IW, Sentinel-2 LIC, Sentinel-3 SRAL L2P NTC, tidal data, and wave height data. Processing data using Geographic Information System (GIS). The purpose of this study is to assess the level of vulnerability and compare the level of vulnerability based on CVI and CVI_w results. Vulnerability processing is calculated based on sub-districts and grid cells to improve analysis. The results of this research show the highest level of vulnerability using CVI and CVI_w by sub-district, namely in the very high category of 69% with a coastline length of 26.7 km in North Semarang and Genuk Districts. Comparison of the level of vulnerability using CVI and CVI_w with actual conditions shows CVI with a kappa accuracy of 0.4 (fair agreement) while CVI_w with a kappa accuracy of 0.7 (substantial agreement).

Keywords: *Coastal Areas, Physical Vulnerability, Coastal Vulnerability Index (CVI), GIS*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xxi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
I.3.1 Tujuan Penelitian	3
I.3.2 Manfaat Penelitian	4
I.4 Batasan Penelitian	4
I.5 Ruang Lingkup Penelitian	5
I.5.1 Wilayah Penelitian	5
I.5.2 Peralatan dan Data Penelitian.....	5
I.6 Metodologi Penelitian	6
I.7 Sistematika Penulisan Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
II.1 Kajian Penelitian Terdahulu	8

II.2	Wilayah Kajian Penelitian	14
II.3	Erosi dan Akresi	15
II.4	Wilayah Pesisir	16
II.5	Kerentanan Pesisir	17
II.6	Kerentanan Fisik Pesisir	18
II.7	Sistem Informasi Geografis (SIG).....	18
II.7.1	Subsistem SIG	19
II.7.2	Komponen SIG	20
II.8	<i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i>	21
II.9	<i>Coastal Vulnerability Index (CVI)</i>	23
II.10	Sentinel-1	26
II.11	Sentinel-2	27
II.12	Sentinel-3 SRAL.....	29
II.13	Elevasi Pantai.....	31
II.14	Kelerengan Pantai	31
II.15	Geomorfologi.....	32
II.16	Garis Pantai.....	32
II.17	Tutupan Lahan	33
II.18	Kenaikan Permukaan Laut.....	34
II.19	Pasang Surut	34
II.20	Ketinggian Gelombang	36
II.21	Penurunan Muka Tanah	36
II.22	Normalized Difference Water Index (NDWI).....	37
II.23	Digital Shoreline Analysis System (DSAS)	37
BAB III	METODE PENELITIAN	40
III.1	Alat dan Bahan	40

III.2	Tahapan Penelitian	41
III.3	Tahapan Pengolahan Data	44
III.3.1	Pengolahan Data Elevasi.....	44
III.3.2	Pengolahan Kelerengan.....	47
III.3.3	Identifikasi Geomorfologi.....	50
III.3.4	Pengolahan Perubahan Garis Pantai.....	51
III.3.5	Pengolahan Tutupan Lahan.....	58
III.3.6	Pengolahan Kenaikan Permukaan Air Laut	59
III.3.7	Pengolahan Pasang Surut	63
III.3.8	Pengolahan Ketinggian Gelombang Signifikan.....	66
III.3.9	Pengolahan Penurunan Muka Tanah.....	68
III.4	Tahapan Pengujian dan Analisis	72
III.4.1	Verifikasi.....	72
III.4.2	Analisis Kerentanan fisik Menggunakan CVI	73
III.4.3	Analisis Kerentanan fisik Menggunakan CVIw	74
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	75
IV.1	Hasil Pengolahan Elevasi	75
IV.2	Hasil Pengolahan Kelerengan.....	78
IV.3	Hasil Identifikasi Geomorfologi.....	81
IV.4	Hasil Pengolahan Perubahan Garis Pantai	83
IV.4.1	Koreksi Atmosferik.....	83
IV.4.2	Pengolahan NDWI	86
IV.4.3	Digitasi Garis Pantai	87
IV.4.4	Perhitungan DSAS	89
IV.5	Hasil Pengolahan Tutupan Lahan.....	90
IV.6	Hasil Perhitungan Kenaikan Muka Air Laut.....	94

IV.7	Hasil Perhitungan Pasang surut	95
IV.7.1	Hasil Tunggang Pasut	95
IV.7.2	Hasil Komponen Pasang Surut.....	96
IV.7.3	Hasil Bilangan Formzahl	97
IV.8	Hasil Pengolahan Penurunan Muka Tanah.....	98
IV.9	Hasil Perhitungan Ketinggian Gelombang Signifikan	100
IV.10	Verifikasi	101
IV.10.1	Verifikasi Garis Pantai	101
IV.10.2	Verifikasi Tutupan Lahan.....	106
IV.10.3	Verifikasi <i>Sea Level Rise</i>	107
IV.11	Analisis Kerentanan Fisik Parameter Fisik.....	108
IV.11.1	Elevasi	110
IV.11.2	Kelerengan.....	114
IV.11.3	Geomorfologi	119
IV.11.4	Perubahan Garis Pantai.....	123
IV.11.5	Tutupan Lahan.....	127
IV.11.6	Kenaikan Muka Air Laut.....	132
IV.11.7	Tunggang Pasut	137
IV.11.8	Penurunan Muka Tanah.....	141
IV.11.9	Ketinggian Gelombang Signifikan.....	146
IV.12	Analisis Kerentanan Fisik Menggunakan CVI	150
IV.13	Analisis Kerentanan Fisik Menggunakan CVIw	156
IV.14	Perbandingan CVI dan CVIw	163
IV.15	Pengecekan Lapangan dan Verifikasi Kerentanan fisik	169
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	206
V.1	Kesimpulan.....	206

V.2	Saran.....	207
	DAFTAR PUSTAKA	xxv
	LAMPIRAN.....	xxxv
	LAMPIRAN I SURAT IZIN DAN PERMOHONAN DATA	xxxvi
	LAMPIRAN II SCRIPT PENGOLAHAN PASANG SURUT	xxxvi
	LAMPIRAN III DATA HASIL PENGOLAHAN PASANG SURUT PERTAHUN	xxxix
	LAMPIRAN IV DATA <i>SEA LEVEL RISE</i> PERTAHUN	lii
	LAMPIRAN V VERIFIKASI TUTUPAN LAHAN	lxi
	LAMPIRAN VI KUESIONER AHP	lxxiv
	LAMPIRAN VI DATA ELEVASI BPS SEMARANG TAHUN 2020	lxxix
	LAMPIRAN VI PETA KERENTANAN FISIK PESISIR CVI DAN CVIW..	lxxxii

DAFTAR GAMBAR

Gambar II-1 Wilayah penelitian dengan <i>grid cells</i> disepanjang garis pantai Semarang.....	15
Gambar II-2 Contoh penampakan akresi dan abrasi (Anugrahadi dkk., 2015)	15
Gambar II-3 Ilustrasi wilayah pesisir (Ayyam dkk., 2019)	17
Gambar II-4 Subsistem SIG (Dyah dkk., 2016).....	19
Gambar II-5 Klasifikasi variabel untuk indeks (McLaughlin dkk., 2010).....	24
Gambar II-6 Satelit Sentinel-1 (ESA dalam Attema dkk., 2009)	26
Gambar II-7 Mode akuisisi IW pada tipe produk SLC Sentinel-1 Level 1	27
Gambar II-8 Satelit Sentinel-2 (Astrium GmbH) (ESA, 2015).....	28
Gambar II-9 Konfigurasi orbit satelit Sentinel-2 (Astrium-GmbH) (ESA, 2015)	28
Gambar II-10 Prinsip Altimetri (Aviso, 2017).....	30
Gambar II-11 Ketepatan waktu produk SRAL/MWR Level-2.....	31
Gambar II-12 Indikator garis pantai (Alicandro dkk., 2019).....	33
Gambar II-13 Skema <i>Supervised Classification</i>	34
Gambar II-14 <i>Tidal Range</i> (IILSS (International Institute for Law of the Sea Studies), 2021)	35
Gambar II-15 Komponen dan operasi Digital Shoreline Analysis System (Thin dan Hens, 2017)	38
Gambar III-1 Diagram Alir Penelitian	42
Gambar III-2 Diagram Alir Pengolahan Elevasi.....	45
Gambar III-3 Laman DEMNAS BIG.....	45
Gambar III-4 Buffer 1 km kearah darat untuk area sampel elevasi	46
Gambar III-5 <i>Reclassify</i> rentang Elevasi.....	46
Gambar III-6 Elevasi wilayah pesisir Semarang.....	47
Gambar III-7 Diagram Alir Pengolahan Kelerengan	47
Gambar III-8 Laman BATNAS BIG.....	48
Gambar III-9 Buffer 1 km kearah laut untuk area sampel kelerengan.....	48
Gambar III-10 Kontur dengan interval 5 meter untuk analisis kelerengan.....	49
Gambar III-11 <i>Topo to Raster</i> untuk analisis kelerengan	49
Gambar III-12 Kelerengan wilayah pesisir Semarang	50
Gambar III-13 Diagram Alir Identifikasi Geomorfologi	50

Gambar III-14 Geologi Kota Semarang.....	51
Gambar III-15 <i>Website</i> USGS.....	51
Gambar III-16 Diagram Alir Pengolahan Garis Pantai.....	52
Gambar III-17 <i>Raster Calculator</i> untuk Pengolahan NDWI.....	54
Gambar III-18 Contoh Tampilan Digitasi Garis Pantai	55
Gambar III-19 <i>Set Default Parameters</i> DSAS.....	56
Gambar III-20 <i>Set Default Parameters</i> DSAS (2).....	56
Gambar III-21 <i>Cast Transects</i> DSAS	57
Gambar III-22 Tampilan <i>Calculate Rates</i> DSAS.....	57
Gambar III-23 Diagram Alir Pengolahan Tutupan Lahan	58
Gambar III-24 <i>Training Sample Manager</i>	59
Gambar III-25 Contoh <i>Training Sample</i>	59
Gambar III-26 Diagram Alir Pengolahan Kenaikan Muka Air Laut	60
Gambar III-27 <i>Website</i> EUMETSAT DATA SERVICE.....	61
Gambar III-28 <i>Orbit track</i> Sentinel 3-A SRAL pada <i>pass</i> 46	61
Gambar III-29 <i>Filter Area</i> pengolahan SLA menggunakan BRAT.....	61
Gambar III-30 Tampilan SLA pada Google Earth.....	62
Gambar III-31 <i>Data Expression</i> pengolahan SLA menggunakan BRAT.....	62
Gambar III-32 <i>Selection Criteria</i> pengolahan SLA menggunakan BRAT	63
Gambar III-33 Diagram Alir Pengolahan <i>Mean Tide Range</i>	63
Gambar III-34 Laman Sea Level Monitoring	64
Gambar III-35 Script <i>t_tide</i> untuk pengolahas pasang surut.....	65
Gambar III-36 Contoh hasil pengolahan pasang surut tahun 2018.....	65
Gambar III-37 Diagram Alir Pengolahan <i>Significant Wave Height</i>	66
Gambar III-38 <i>Website</i> Copernicus ECMWF	66
Gambar III-39 Filter lokasi sesuai dengan wilayah penelitian.....	67
Gambar III-40 <i>Website</i> Copernicus Open Acces Hub	68
Gambar III-41 Diagram Alir Penurunan Muka Tanah.....	69
Gambar III-42 Estimasi Jarak Utama dari pasangan Citra.....	70
Gambar III-43 Koherensi pasangan citra	70
Gambar III-44 <i>Phase unwrapping</i>	71
Gambar III-45 <i>Phase to Displacement</i>	72

Gambar III-46 <i>Geocoding</i>	72
Gambar III-47 Diagram alir perhitungan CVI	74
Gambar III-48 Diagram alir perhitungan CVI _w	74
Gambar IV-1 Diagram persentase luasan elevasi	75
Gambar IV-2 Peta elevasi pesisir Kota Semarang	76
Gambar IV-3 Diagram persentase luasan kelerengan.....	79
Gambar IV-4 Peta Kelerengan Pesisir Kota Semarang.....	81
Gambar IV-5 Diagram persentase luasan geomorfologi.....	82
Gambar IV-6 Peta Geomorfologi Pesisir Kota Semarang	83
Gambar IV-7 Citra Sentinel-2 pada komposit <i>band</i> 432 sebelum terkoreksi atmosferik.....	84
Gambar IV-8 Citra Sentinel-2 pada komposit <i>band</i> 432 setelah terkoreksi atmosferik.....	84
Gambar IV-9 Histogram citra sebelum terkoreksi atmosferik.....	85
Gambar IV-10 Histogram citra setelah terkoreksi atmosferik	85
Gambar IV-11 NDWI Tahun 2018	86
Gambar IV-12 NDWI Tahun 2020	86
Gambar IV-13 NDWI Tahun 2022	86
Gambar IV-14 Garis pantai tahun 2018, 2020 dan 2022	88
Gambar IV-15 Visualisasi Akresi dan Erosi	89
Gambar IV-16 Visualisasi EPR pengolahan DSAS.....	89
Gambar IV-17 Diagram nilai rata-rata EPR.....	90
Gambar IV-18 Diagram persentase tutupan lahan	91
Gambar IV-19 Peta Tutupan Lahan Wilayah Pesisir Kota Semarang	92
Gambar IV-20 Hasil SLA tahun 2018-2022	95
Gambar IV-21 Grafik tunggang pasut Semarang tahun 2018-2021	96
Gambar IV-22 Grafik Data Pasang Surut 2018-2021	98
Gambar IV-23 <i>Band Maths</i> Hasil Pengolahan PMT.....	99
Gambar IV-24 Diagram rata-rata PMT Tahun 2021-2022	99
Gambar IV-25 Peta Penurunan Muka Tanah Kota Semarang	100
Gambar IV-26 Grafik <i>Significant Wave Height</i> (SWH) pertahun	101
Gambar IV-27 Grafik SLA pass 46 dengan grafik data pasang surut Semarang	107

Gambar IV-28 <i>Grid Cells</i> diterapkan untuk meningkatkan analisis CVI.....	109
Gambar IV-29 Peringkat kerentanan fisik elevasi berdasarkan kecamatan.....	110
Gambar IV-30 Peringkat kerentanan fisik elevasi berdasarkan sel	111
Gambar IV-31 Diagram persentase kerentanan fisik elevasi	113
Gambar IV-32 Peringkat kerentanan fisik kelerengan berdasarkan kecamatan .	114
Gambar IV-33 Peringkat kerentanan fisik kelerengan berdasarkan <i>grid cells</i> ...	115
Gambar IV-34 Diagram persentase kerentanan fisik kelerengan	117
Gambar IV-35 Diagram persentase kerentanan fisik kelerengan berdasarkan sel	118
Gambar IV-36 Peringkat kerentanan fisik geomorfologi berdasarkan Kecamatan	119
Gambar IV-37 Peringkat kerentanan fisik geomorfologi berdasarkan <i>grid cells</i>	120
Gambar IV-38 Diagram persentase kerentanan fisik geomorfologi	122
Gambar IV-39 Peringkat kerentanan fisik perubahan garis pantai berdasarkan kecamatan.....	123
Gambar IV-40 Peringkat kerentanan fisik perubahan garis pantai berdasarkan <i>grid cells</i>	124
Gambar IV-41 Diagram persentase kerentanan fisik garis pantai	126
Gambar IV-42 Diagram persentase kerentanan fisik garis pantai berdasarkan sel	127
Gambar IV-43 Peringkat kerentanan fisik tutupan lahan berdasarkan kecamatan	128
Gambar IV-44 Peringkat kerentanan fisik tutupan lahan berdasarkan <i>grid cells</i>	129
Gambar IV-45 Diagram persentase kerentanan fisik tutupan lahan	131
Gambar IV-46 Diagram persentase kerentanan fisik tutupan lahan berdasarkan sel	131
Gambar IV-47 Peringkat kerentanan fisik kenaikan muka air laut berdasarkan kecamatan.....	133
Gambar IV-48 Peringkat kerentanan fisik kenaikan muka air laut berdasarkan <i>grid cells</i>	134
Gambar IV-49 Diagram persentase kerentanan fisik kenaikan muka air laut	136

Gambar IV-50 Peringkat kerentanan fisik tunggang pasut berdasarkan kecamatan	137
Gambar IV-51 Peringkat kerentanan fisik tunggang pasut berdasarkan <i>grid cells</i>	138
Gambar IV-52 Diagram Kerentanan fisik Tunggang Pasut.....	141
Gambar IV-53 Peringkat kerentanan fisik penurunan muka tanah berdasarkan kecamatan.....	142
Gambar IV-54 Peringkat kerentanan fisik penurunan muka tanah berdasarkan <i>grid cells</i>	143
Gambar IV-55 Diagram persentase kerentanan fisik penurunan muka tanah.....	145
Gambar IV-56 Peringkat kerentanan fisik ketinggian gelombang berdasarkan kecamatan.....	146
Gambar IV-57 Peringkat kerentanan fisik ketinggian gelombang berdasarkan kecamatan berdasarkan <i>grid cells</i>	147
Gambar IV-58 Diagram persentase kerentanan fisik ketinggian gelombang	149
Gambar IV-59 Peta kerentanan fisik pesisir Semarang menggunakan CVI berdasarkan kecamatan	154
Gambar IV-60 Peta kerentanan fisik pesisir Semarang menggunakan CVI berdasarkan sel.....	154
Gambar IV-61 Hirarki untuk perhitungan AHP.....	156
Gambar IV-62 Matriks perbandingan parameter responden 1.....	156
Gambar IV-63 Matriks perbandingan parameter responden 2.....	156
Gambar IV-64 Bobot tiap parameter responden 1	157
Gambar IV-65 Bobot tiap parameter responden 2	157
Gambar IV-66 Bobot dari combined data.....	157
Gambar IV-67 Peta kerentanan fisik pesisir Semarang menggunakan CVIw berdasarkan kecamatan	161
Gambar IV-68 Peta kerentanan fisik pesisir Semarang menggunakan CVIw berdasarkan sel.....	162
Gambar IV-69 Persentase perbandingan CVI dan CVIw berdasarkan kecamatan	164
Gambar IV-70 Persentase perbandingan CVI dan CVIw berdasarkan sel	164

Gambar IV-71 Perbandingan kesesuaian CVI dan CVIw.....	167
Gambar IV-72 Perbandingan kesesuaian CVI dan CVIw.....	168
Gambar IV-73 Persentase kesesuaian CVI dengan kondisi sebenarnya.....	203
Gambar IV-74 Persentase kesesuaian CVIw dengan kondisi sebenarnya.....	203
Gambar IV-75 Persentase verifikasi kerentanan CVI.....	204
Gambar IV-76 Persentase verifikasi kerentanan CVIw	204

DAFTAR TABEL

Tabel II-1 Kajian penelitian terdahulu	8
Tabel II-2 Skala prioritas perbandingan berpasangan.....	22
Tabel II-3 Nilai <i>Random Index (RI)</i> (Saaty, 1987)	22
Tabel II-4 Nilai <i>Consistency Ratio (CR)</i> (Utari, 2016)	23
Tabel II-5 Peringkat Parameter Kerentanan Fisik.....	25
Tabel II-6 Karakteristik produk Sentinel-2 L1C (ESA, 2022).....	28
Tabel III-1 Perangkat Keras	40
Tabel III-2 Perangkat Lunak	40
Tabel III-3 Bahan Penelitian	41
Tabel III-4 Tabel Elevasi Muka Rencana	53
Tabel III-5 Tabel Elevasi Air Saat Penyiaman Citra	53
Tabel III-6 Perbandingan pengolahan dengan BRAT dan MATLAB.....	60
Tabel IV-1 Nilai Elevasi	75
Tabel IV-2 Nilai Kelerengan.....	79
Tabel IV-3 Geomorfologi Wilayah Pesisir	82
Tabel IV-4 Perbedaan nilai pixel sebelum dan setelah terkoreksi.....	85
Tabel IV-5 Nilai rata-rata <i>EPR (End Point Rate)</i>	90
Tabel IV-6 Luas Tutupan Lahan	91
Tabel IV-7 Nilai rata-rata <i>SLA</i> pertahun	94
Tabel IV-8 Nilai tunggang pasut pertahun.....	96
Tabel IV-9 Nilai Komponen Harmonik Pasang Surut (m)	97
Tabel IV-10 Nilai Perhitungan Pasang Surut (m)	97
Tabel IV-11 Nilai <i>Formzahl</i>	98
Tabel IV-12 Nilai <i>PMT</i> masing-masing kecamatan	99
Tabel IV-13 Nilai <i>Significant Wave Height (SWH)</i>	100
Tabel IV-14 Verifikasi garis pantai	102
Tabel IV-15 Matriks konfusi uji akurasi tutupan lahan	106
Tabel IV-16 Hasil uji normalitas <i>pass 46</i>	108
Tabel IV-17 Hasil uji korelasi <i>pass 46</i>	108
Tabel IV-18 Nilai kelas kerentanan fisik setiap parameter	108
Tabel IV-19 Panjang garis pantai parameter elevasi.....	110

Tabel IV-20 Panjang garis pantai parameter elevasi setiap sel.....	111
Tabel IV-21 Panjang garis pantai parameter kelerengan	115
Tabel IV-22 Panjang garis pantai parameter kelerengan setiap sel	115
Tabel IV-23 Panjang garis pantai parameter geomorfologi.....	119
Tabel IV-24 Panjang garis pantai parameter geomorfologi setiap sel	120
Tabel IV-25 Panjang garis pantai parameter perubahan garis pantai	123
Tabel IV-26 Panjang garis pantai parameter perubahan garis pantai setiap sel..	124
Tabel IV-27 Panjang garis pantai parameter tutupan lahan	128
Tabel IV-28 Panjang garis pantai parameter tutupan lahan setiap sel	129
Tabel IV-29 Panjang garis pantai parameter kenaikan muka air laut	133
Tabel IV-30 Panjang garis pantai parameter kenaikan muka air laut setiap sel .	134
Tabel IV-31 Panjang garis pantai parameter tunggang pasut	138
Tabel IV-32 Panjang garis pantai parameter tunggang pasut setiap sel.....	138
Tabel IV-33 Panjang garis pantai parameter penurunan muka tanah	142
Tabel IV-34 Panjang garis pantai parameter penurunan muka tanah setiap sel .	143
Tabel IV-35 Panjang garis pantai parameter ketinggian gelombang	147
Tabel IV-36 Panjang garis pantai parameter ketinggian gelombang setiap sel ..	147
Tabel IV-37 Nilai persentil Kerentanan fisik CVI berdasarkan kecamatan	150
Tabel IV-38 Hasil Kerentanan fisik CVI berdasarkan kecamatan.....	151
Tabel IV-39 Nilai persentil Kerentanan fisik CVI berdasarkan sel	151
Tabel IV-40 Hasil Kerentanan fisik CVI berdasarkan sel	151
Tabel IV-41 Persentase CVI untuk level kerentanan fisik berdasarkan kecamatan	155
Tabel IV-42 Persentase CVI untuk level kerentanan fisik berdasarkan sel	155
Tabel IV-43 Bobot peringkat AHP berdasarkan Expert Choice dan AHP	158
Tabel IV-44 Nilai persentil Kerentanan fisik CVIw berdasarkan kecamatan.....	158
Tabel IV-45 Nilai persentil Kerentanan fisik CVIw berdasarkan sel	158
Tabel IV-46 Hasil Kerentanan fisik CVIw berdasarkan kecamatan	159
Tabel IV-47 Hasil Kerentanan fisik CVIw berdasarkan sel.....	159
Tabel IV-48 Persentase CVIw untuk level kerentanan fisik berdasarkan kecamatan	162
Tabel IV-49 Persentase CVIw untuk level kerentanan fisik berdasarkan sel	163

Tabel IV-50 Kesesuaian CVI dan CVIw	165
Tabel IV-51 Pengecekan Lapangan dan verifikasi	170
Tabel IV-52 Hasil verifikasi lapangan	200
Tabel IV-53 Perhitungan nilai koefisien kappa CVIw.....	202
Tabel IV-54 Perhitungan nilai koefisien kappa CVI.....	202

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penelitian Bappeda Semarang.....	xxxvii
Lampiran 2 Surat Izin Penelitian BIG.....	xxxviii
Lampiran 3 Script T_Tide Pengolahan Pasang Surut	xxxvii
Lampiran 4 Data Hasil Pengolahan Pasang Surut menggunakan MATLAB Tahun 2018.....	xl
Lampiran 5 Data Hasil Pengolahan Pasang Surut menggunakan MATLAB Tahun 2019.....	xliii
Lampiran 6 Data Hasil Pengolahan Pasang Surut menggunakan MATLAB Tahun 2020.....	xlvi
Lampiran 7 Data Hasil Pengolahan Pasang Surut menggunakan MATLAB Tahun 2021.....	xlix
Lampiran 9 Data Sea Level Rise Tahun 2018-2022	liii
Lampiran 10 Verifikasi Tutupan Lahan.....	lxii
Lampiran 11 Kuesioner AHP.....	lxxv
Lampiran 12 Data Elevasi BPS Semarang Tahun 2020	lxxx
Lampiran 13 Peta Kerentanan CVI berdasarkan Kecamatan.....	lxxxii
Lampiran 14 Peta Kerentanan CVI berdasarkan Sel.....	lxxxiii
Lampiran 15 Peta Kerentanan CVIw berdasarkan Kecamatan.....	lxxxiv
Lampiran 16 Peta Kerentanan CVIw berdasarkan Sel.....	lxxxv

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Wilayah pesisir merupakan wilayah yang multifungsi, beragam dan rentan akan faktor lingkungan seperti perubahan iklim. Menurut Undang-Undang (UU) No. 27 Tahun 2007 sebagaimana telah diubah dengan UU No.1 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil mendefinisikan wilayah pesisir sebagai daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut (Yonvitner dkk., 2016). Daerah pesisir terdiri dari pertemuan antara darat dan laut. Bentuk lahan kepesisiran adalah bentuk lahan yang secara genetik terbentuk oleh proses marin, fluviomarin, organik, atau eolian (Marfai dkk., 2011).

Saat ini sebagian besar wilayah pesisir di Indonesia dihadapkan pada berbagai tekanan, perkembangan, dan perubahan yang disebabkan adanya perubahan iklim dan aktivitas manusia, tidak terkecuali daerah pesisir Kota Semarang, Jawa Tengah. Wilayah pesisir di Kota Semarang terdapat di empat Kecamatan, yaitu Kecamatan Tugu, Kecamatan Semarang Barat, Kecamatan Semarang Utara dan Kecamatan Genuk. Perubahan iklim mengakibatkan dampak di kawasan pesisir seperti banjir dan badai. Banjir dan badai mempengaruhi kerentanan fisik kawasan pesisir, dan dengan kondisi tersebut, pesisir Indonesia termasuk yang paling rentan (Handiani dkk., 2022). Padatnya penduduk di kawasan pesisir serta beragamnya aktivitas yang terjadi di kawasan pesisir menjadikan pesisir sebagai kawasan yang penting, namun rentan akibat proses alam dan aktivitas manusia (Ningsih dkk., 2020 dan Zikra, 2015 dalam Handiani dkk., 2022). Kerentanan fisik pesisir adalah konsep spasial yang mengidentifikasi orang dan tempat yang rentan terhadap gangguan akibat bahaya pesisir (Bevacqua dkk., 2018). Bahaya di lingkungan pesisir tersebut antara lain seperti badai pesisir dan erosi yang menimbulkan ancaman signifikan terhadap sistem fisik, ekonomi, dan sosial pesisir (Bevacqua dkk., 2018).

Semarang merupakan daerah perkotaan pantai yang datar dengan tingkat pengembangan infrastruktur dan industri yang tinggi sehingga rentan terhadap penurunan muka tanah dan kenaikan permukaan laut (Marfai dkk., 2008 dalam Husnayaen dkk., 2018). Permasalahan penurunan muka tanah ini menjadi faktor

utama penyebab degradasi lingkungan pesisir di Semarang (Husnayaen dkk., 2018). Hasil kajian penelitian yang dilakukan oleh Husnayaen (2018) menunjukkan penurunan muka tanah Semarang tahun 2009 - 2010 yaitu 0 - 9,9 cm/tahun. Permasalahan lain yang terdapat di wilayah pesisir Semarang seperti perubahan garis pantai akibat erosi dan banjir. Data BPBD (2022) mencatat pada tahun 2022 terdapat 7 data kejadian banjir di wilayah pesisir Semarang, yaitu 1 kejadian banjir di Kecamatan Semarang Barat, 5 kejadian banjir di Kecamatan Tugu dan 1 kejadian banjir di Kecamatan Semarang Utara. Permasalahan yang terjadi tersebut menjadi faktor yang mempengaruhi kerentanan fisik pesisir, sehingga perlu dikaji bagaimana tingkat kerentanan fisik di wilayah penelitian tersebut.

Kerentanan fisik dapat memberikan gambaran seberapa besar kondisi kerentanan fisik daerah pesisir terhadap kenaikan muka laut dan bencana pesisir (Tejakusuma, 2013). Metode yang paling banyak digunakan dalam penilaian kerentanan fisik yaitu *Coastal Vulnerability Index (CVI)*. CVI merupakan pendekatan yang prediktif untuk klasifikasi pantai dimana dengan memasukkan parameter kerentanan fisik pantai (Hamid dkk., 2019). CVI merupakan indeks yang banyak digunakan dalam penggunaannya untuk menilai kerentanan fisik pesisir terhadap perubahan iklim (Contestabile dan Vicinanza, 2020). Studi penilaian pantai lainnya yaitu dengan mengintegrasikan CVI dengan multi-kriteria menggunakan AHP. AHP digunakan untuk menghitung pembobotan parameter pesisir dan kemudian memasukkan pembobotan ke dalam setiap parameter di bawah satu set persamaan. Indeks tersebut disebut indeks kerentanan fisik pesisir (CVI_w) (Bagdavičiute dkk., 2015). CVI_w atau CVI terbobot yaitu menggunakan bobot dari pengolahan AHP yang bersumber dari penilaian oleh ahli dengan parameter yang relevan terkait kerentanan fisik pesisir. Adanya *platform* Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memantau, menganalisis dan memahami dengan mengintegrasikan berbagai kriteria dalam memutuskan skala kerentanan fisik wilayah pesisir. Pendekatan berbasis SIG menggunakan *Analytic Hierarchy Process (AHP)* telah terbukti menjadi salah satu proses yang paling efisien dan menguntungkan karena kemudahan dalam administrasi data, ekonomis, dan membantu dalam memperbarui data secara cepat (Behera dkk., 2019).

Penilaian kerentanan fisik ini dilakukan di wilayah pesisir Semarang, yaitu Kecamatan Tugu, Kecamatan Semarang Barat, Kecamatan Semarang Utara, dan Kecamatan Genuk. Parameter yang digunakan sebagai bobot perhitungan adalah parameter fisik. Parameter tersebut antara lain yaitu elevasi, kemiringan pantai, geomorfologi, perubahan garis pantai, tutupan lahan, kenaikan muka air laut, tunggang pasut, ketinggian gelombang signifikan dan penurunan muka tanah.

Beberapa tahun terakhir ini, penilaian kerentanan fisik mendapat perhatian dikarenakan dampak yang tidak menentu terhadap pesisir pantai. Pemetaan kerentanan fisik pesisir, sehubungan dengan bahaya pesisir diterapkan untuk mengidentifikasi dan menerapkan kebijakan yang perlu dilakukan untuk pengurangan risiko. Kajian penelitian ini membuat penilaian secara kuantitatif sebagai respon terhadap perubahan yang progresif dalam dinamika wilayah pesisir di wilayah penelitian. Penelitian ini berfokus pada aspek geofisika kerentanan fisik pesisir menggunakan metode *Coastal Vulnerability Index* (CVI) dan CVI tertimbang dengan parameter bobot *Analytic Hierarchy Process* (AHP) yang menjadi upaya penting dalam penilaian kerentanan fisik wilayah pesisir.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat kerentanan fisik wilayah pesisir menggunakan CVI dan CVI_w?
2. Bagaimana perbandingan kerentanan fisik wilayah pesisir menggunakan CVI dan CVI_w berdasarkan kondisi yang sebenarnya?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dan manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

I.3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh nilai kerentanan fisik wilayah pesisir menggunakan CVI dan CVI_w.
2. Memperoleh nilai akurasi kerentanan fisik wilayah pesisir dari masing-masing metode yang digunakan yaitu CVI dan CVI_w berdasarkan kondisi yang sebenarnya.

I.3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti

Penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi peneliti yaitu untuk memperluas wawasan terkait penilaian kerentanan fisik wilayah pesisir dengan menggunakan CVI dan CVIw. Penelitian ini sebagai bahan perbandingan dengan penelitian yang sudah ada dan sebagai masukan serta referensi bagi peneliti yang melakukan penelitian sejenis.

2. Bagi Pemerintah Setempat dan Masyarakat

Penelitian ini dapat membantu pemerintah dalam mengkaji wilayah pesisir yang rawan atau rentan untuk merumuskan langkah-langkah mitigasi bencana. Bagi masyarakat bermanfaat untuk dapat mengetahui bagaimana tingkat kerentanan fisik di wilayah pesisir Kota Semarang agar lebih waspada terhadap bencana alam ataupun masalah yang akan datang.

I.4 Batasan Penelitian

Agar sesuai dengan apa tujuan dari penelitian ini, maka peneliti membatasi masalah yang akan diteliti yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada penilaian kerentanan fisik wilayah pesisir dengan parameter-parameter yang dimodifikasi yaitu sembilan parameter fisik. Parameter tersebut yaitu elevasi, kemiringan pantai, geomorfologi, perubahan garis pantai, tutupan lahan, kenaikan muka air laut, ketinggian gelombang, tumpang pasang surut, dan penurunan muka tanah
2. *Grid cells* dibuat dengan ukuran 500 m x 500 m yang digunakan untuk meningkatkan analisis dan menampilkan CVI.
3. Transek dibuat disepanjang garis pantai pada interval 10 meter menggunakan DSAS v5.0 untuk menganalisis laju perubahan garis pantai.
4. Penelitian kerentanan fisik wilayah pesisir ini menggunakan CVI dan CVIw.
5. Data penelitian ini memiliki ketelitian serta waktu akuisisi data yang berbeda-beda.
6. Citra yang digunakan untuk pengolahan perubahan garis pantai yaitu citra satelit Sentinel-2 untuk dapat menganalisis laju perubahan garis pantai.

7. Citra Sentinel-2 digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan dengan menggunakan metode *Supervised Maximum Likelihood*.
8. Citra Sentinel-1 digunakan untuk pengolahan penurunan muka tanah.

I.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

I.5.1 Wilayah Penelitian

Wilayah penelitian ini yaitu wilayah pesisir Kecamatan Semarang Kota Semarang, Jawa Tengah yang mencakup empat Kecamatan yaitu Kecamatan Tugu, Kecamatan Semarang Barat, Kecamatan Semarang Utara dan Kecamatan Genuk.

I.5.2 Peralatan dan Data Penelitian

Peralatan dan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

- a. Laptop
- b. *GPS Handheld*
- c. *Smartphone*
- d. Perangkat lunak ArcGIS 10.8
- e. Perangkat lunak Microsoft Excel 2019
- f. Perangkat lunak Word 2019
- g. Perangkat lunak QGIS 3.24.2
- h. Perangkat lunak Ocean Data View 4.1
- i. Perangkat lunak Broadview Radar Altimetri Toolbox (BRAT) v 4.2.1
- j. Perangkat lunak RMatlab2020
- k. Perangkat lunak SNAP
- l. Data DEMNAS tahun 2022
- m. Data BATNAS tahun 2022
- n. Data Geologi Kota Semarang tahun 2011-2031
- o. Citra Satelit Sentinel-2 tahun 2018, 2019 dan 2022
- p. Data Satelit Altimetri Sentinel 3A *pass descending* 46 pada tahun 2018-2022
- q. Data Pasang Surut Kota Semarang tahun 2018-2021
- r. Data Ketinggian Gelombang tahun 2018-2022
- s. Citra Satelit Sentinel 1 tahun 2021 dan 2022

I.6 Metodologi Penelitian

Penelitian penilaian kerentanan fisik pesisir Kota Semarang menggunakan metode CVI dan CVIw/ *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dengan menggunakan data baik kuantitatif maupun kualitatif.

I.7 Sistematika Penulisan Penelitian

Sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah, ruang lingkup penelitian yang meliputi wilayah, peralatan dan data penelitian, metodologi penelitian serta sistematika dalam penulisan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan pustaka yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu kajian penelitian terdahulu, kajian wilayah penelitian, erosi dan akresi, wilayah pesisir, kerentanan fisik pesisir, Sistem Informasi Geografis (SIG), *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Coastal Vulnerability Index* (CVI), Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3 SRAL, elevasi pantai, kelerengan pantai, geomorfologi, perubahan garis pantai, tutupan lahan, kenaikan permukaan laut, tunggang pasang surut, ketinggian gelombang, penurunan muka tanah, *Normalized Difference Water Index* (NDWI), dan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai alat dan bahan yang digunakan selama penelitian, tahapan penelitian, dan tahapan pengolahan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil dari proses penelitian yang dibahas secara detail mengenai hasil yang didapatkan. Bab ini berisi hasil pengolahan elevasi, kelerengan, geomorfologi, perubahan pantai, tutupan lahan, perhitungan pasang surut, ketinggian gelombang signifikan, perhitungan penurunan muka tanah, verifikasi, analisis kerentanan fisik, dan penyajian peta kerentanan fisik.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari proses penelitian serta masukan dari penulis untuk pengadaan penelitian selanjutnya.

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. *GIS for the Coastal Zone: A selection of Papers from CoastGIS 2006*, 458.
- Agency, E. S. (2014). → Data Access and Products. *European Space Agency, October*, 1–2. https://sentinel.esa.int/documents/247904/1653440/Sentinel-1_Data_Access_and_Products
- Ahmed, N., Howlader, N., Hoque, M. A. A., & Pradhan, B. (2021). Coastal erosion vulnerability assessment along the eastern coast of Bangladesh using geospatial techniques. *Ocean and Coastal Management*, 199(August 2020), 105408. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105408>
- Alicandro, M., Baiocchi, V., Brigante, R., & Radicioni, F. (2019). Automatic shoreline detection from eight-band VHR satellite imagery. *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(12). <https://doi.org/10.3390/jmse7120459>
- Anugrahadi, A., -, B. M. S., -, Y. S. D., & -, F. S. P. (2015). Identifikasi Variasi Perubahan Garis Pantai Akibat Abrasi Dan Akresi. *Jurnal Segara*, 10(1), 17–29. <https://doi.org/10.15578/segara.v10i1.12>
- Arizky, I., Rusdi, M., & Sugianto, S. (2017). *Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian , Universitas Syiah Kuala 2 Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuaa*. 2(3), 30–37.
- Attema, E., Davidson, M., Snoeij, P., Rommen, B., & Floury, N. (2009). Sentinel-1 mission overview. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 1(June 2014). <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2009.5416921>
- Aviso. (2017). Product Handbook Sentinel-3A L2P SLA Product Handbook. *Along-track Level-2+ (L2P) SLA Sentinel-3 Product Handbook, October*.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD). (2022). Data Bencana Alam Januari 2022. *BPBD Semarang*, 2022.

<http://bpbd.semarangkota.go.id/pages/data-bencana>

- Bagdanavičiute, I., Kelpšaitė, L., & Soomere, T. (2015). Multi-criteria evaluation approach to coastal vulnerability index development in micro-tidal low-lying areas. *Ocean and Coastal Management*, 104, 124–135. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.12.011>
- Bahadur. (2018). NDVI, NDBI & NDWI Calculation Using Landsat 7,8. *Https://Www.Linkedin.Com/, September 2018, 8.* [https://www.linkedin.com/pulse/ndvi-ndbi-ndwi-calculation-using-landsat-7-8-tek-bahadur-kshetri](https://www.linkedin.com/pulse/ndvi-ndbi-ndwi-calculation-using-landsat-7-8-tek-bahadur-kshetri/%0Ahttps://www.linkedin.com/pulse/ndvi-ndbi-ndwi-calculation-using-landsat-7-8-tek-bahadur-kshetri)
- BAPPENAS RI. (2020). Presiden Republik Indonesia Peraturan Presiden Republik Indonesia. *Demographic Research*, 4–7.
- Behera, R., Kar, A., Das, M. R., & Panda, P. P. (2019). GIS-based vulnerability mapping of the coastal stretch from Puri to Konark in Odisha using analytical hierarchy process. *Natural Hazards*, 96(2), 731–751. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-03566-0>
- Bevacqua, A., Yu, D., & Zhang, Y. (2018). Coastal vulnerability: Evolving concepts in understanding vulnerable people and places. *Environmental Science and Policy*, 82(November 2017), 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.01.006>
- BPK. (2014). Undang-Undang RI Nomor 1 Tahun 2014 Tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil. *Lembaran Negara Republik Indonesia*, 8.
- BPSDM, P. (2019). Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Sumber Daya Air Dan Konstruksi. *Modul Pendayagunaan Sumberdaya Air. Pelatihan Dasar Teknis Bidang SDA*, 29.
- Contestabile, P., & Vicinanza, D. (2020). Coastal vulnerability and mitigation strategies: From monitoring to applied research. *Water (Switzerland)*, 12(9), 1–7. <https://doi.org/10.3390/W12092594>

- Damar Wicaksono, A., Awaluddin, M., & Bashit, N. (2020). Analisis Laju Perubahan Garis Pantai Menggunakan Metode Net Shoreline Movement (Nsm) Dengan Add-In Digital Shoreline Analysis System (Dsas) (Studi Kasus : Pesisir Barat Kabupaten Pandeglang). *Jurnal Geodesi Undip*, 9(April), 21–31.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/26919/23727>
- Dyah P.A, N. R., & Arsandy, E. R. (2016). Sistem Informasi Geografis Tempat Praktek Dokter Spesialis Di Provinsi D.I. Yogyakarta Berbasis Web. *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 10(1), 65.
<https://doi.org/10.30872/jim.v10i1.22>
- ESA. (2015). SENTINEL-2 User Handbook Sentinel-2 User Handbook SENTINEL-2 User Handbook Title Sentinel -2 User Handbook SENTINEL-2 User Handbook. *Euroean Space Agency*, 1, 1–64.
https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook
- ESA. (2022a). *Copernicus Sentinel-2 pre-Collection-1 MSI Level-1C (LIC)*. Sentinel Online. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/sentinel-data-access/sentinel-products/sentinel-2-data-products/collection-0-level-1c>
- ESA. (2022b). *Level-1 Interferometric Wide Swath SLC Products*. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/technical-guides/sentinel-1-sar/products-algorithms/level-1/single-look-complex/interferometric-wide-swath>
- ESA. (2022c). *Near Real-Time, Slow-Time Critical or Non-Time Critical?* Sentinel Online. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-3-altimetry/product-types/nrt-or-ntc>
- Gornitz, V. (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)
- Hafiyusholeh, M., & Asyhar, A. H. (2016). Vektor Prioritas Dalam Analytical Hierarchy Process (Ahp) Dengan Metode Nilai Eigen. *Jurnal Matematika*

“MANTIK,” *I*(2), 44. <https://doi.org/10.15642/mantik.2016.1.2.44-49>

Hamid, A. I. A., Din, A. H. M., Yusof, N., Abdullah, N. M., Omar, A. H., & Abdul Khanan, M. F. (2019). Coastal Vulnerability Index Development: a Review. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 42(4/W16), 229–235. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W16-229-2019>

Hammar-Klose, E. R. T. and E. S., & Hole, W. (1999). *National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise: Preliminary Results for the U.S. Atlantic Coast*. <https://pubs.usgs.gov/of/1999/of99-593/index.html>

Handiani, D. N., Heriati, A., & Gunawan, W. A. (2022). Comparison of coastal vulnerability assessment for Subang Regency in North Coast West Java-Indonesia Subang Regency in North Coast West Java-Indonesia. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 13(1), 1178–1206. <https://doi.org/10.1080/19475705.2022.2066573>

Hardjono, S. (2018). *Analisa Ketinggian Gelombang yang Sesuai untuk Pengoperasian Kapal Cepat Rudal 60m di Perairan Indonesia Analysis of the Appropriate Wave Height for the Operation of Fast Missile*. 43–58.

Hastuti, A. W., Nagai, M., & Suniada, K. I. (2022). Coastal Vulnerability Assessment of Bali Province, Indonesia Using Remote Sensing and GIS Approaches. *Remote Sensing*, 14(17). <https://doi.org/10.3390/rs14174409>

Hereher, M. E. (2015). Coastal vulnerability assessment for Egypt’s Mediterranean coast. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 6(4), 342–355. <https://doi.org/10.1080/19475705.2013.845115>

Himmelstoss, E. A., Henderson, R. E., Kratzmann, M. G., & Farris, A. S. (2021). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.1 User Guide: U.S. Geological Survey Open-File Report 2021–1091. *U.S. Geological Survey*, 104.

Hossain, S. A., Mondal, I., Thakur, S., & Fadhil Al-Quraishi, A. M. (2022). Coastal vulnerability assessment of India’s Purba Medinipur-Balasore coastal stretch:

A comparative study using empirical models. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 77(September 2021), 103065. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103065>

Husnayaen, Rimba, A. B., Osawa, T., Parwata, I. N. S., As-syakur, A. R., Kasim, F., & Astarini, I. A. (2018). Physical assessment of coastal vulnerability under enhanced land subsidence in Semarang, Indonesia, using multi-sensor satellite data. *Advances in Space Research*, 61(8), 2159–2179. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2018.01.026>

Ichsari, L. F., Handoyo, G., Setiyono, H., Ismanto, A., Marwoto, J., Yusuf, M., & Rifai, A. (2020). Studi Komparasi Hasil Pengolahan Pasang Surut Dengan 3 Metode (Admiralty, Least Square Dan Fast Fourier Transform) Di Pelabuhan Malahayati, Banda Aceh. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(2), 121–128. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v2i2.7985>

IILSS (INTERNATIONAL INSTITUTE FOR LAW OF THE SEA STUDIES). (2021). *What the Mean of LOW-TIDE ELEVATIONS in the law of the sea and case*. <https://iilss.net/what-the-mean-of-low-tide-elevations-in-the-law-of-the-sea-and-case/>

Indarto, & Prasetyo, D. R. (2014). Pembuatan Digital Elevation Model Resolusi 10m dari Peta RBI dan Survei GPS dengan Algoritma ANUDEM. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 2(1), 21955.

Istiqomah, F., Sasmito, B., & Amarrohman, F. J. (2015). Aplikasi Digital Shoreline Anaysis System (DSAS). *Jurnal Geodesi Undip*, 5, 78–89.

Karondia, L. A., Handoko, E. Y., & Handayani, H. H. (2022). *Analisa Kerentanan Pesisir Kota Semarang menggunakan algoritma CVI (Coastal Vulnerability Index)*. 18(1), 99–111.

KKP. (2021). *Abrasi*. Direktorat Pendayagunaan Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. <https://kkp.go.id/djprl/p4k/page/4309-abrasi#:~:text=Faktor Alam%2C faktor alam yang,karena laut memiliki siklusnya tersendiri.>

Koko Mukti Wibowo, I. K. J. J. (2015). Sistem Informasi Geografis (Sig)

Menentukan Lokasi. *Sistem Informasi Geografis (Sig) Menentukan Lokasi Pertambangan Batu Bara Di Provinsi Bengkulu Berbasis Website*, 11(1), 51–60.

Kumar Das, S., Sajan, B., Ojha, C., & Soren, S. (2021). Shoreline change behavior study of Jambudwip island of Indian Sundarban using DSAS model. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(3), 961–970. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2021.09.004>

Kurnianto, H., Bisri, M., & Maftuch, M. (2018). Physical Vulnerability of Coastal Zone of Sidoarjo Distric to Potential Impact of Sea Level Rise due to Climate Change. *Jurnal Pembangunan dan Alam Lestari*, 9(2), 92–97. <https://doi.org/10.21776/ub.jpal.2018.009.02.05>

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159. <https://doi.org/10.2307/2529310>

Lukman Jundi Fakhri Islam, Yudo Prasetyo, B. S. (2017). *Jurnal Geodesi Undip April 2017*. 6(April), 29–36.

Mahapatra, M., Ramakrishnan, R., & Rajawat, A. S. (2015). Coastal vulnerability assessment using analytical hierarchical process for South Gujarat coast, India. *Natural Hazards*, 76(1), 139–159. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1491-y>

Mani Murali, R., Ankita, M., Amrita, S., & Vethamony, P. (2013). Coastal vulnerability assessment of Puducherry coast, India, using the analytical hierarchical process. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(12), 3291–3311. <https://doi.org/10.5194/nhess-13-3291-2013>

Marfai, MA., Pratomoatmojo, NA., Hidayatullah, T., Nirwansyah, AW., and Gomareuzzaman, M. (2011). *Model Kerentanan Wilayah Pesisir Berdasarkan Perubahan Garis Pantai* (Nomor November 2011).

Marfai, M. A., Almohammad, H., Dey, S., Susanto, B., & King, L. (2008). Coastal dynamic and shoreline mapping: Multi-sources spatial data analysis in Semarang Indonesia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 142(1–3),

297–308. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9929-2>

- McLaughlin, S., Andrew, J., & Cooper, G. (2010). A multi-scale coastal vulnerability index: A tool for coastal managers? *Environmental Hazards*, 9(3), 233–248. <https://doi.org/10.3763/ehaz.2010.0052>
- McVicar, T. R., & Körner, C. (2013). On the use of elevation, altitude, and height in the ecological and climatological literature. *Oecologia*, 171(2), 335–337. <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2416-7>
- Ningsih, N. S., Hanifah, F., Tanjung, T. S., & Yani, L. F. (2020). *The Effect of Tropical Cyclone Nicholas (11 – 20 February 2008) on Sea Level Anomalies in Indonesian Waters*. 1–17.
- Nurpilihan Bafdal, K. A. dan B. M. P. P. (2011). *Buku Ajar Sistem Informasi Geografis , Edisi 1*. 69.
- Oloyede, M. O., Williams, A. B., Ode, G. O., & Benson, N. U. (2022). Coastal Vulnerability Assessment: A Case Study of the Nigerian Coastline. *Sustainability (Switzerland)*, 14(4), 1–21. <https://doi.org/10.3390/su14042097>
- Pendleton, E. A., Barras, J. A., Williams, S. J., & Twichell, D. C. (2012). Coastal vulnerability assessment of the Northern Gulf of Mexico to sea-level rise and coastal change. *Vulnerable U.S. Shorelines and Coasts: Select Assessments*, 95–125.
- Prahesti, T., Bashit, N., & Wahyuddin, Y. (2020). Analisis Perubahan Kerapatan Tanaman Mangrove Terhadap Perubahan Garis Pantai Di Kabupaten Pati Dengan Metode Penginderaan Jauh Dan Aplikasi Digital Shoreline Analysis System (Dsas) Tahun 2017-2020. *Elipsoida : Jurnal Geodesi dan Geomatika*, 3(02), 169–177. <https://doi.org/10.14710/elipsoida.2020.9156>
- Prathanazal, N. M., Sasmito, B., & Sabri, L. M. (2021). Analisis Kerentanan Daerah Pesisir Kabupaten Jepara Menggunakan Coastal Vulnerability Index (CVI). *Geodesi Undip*, 10(1), 115–123.
- Raharjanto, L., & Sukojo, B. M. (2012). Studi Pasang Surut Di Perairan Indonesia Dengan Menggunakan Data Satelit Altimetri Jason-1. *Geoid*, 8(1), 58.

<https://doi.org/10.12962/j24423998.v8i1.708>

- Rajinder Nagi. (2010). *On map scale and raster resolution*. ESRI. <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/imagery/on-map-scale-and-raster-resolution/>
- Ridlo, M. A., & Yuliani, E. (2018). Mengembangkan Kawasan Pesisir Pantai Kota Semarang Sebagai Ruang Publik. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 15(1), 86–98.
- Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3–5), 161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234–281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- Saaty, T. L. (2016). The analytic hierarchy and analytic network processes for the measurement of intangible criteria and for decision-making. *International Series in Operations Research and Management Science*, 233, 363–419. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4_10
- Sampurno, R., & Thoriq, A. (2016). Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) Di Kabupaten Sumedang. *Jurnal Teknotan*, 10(2), 61–70. <https://doi.org/10.24198/jt.vol10n2.9>
- Sasongko, D. P. (2014). *Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty*. 6(1), 1–12.
- Semarang, P. K. (2018). *Profil Kota*. http://semarangkota.go.id/p/33/profil_kota
- Solomon, S., D., Qin, M., Manning, Z., Chen, M., Marquis, K. B., Averyt, M. T., Miller HL, Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., & Miller, H. L. (2007). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on*

- Climate Change. *D Qin M Manning Z Chen M Marquis K Averyt M Tignor and HL Miller New York Cambridge University Press pp, Geneva, 996.*
<https://doi.org/10.1038/446727a>
- space4water. (2020). *Normalized Difference Water Index (NDWI).*
<https://www.space4water.org/taxonomy/term/1315>
- Sudarsono, B. (2011). Inventarisasi Perubahan Wilayah Pantai Dengan Metode Penginderaan Jauh (Studi Kasus Kota Semarang). *Teknik, 32*(2), 163–170.
- Suhana, M. P., Putra, R. D., Shafitri, L. F., Muliadi, M., Khairunnisa, K., Nurjaya, I. W., & Natih, N. M. N. (2021). Tingkat Kerentanan Pesisir Di Utara Dan Timur Pulau Bintan Provinsi Kepulauan Riau Tahun 2020. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan, 11*(1), 11–27. <https://doi.org/10.24319/jtpk.11.11-27>
- Sulma, S., Kusratmoko, E., & Saraswati, R. (2013). Coastal Physical Vulnerability of Surabaya and Its Surrounding Area To Sea Level Rise. *MAKARA Journal of Technology Series, 16*(2). <https://doi.org/10.7454/mst.v16i2.1516>
- Supriadi, A., Rustandi, A., Komarlina, D. H. L., & Ardiani, G. T. (2018). Analytical Hierarchy Process (AHP) Teknik Penentuan Strategi Daya Saing Kerajinan Bordir. In *Advanced Decision Making for HVAC Engineers.*
- Syafitri, A. kartika N., Awaluddin, M., & A., F. J. (2017). Analisis Pengaruh Pemilihan Peta Dasar Terhadap Penentuan Batas Pengelolaan Wilayah Laut Secara Kartometris (Studi Kasus : Kabupaten Sumenep, Jawa Timur). *Jurnal Geodesi Undip, 6*(3), 127–136.
- Tejakusuma, I. G. (2013). Pengkajian Kerentanan Fisik Untuk Pengembangan Pesisir Wilayah Kota Makassar. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia, 13*(2), 82–87. <https://doi.org/10.29122/jsti.v13i2.882>
- Thieler, E. R., Hammar-klose, E. S., & Hole, W. (1997). *National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise : Preliminary Results for the U . S . Pacific Coast. 78*(37), 1997.
- Think*, N. A., & Hens, L. (2017). A Digital Shoreline Analysis System (DSAS) applied on mangrove shoreline changes along the Giao Thuy coastal area

- (Nam Dinh, Vietnam) during 2005-2014. *Vietnam Journal of Earth Sciences*, 39(1). <https://doi.org/10.15625/0866-7187/39/1/9231>
- USGS. (2019). *Land Subsidence*. Water Resources. <https://www.usgs.gov/mission-areas/water-resources/science/land-subsidence#multimedia>
- Utari, L. (2016). Penentuan Toko Buku Gramedia ter Favorit pilihan Mahasiswa Di Bogor Dengan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process). *Jurnal STIKB*, 13(2), 94–104.
- Velmurugan Ayyam, S. P. & S. C. (2019). *Coastal Regions of the Tropics: An Introduction*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8926-9_1
- Vieira, L. R., Vieira, J. G., da Silva, I. M., Barbieri, E., & Morgado, F. (2021). GIS models for vulnerability of coastal erosion assessment in a tropical protected area. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/ijgi10090598>
- Whittaker, B N; Reddish, D. J. (1989). *Subsidence: occurrence, prediction and control*. <https://books.google.co.id/books?id=J9B-iaMoUNwC&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false>
- Yonvitner, Susanto, H. A., & Yuliana, E. (2016). Pengertian, Potensi, dan Karakteristik Wilayah Pesisir. *Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Laut*, 1–39. <https://pustaka.ut.ac.id/lib/wp-content/uploads/pdfmk/MMPI510402-M1.pdf>
- Zikra, M. (2015). Climate Change Impacts on Indonesian Coastal Areas. *Procedia Earth and Planetary Science*, 14, 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2015.07.085>