

**ANALISIS KERENTANAN KAWASAN PESISIR
KECAMATAN SANROBONE**

SKRIPSI

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Meraih Gelar Strata 1 (S1)

Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik

Univeristas Hasanuddin



DISUSUN

WAHYUDI FADILLAH THAHAR

D321 16 010

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS KERENTANAN KAWASAN PESISIR KECAMATAN SANRO BONE

Disusun dan diajukan oleh:

WAHYUDI FADILLAH THAHAR

D321 16 010

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Program Sarjana Program Studi Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 18 Oktober 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

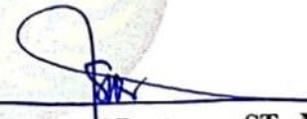
Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Dr. Taufiqur Rachman, ST., MT.

196908021997021001



Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.

NIP.197506052002121003

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kelautan



Dr. Chairul Paotonan, S.T., M.T.

NIP.197506052002121003

LEMBAR PENGESAHAN KOMISI PENGUJI

**ANALISIS KERENTANAN KAWASAN PESISIR
KECAMATAN SANRO BONE**

OLEH :

WAHYUDI FADILLAH THAHAR

D321 16 010

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing pada :

Tanggal : 18 Oktober 2021

Di : Gowa

Dengan panel ujian skripsi

1. Ketua : Dr. Taufiqur Rachman, ST., MT
2. Sekretaris : Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.
3. Anggota 1 : Ashury, ST., MT.
4. Anggota 2 : Dr. Eng. Firman Husain, ST., MT.

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Kelautan



Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.

197506052002121001

PERNYATAAN KEASLIAN SKripsi

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyudi Fadillah Thahar
Nomor Mahasiswa : D32116010
Program Studi : Teknik Kelautan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“ANALISIS KERENTANAN KAWASAN PESISIR KECAMATAN SANRO BONE”

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 18 Oktober 2021

Yang menyatakan,



Wahyudi Fadillah Thahar

ABSTRAK

Wahyudi Fadillah Thahar, Analisis Indeks Kerentanan Kawasan Pesisir Kecamatan Sanro Bone Kabupaten Takalar. (Dibimbing oleh, **Dr. Taufiqur Rachman, ST. MT., dan Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST. MT.**)

Kawasan pesisir Kecamatan Sanro Bone merupakan wilayah yang aktivitas masyarakat bergantung pada wilayah pesisir. Hal ini tentunya berpengaruh terhadap kerentanan pesisir dan dapat menimbulkan masalah pada kerusakan pantai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kerentanan pesisir serta prioritas penanganan kerusakan pantai di wilayah pesisir Kecamatan Sanro Bone. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan jawaban dari permasalahan-permasalahan yang telah dirumuskan sehingga dapat memberikan kegunaan bagi pengembangan ilmu atau para peneliti, pemerintah dan masyarakat.

Penelitian ini merupakan analisis tingkat kerentanan wilayah pesisir yang menggunakan metode IKP (Indeks Kerentanan Pesisir) berbasis SIG (Sistem Informasi Geografis) berisi 4 parameter yaitu perubahan garis pantai, kemiringan pantai, tinggi gelombang, dan pasang surut. Serta mengacu pada SE Menteri PU No. 08 Tahun 2010 dalam menentukan prioritas penanganannya yang terbagi menjadi 3 parameter yaitu lingkungan, erosi/abrasi dan kerusakan bangunan serta sedimentasi muara. Sumber data yang digunakan untuk memenuhi parameter-parameter yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu data sekunder yang bisa diperoleh dari situs-situs yang menyediakan kebutuhan data dan data primer dari pengamatan lapangan.

Hasil yang diperoleh dari metode IKP diketahui bahwa tingkat kerentanan di wilayah pesisir Kecamatan Sanro Bone adalah kerentanan sedang dengan nilai 2,67, kerentanan tinggi dengan nilai berkisar 3,52-3,67 dan kerentanan sangat tinggi dengan nilai 4,02. Sedangkan pada SE PU No. 08 Tahun 2010 diperoleh prioritas penanganan berdasarkan lingkungan pada segmen E dengan tingkat prioritas diutamakan, pada segmen A, D dan H dengan tingkat prioritas kurang diutamakan dan pada segmen B, C, F dan G dengan tingkat prioritas tidak diutamakan. berdasarkan kategori kerusakan erosi/abrasi dan bangunan pada segmen H dengan tingkat prioritas sangat amat diutamakan, pada segmen A dan B dengan tingkat prioritas sangat diutamakan, pada segmen C dengan tingkat prioritas diutamakan, pada segmen D dengan tingkat prioritas kurang diutamakan, pada segmen C, F dan G dengan tingkat prioritas tidak diutamakan. Serta berdasarkan kerusakan sedimentasi pada Segmen H dengan tingkat prioritas kurang diutamakan, pada segmen B dengan tingkat prioritas tidak diutamakan.

Kata Kunci: Indeks Kerentanan Pesisir, Kerusakan Pantai, Prioritas Penanganan

ABSTRACT

Wahyudi Fadillah Thahar, *Analysis of the Vulnerability Index for Coastal Areas in Sanro Bone District, Takalar Regency (Supervised by Dr. Taufiqur Rachman, ST. MT., and Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST. MT.)*

The coastal area of Sanro Bone District is an area where community activities depend on the coastal area. This certainly affects the vulnerability of the coast and can cause problems in coastal damage. This research aimed to determine the level of coastal vulnerability and the priority of handling coastal damage in the coastal area of Sanro Bone District. This research is expected to provide answers to the problems that have been formulated so that it can provide benefits for the development of science or researchers, government and society.

This research was an analysis of the level of vulnerability of coastal areas using the IKP (Coastal Vulnerability Index) method based on GIS (Geographical Information System) containing 4 parameters, such as; changes in shoreline, beach slope, wave height, and tides. And referring to the SE Minister of Public Works No. 08 of 2010 in determining the priority of handling which is divided into 3 parameters, followed; the environment, erosion/abrasion and damage to buildings and sedimentation of the estuary. In this research, the data source which used to fulfill the parameters needed was secondary data that can be obtained from sites that provide data needed and primary data from observations.

The results showed from the IKP method were known that the level of vulnerability in the coastal area of Sanro Bone District was moderate vulnerability with a value of 2.67, high vulnerability with a value ranging from 3.52 to 3.67 and very high vulnerability with a value of 4.02. While in SE PU No. 08 of 2010 showed priority handling based on the environment in segment E with priority level being prioritized, in segments A, D and H with less priority level and in segments B, C, F and G with no priority level. Based on the category of erosion/abrasion damage and buildings in segment H with a very high priority level, in segments A and B with a high priority level, in segment C with a priority level, in segment D with a less priority level, in segment C, F and G with priority level were not prioritized. Based on the damage to sedimentation in Segment H with a less priority level, in segment B with a priority level it was not prioritized.

Keywords: *Coastal Vulnerability Index, Coastal Damage, Priority for Handling*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan juga salam senantiasa tercurah kepada Junjungan kita semua Nabi Muhammad SAW yang mengantarkan manusia dari kegelapan ke zaman yang terang benderang. Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat-syarat untuk bisa mencapai gelar Sarjana Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari mengenai penulisan ini tidak bisa terselesaikan tanpa pihak-pihak yang mendukung baik secara moril dan juga materil. Maka, penulis menyampaikan banyak-banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada:

1. Kedua orang tua, ayahanda tersayang DRS. Thaharuddin dan ibunda tercinta Hasniah S.Pd yang memberikan dukungan moril dan materil serta doa yang dipanjatkan kepada ALLAH SWT untuk penulis.
2. Saudara, Wahyuni Fadliah Thahar dan Wahyudi Al Ihsan Thahar yang memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Taufiqur Rachman ST, MT. selaku dosen Pembimbing I yang sudah berkenan memberikan ilmu, motivasi dan juga solusi untuk setiap permasalahan atau kesulitan dalam pembuatan dan penulisan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST, MT. selaku ketua departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin sekaligus selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dari awal penelitian sampai terselesaikan penulisan skripsi ini.
5. Seluruh dosen Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu, pengetahuan dan bimbingan selama penulis melaksanakan studi
6. Seluruh Tenaga Pendidik (Tendik) Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yaitu (Ibu Marwah dan Pak Rio) yang telah memberikan pelayanan yang baik selama penulis melaksanakan studi.

7. Teman Labo Pantai dan Lingkungan (Maulid, Denis, Andika, Alif, Adil)
Penulis sangat berterima kasih atas bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Saudara seperjuangan usaha Pakkoko Hidroponik (Pipin dan Fahrul) yang
memberikan motivasi dan nasehat sehingga penulis dapat menyelesaikan
skripsi ini.
9. Teman angkatan Teknik Kelautan 2016 terima kasih atas bantuan dan
kebersamaanya selama masa perkuliahan penulis.
10. Serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima
kasih atas seluruh bantuan moril maupun materil yang telah diberikan.

Gowa, 18 Oktober 2021

Penulis,



(Wahyudi Fadillah Thahar)

DAFTAR ISI

| | |
|---|--------|
| SAMPUL..... | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN KOMISI PENGUJI..... | ii |
| PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI..... | iv |
| ABSTRAK | v |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL..... | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xiiiiv |
| BAB I..... | 1 |
| PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 2 |
| 1.5 Batasan Masalah | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 3 |
| BAB II..... | 4 |
| TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 Penelitian yang Relevan | 4 |
| 2.2 Wilayah Pesisir | 5 |
| 2.2.1 Karakteristik Kawasan Pesisir | 5 |
| 2.2.2 Batasan wilayah Pesisir | 7 |
| 2.2.3 Manfaat dan Fungsi Wilayah Pesisir | 8 |
| 2.3 Indeks Kerentanan Pesisir (IKP) | 9 |
| 2.4.1 Perubahan garis pantai | 10 |
| 2.4.2 Kemiringan pantai..... | 11 |
| 2.4.3 Gelombang..... | 12 |
| 2.4.4 Pasang surut | 14 |
| 2.4 Penginderaan Jauh | 15 |
| 2.4.1 Citra Google Earth | 17 |
| 2.4.2 Peta Batimetri Nasional (BATNAS)..... | 21 |
| 2.5 Aplikasi Digital Shoreline Analysis System | 22 |
| 2.6 Penilaian kerusakan pantai dan prioritas penanganannya..... | 23 |
| 2.6.1 Tolok ukur penilaian kerusakan pantai..... | 23 |
| 2.6.2 Penilaian kerusakan pantai..... | 31 |
| BAB 3 | 33 |
| METODE PENELITIAN..... | 33 |
| 3.1 Tempat dan waktu penelitian..... | 33 |

| | | |
|----------------------------|--|----|
| 3.2 | Alat | 33 |
| 3.3 | Prosedur Penelitian | 33 |
| 3.4 | Diagram Alur Penelitian | 39 |
| BAB 4 | | 40 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN | | 40 |
| 4.1 | Parameter Indeks Kerentanan Pesisir Kecamatan Sanrobone | 40 |
| 4.1.1 | Parameter Perubahan Garis Pantai | 40 |
| 4.1.2 | Parameter Kemiringan Pantai | 60 |
| 4.1.3 | Parameter Tinggi Gelombang Laut | 66 |
| 4.1.4 | Parameter Tunggang Pasang Surut | 68 |
| 4.2 | Analisis IKP Kecamatan Sanro Bone | 70 |
| 4.3 | Penilaian Kerusakan Pantai dan Prioritas Penanganannya di Pesisir Kecamatan Sanro Bone | 74 |
| 4.3.1 | Penilaian Kerusakan Pantai | 74 |
| 4.3.2 | Penilaian Prioritas Penanganan Kerusakan Pantai | 84 |
| 4.4 | Korelasi Metode IKP dan SE Menteri PU Nomor 08/SE/M/2010 dalam Penilaian Kerusakan Pantai | 88 |
| BAB V | | 94 |
| KESIMPULAN DAN SARAN | | 94 |
| 5.1 | Kesimpulan | 94 |
| 5.2 | Saran | 94 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 95 |
| LAMPIRAN | | 98 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Batasan Wilayah Pesisir | 8 |
| Gambar 3.1 Lokasi Penelitian | 33 |
| Gambar 3.2 Flowchart..... | 39 |
| Gambar 4.1 Perubahan garis pantai Kecamatan Sanro Bone tahun 2000-2005 ... | 43 |
| Gambar 4.2 Perubahan garis pantai Kecamatan Sanro Bone tahun 2005-2010 ... | 45 |
| Gambar 4.3 Perubahan garis pantai Kecamatan Sanro Bone tahun 2010-2015 ... | 47 |
| Gambar 4.4 Perubahan garis pantai Kecamatan Sanro Bone tahun 2015-2020 ... | 49 |
| Gambar 4.5 Perubahan garis pantai Kecamatan Sanro Bone tahun 2000-2020 ... | 51 |
| Gambar 4.6 Perubahan garis pantai Kecamatan Sanro Bone segmen A..... | 52 |
| Gambar 4.7 Perubahan garis pantai Kecamatan Sanro Bone segmen B..... | 53 |
| Gambar 4.8 Perubahan garis pantai Kecamatan Sanro Bone segmen C..... | 54 |
| Gambar 4.9 Perubahan garis pantai Kecamatan Sanro Bone segmen D..... | 55 |
| Gambar 4.10 Perubahan garis pantai Kecamatan Sanro Bone segmen E..... | 56 |
| Gambar 4.11 Perubahan garis pantai Kecamatan Sanro Bone segmen F..... | 57 |
| Gambar 4.12 Perubahan garis pantai Kecamatan Sanro Bone segmen G..... | 58 |
| Gambar 4.13 Perubahan garis pantai Kecamatan Sanro Bone segmen H..... | 59 |
| Gambar 4. 14 Grafik Cross Section di Kecamatan Sanro Bone | 60 |
| Gambar 4. 15 Mawar Angin Data Tahun 2020..... | 66 |
| Gambar 4. 16 Mawar gelombang tahun 2020..... | 67 |
| Gambar 4. 17 Grafik Pasang Surut | 69 |
| Gambar 4.18 Indeks Kerentanan Pesisir | 72 |
| Gambar 4.19 Indeks Kerentanan Pesisir Indonesia..... | 73 |
| Gambar 4.20 Pembuangan air dari tambak | 76 |
| Gambar 4.21 Area Pesisir | 76 |
| Gambar 4.22 Pelindung pantai (a) Revetment (b) Bronjong | 77 |
| Gambar 4.23 Pelindung pantai (a) Seawall (b) Geobeg..... | 78 |
| Gambar 4.24 Jetty | 78 |
| Gambar 4.25 Area Pesisir | 79 |
| Gambar 4.26 Pelindung Pantai..... | 80 |
| Gambar 4.27 Area Pesisir | 80 |
| Gambar 4.28 Area Pesisir | 81 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.29 Rumah yang Berada di Sempadan Pantai | 81 |
| Gambar 4.30 Area Pesisir | 82 |
| Gambar 4.31 Area Pesisir | 82 |
| Gambar 4.32 Area Pesisir | 83 |
| Gambar 4.33 Pelindung Pantai (a) Break Water (b) Bronjong | 83 |
| Gambar 4.34 Area Muara..... | 84 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Klasifikasi Indeks Kerentanan Pesisir (IKP) | 10 |
| Tabel 2.2 Klasifikasi Tingkat IKP | 10 |
| Tabel 2.3 Bobot tingkat kerusakan..... | 32 |
| Tabel 2.4 Koefisien tingkat kepentingan | 32 |
| Tabel 3.1 Alat yang digunakan pada penelitian | 32 |
| Tabel 3.2 Sumber data..... | 32 |
| Tabel 4.1 Perubahan Garis Pantai Tahun 2000-2005..... | 42 |
| Tabel 4.2 Perubahan Garis Pantai Tahun 2005-2010..... | 44 |
| Tabel 4.3 Perubahan Garis Pantai Tahun 2010-2015..... | 46 |
| Tabel 4.4 Perubahan Garis Pantai Tahun 2015-2020..... | 48 |
| Tabel 4. 5 Perubahan Garis Pantai Tahun 2000-2020..... | 50 |
| Tabel 4. 6 Hasil Analisis Kemiringan Pantai Pada Segmen A | 61 |
| Tabel 4. 7 Hasil Analisis Kemiringan Pantai Pada Segmen B..... | 61 |
| Tabel 4. 8 Hasil Analisis Kemiringan Pantai Pada Segmen C..... | 62 |
| Tabel 4. 9 Hasil Analisis Kemiringan Pantai Pada Segmen D | 62 |
| Tabel 4. 10 Hasil Analisis Kemiringan Pantai Pada Segmen E..... | 63 |
| Tabel 4. 11 Hasil Analisis Kemiringan Pantai Pada Segmen F..... | 63 |
| Tabel 4.12 Hasil Analisis Kemiringan Pantai Pada Segmen G | 64 |
| Tabel 4.13 Hasil Analisis Kemiringan Pantai Pada Segmen H | 64 |
| Tabel 4. 14 Hasil Analisis Parameter Kemiringan Pantai..... | 65 |
| Tabel 4.15 Nilai Rata-rata priode dan tinggi gelombang signifikan..... | 68 |
| Tabel 4. 16 Nilai Harmonik Pasang Surut | 69 |
| Tabel 4. 17 Nilai Elevasi Tunggang Pasang Surut..... | 70 |
| Tabel 4. 18 Analisa IKP Kecamatan Sanro Bone | 71 |
| Tabel 4.19 Kerusakan Pantai..... | 75 |
| Tabel 4. 20 Penilaian Prioritas Penanganan Kerusakan Pantai..... | 79 |
| Tabel 4.21 Matriks Korelasi IKP dan SE Menteri PU N0.8 Tahun 2010..... | 92 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|-----|
| Lampiran 1 Hasil Wawancara di Kecamatan Sanro Bone | 99 |
| Lampiran 2 Data Pasang Surut | 101 |
| Lampiran 3 Data analisis kemiringan pantai di Kecamatan Galesong Selatan . | 102 |
| Lampiran 4 Citra Satelite Landsat 4-5 ETM Tahun 2000..... | 104 |
| Lampiran 5 Citra Satelite Landsat 4-5 ETM Tahun 2005..... | 105 |
| Lampiran 6 Citra Satelite Landsat 4-5 ETM Tahun 2010..... | 106 |
| Lampiran 7 Citra Satelite Landsat 4-5 ETM Tahun 2015..... | 107 |
| Lampiran 8 Citra Satelite Landsat 8 OLI Tahun 2020..... | 108 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah pesisir Indonesia memiliki potensi sumber daya yang cukup besar. Untuk mengoptimalkan pemanfaatan potensi sumber daya di wilayah tersebut dan menjadikan sektor ini sebagai *prime mover* pembangunan ekonomi nasional, diperlukan upaya percepatan dan terobosan dalam pembangunan kelautan dan perikanan yang didukung dengan kebijakan politik dan ekonomi serta iklim sosial yang kondusif. Masalah yang terkait sumber daya pesisir di Indonesia diantaranya adalah masih kurangnya kegiatan penelitian dan penerapan IPTEK yang terkait dengan sumber daya pesisir beserta kerentanannya (Hidayat 2014).

Permasalahan di wilayah pesisir sangat sensitif dan rentan terhadap fenomena alam. Wilayah pesisir merupakan suatu wilayah yang lemah atau rentan terhadap faktor lingkungan seperti variabilitas iklim, perubahan iklim dan terhadap naiknya permukaan laut (Putra *et al.*, 2015). Dampak yang diterima wilayah pesisir akibat fenomena ini merupakan hal yang perlu dikaji untuk mengidentifikasi secara spasial tingkat kerentanan pantai dan memproyeksikan perubahan kerentanan wilayah pesisir di masa yang akan datang. Salah satu aspek yang berpengaruh dalam penilaian proses kerentanan wilayah pesisir terhadap kenaikan muka air laut adalah bentuk geomorfologi dan elevasi wilayah pesisir. Geomorfologi atau bentuk lahan pesisir menandakan ketahanan suatu wilayah pesisir terhadap erosi dan akresi akibat kenaikan muka air laut. Terkait dengan dampak kenaikan muka air laut, tipe bentuk lahan perlu diketahui untuk mengindikasikan bentuk ketahanan atau resistensi suatu bagian pantai atau pesisir terhadap erosi atau akresi sebagai akibat kenaikan muka air laut (Alfiani, 2019), sedangkan elevasi atau ketinggian wilayah pesisir berkaitan dengan kelemahan wilayah pesisir terhadap bahaya genangan dan kecepatan maju atau mundurnya garis pantai.

Proses lainnya yang dapat berpengaruh terhadap tingkat kerentanan wilayah pesisir antara lain laju perubahan garis pantai, kemiringan pantai, gelombang, pasang surut dan kenaikan muka air laut (Agustin, Syamsidik, & Fatimah, 2016).

Luas Wilayah Kecamatan Sanrobone sekitar 29,36 km² atau sebesar 5,18 persen dari total luas Kabupaten Takalar yang terdiri dari 6 Desa. Kepadatan penduduk Kecamatan Sanrobone dalam kurun waktu 2017 hingga 2018, nampak mengalami kenaikan, dari 478 jiwa/km² tahun 2017 menjadi 481 jiwa/km² tahun 2018 (BPS, 2019). Dari data tersebut dapat menimbulkan berbagai konsekuensi yang kurang menguntungkan bagi perkembangan wilayah akibat permintaan akan lahan meningkat sedangkan daya tampung lahan bersifat tetap.

Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk analisis perubahan garis pantai di kawasan pesisir Kecamatan Sanrobone dan analisa perubahan penggunaan lahan. Dari penelitian tersebut dapat dimanfaatkan untuk pengambilan langkah kebijakan yang berhubungan dengan pemanfaatan serta pengelolaan kawasan pesisir di Kecamatan Sanrobone. Pemantauan perubahan garis pantai dilakukan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh yaitu citra *Landsat* dan menghitung indeks kerentanan pesisir dengan mengolah data-data yang digunakan untuk menentukan indeks kerentanan pesisir.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa masalahnya, yaitu:

1. Bagaimana tingkat kerentanan pesisir di Kecamatan Sanro Bone?
2. Bagaimana prioritas penanganan kerusakan pantai di Kecamatan Sanro Bone?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui tingkat kerentanan pesisir di Kecamatan Sanro Bone
2. Mengetahui prioritas penanganan kerusakan pantai di Kecamatan Sanro Bone

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan jawaban dari permasalahan-permasalahan yang telah dirumuskan sehingga dapat memberikan kegunaan sebagai berikut:

1. Bagi pengembangan ilmu atau para peneliti, penelitian ini dapat menambah pengetahuan dari adanya perubahan garis pantai. Sehingga dapat mengetahui

potensi bencana yang meliputi abrasi dan akresi yang terjadi di kawasan pesisir Kecamatan Sanrobone.

2. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pemerintah daerah sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan kebijakan perencanaan tata ruang wilayah khususnya pada penataan penggunaan lahan pesisir. Selain itu dapat mengoptimalkan potensi yang ada di pesisir sehingga diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir di Kecamatan Sanrobone.
3. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat dalam memberikan informasi tentang luas lahan dan penggunaan lahan di pesisir Kecamatan Sanrobone.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memperjelas dari rumusan masalah yang telah dikemukakan di atas adapun lingkup batasan dalam penelitian ini hanya difokuskan pada perubahan garis pantai yang terjadi di sepanjang garis pantai Kecamatan Sanrobone tahun 2000-2020, Indeks kerentanan pesisir dan dampak dari penambangan pasir di Kecamatan Sanrobone. Dalam penelitian ini hanya menganalisis dampak yang diterima pantai dari proses akresi dan abrasi.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I Pendahuluan, membahas latar belakang penulisan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka, dalam bab ini menguraikan tentang wilayah pesisir, penggunaan lahan, reklamasi, valuasi lahan, dan citra landsat

BAB III Metodologi Penelitian, meliputi metode-metode yang akan digunakan dalam penelitian, penjelasan tentang spesifikasi dan analisis data, serta diagram alur penelitian.

BAB IV Hasil dan Pembahasan menguraikan tentang perubahan garis pantai dan indeks kerentanan wilayah pesisir yang terjadi di kawasan pesisir Kecamatan Galesong Utara.

BAB V Penutup, meliputi kesimpulan serta saran dari penulis atas permasalahan yang telah dibahas pada bab sebelumnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian yang Relevan

Penelitian yang dilaksanakan di selatan Yogyakarta tahun 2012 dengan metode penelitian menggunakan metode *Coastal Vulnerability Index* (CVI), parameter yang digunakan yaitu geomorfologi, elevasi, perubahan garis pantai, tunggang pasang surut rata-rata kenaikan muka laut relatif dan tinggi gelombang (Hastuti, 2012). Hasil parameter tersebut kemudian di skoring dengan persamaan CVI. Dari hasil penelitiannya yaitu tingkat kerentanan wilayah pesisir selatan Yogyakarta terhadap ancaman kenaikan muka air laut dikategorikan dalam tidak rentan, sedang, dan rentan. Wilayah pesisir dengan kategori tidak rentan terdapat di Kecamatan Panjatan, kategori sedang di Kecamatan Temon dan Wates, sedangkan kategori rentan terdapat di Kecamatan Galur dan Srandakan. Hasil penghitungan variabel proses fisik menunjukkan bahwa parameter yang sangat berpengaruh terhadap kerentanan wilayah pesisir di selatan Yogyakarta adalah perubahan garis pantai.

Penelitian di Kawasan pesisir Kota Pasuruan Jawa Timur dengan judul Analisis Tingkat Kerentanan Wilayah Pesisir Terhadap Bencana Banjir di Kota Pasuruan, Jawa Timur. Tujuan penelitian ini untuk mencegah dampak yang ditimbulkan akibat bencana di kawasan pesisir dapat dilakukan dengan melakukan analisis kerentanan wilayah pesisir. Adapun hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat kerentanan pesisir Kota Pasuruan tergolong pada kerentanan sedang. Daerah yang berada pada kategori ini berada di desa Gadingrejo dengan nilai CVI yang berada di kisaran 0,377- 7, 600. Sedangkan pada desa Tambaan, Ngemplarejo, Panggungrejo, Mandaranrejo, Kepel, dan Blandonga memiliki nilai CVI lebih dari 7,600. Nilai tersebut menunjukkan bahwa desa Tambaan, Ngemplarejo, Panggungrejo, Mandaranrejo, Kepel, dan Blandongan memiliki tingkat kerentanan rentan.

Penelitian yang dilaksanakan di pesisir Kabupaten Tuban dengan metode penelitian yang digunakan yaitu dengan pengumpulan data *hidrooseanografi* dan data geologi dan informasi dari kerusakan pesisir dari data sekunder dan survei lapangan secara langsung. Ada sepuluh parameter fisik yang digunakan, yaitu:

geomorfologi, elevasi, tunggan pasut rata-rata, tinggi gelombang signifikan, kenaikan muka air laut relatif, perubahan garis pantai, penggunaan lahan, litologi, luas kerusakan pantai, dan lebar sabuk hijau. Adapun hasil dari penelitian tersebut yaitu diperoleh nilai CVI wilayah pesisir pesisir utara Kabupaten Tuban dikelompokkan menjadi 4 kategori kerentanan terhadap ancaman kerusakan, yaitu: kerentanan sangat tinggi (220- 275), kerentanan tinggi (165-220), kerentanan sedang (110-165), dan kurang rentan (55-110). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa secara umum kawasan Utara Tuban memiliki kerentanan sedang.

2.2 Wilayah Pesisir

Pengertian wilayah pesisir menurut kesepakatan terakhir internasional adalah merupakan wilayah peralihan antara laut dan daratan, ke arah darat mencakup daerah yang masih terkena pengaruh percikan air laut atau pasang surut, dan ke arah laut meliputi daerah paparan benua (continental shelf) (Dahuri, dkk, 2001).

Wilayah pesisir adalah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut, serta daerah pertemuan antara darat dan laut. Wilayah pesisir dapat dijadikan sebagai suatu kawasan pada satu batas administratif pemerintahan, maupun wilayah lintas batas administratif sesuai dengan kepentingan pengelolaan wilayah pesisir (UU nomor 27 tahun 2007 pasal (1)).

2.2.1 Karakteristik Kawasan Pesisir

Karakteristik Kawasan pesisir secara garis besar dipengaruhi oleh alam yang akan memberikan karakteristik yang spesifik suatu kawasan/kota. Faktor alam ini mencakup iklim, topografi, sesimocity, geomoforfologi, aliran, kelembaban, suhu udara, flora-fauna dan sebagainya.

1. Kondisi Geomorfologi

Geomorfologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang bentuk permukaan bumi atau bentang alam yang meliputi sifat dan karakteristik dari morfologi, klasifikasi dan perbedaannya serta proses yang berhubungan terhadap

morfologi tersebut. Pada dasarnya morfologi mempelajari bentang alam atau bentuk lahan suatu kawasan.

Wilayah pesisir yang merupakan daerah pertemuan antara daratan dan lautan memiliki morfologi dan bentang pantai yang terjadi akibat dari proses geologi/tektonik, komponen oseanografi terutama penghasil gelombang, serta aktivitas manusia. Batuan di sepanjang pantai yang tererosi menghasilkan pasir oleh arus laut yang diangkut sepanjang garis pantai dan diendapkan di wilayah pantai membentuk bentang alam tertentu. Contoh geomorfologi di daerah pesisir adalah delta, dataran alluvial, tanjung, teluk, lagoo, bertebing tinggi, rendah. Estuary, pantai berpasir, pantai berkerikil, dsb.

2. Kondisi Hidro-Oseanografi

Kondisi hidro oseanografi kawasan pesisir dapat digambarkan melalui berbagai fenomena alam seperti pasang surut, arus, gelombang (ombak), suhu, angin dan salinitas. Fenomena tersebut membentuk karakteristik kawasan yang khas sehingga terdapat perbedaan kondisi fisik pada masing-masing kawasan pesisir.

a. Pasang surut

Pasut adalah proses naik turunnya muka air laut yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari. Kisaran pasut adalah perbedaan tinggi muka air laut pada saat maksimum dengan tinggi muka air pada saat surut maksimum yang rata-rata berkisar 1-3 meter. Fenomena pasut tidak hanya berdampak dan mempengaruhi lahan atas saja melainkan seluruh massa air dan memiliki energi besar.

b. Arus Pantai

Arus merupakan gerakan air yang sangat luas yang terjadi pada seluruh lautan di dunia. Arus ditimbulkan oleh beberapa factor seperti pergerakan angin, perbedaan kerapatan air laut akibat pemanasan matahari, aktifitas pasang surut dan pergerakan gelombang (ombak). Arus pantai sangat berpengaruh terhadap proses sedimentasi dan abrasi pantai.

c. Gelombang (ombak)

Gelombang terbentuk karena adanya proses alih energi dari angin ke permukaan laut dan gempa di dasar laut. Gelombang merambat ke seluruh arah yang kemudian dilepaskan ke pantai dalam bentuk hempasan ombak

dan dapat merusak kestabilan pantai. Gelombang merupakan parameter utama dalam proses erosi atau sedimentasi. Besarnya proses tersebut sangat tergantung pada besarnya energi yang dihempaskan gelombang ke pantai.

d. Angin

Angin merupakan gerakan udara yang disebabkan oleh perbedaan tekanan udara pada suatu wilayah. Produk penting angin pada kawasan berupa gelombang yang menghantam pantai serta deretan bukit pasir yang penting bagi perlindungan pantai.

3. Kondisi Klimatologi

Klimatologi adalah ilmu terkait iklim yakni melukiskan atau menguraikan dan menerangkan hakekat iklim, distribusinya terhadap ruang serta variasinya terhadap waktu dan hubungannya dengan berbagai unsur lain dari lingkungan alam dan aktivitas manusia (Adyatma, 2012). Klimatologi menelaah tentang karakteristik iklim antara wilayah dengan menekankan pada aras rata-rata dari unsur iklim yang terjadi menjadi ciri dari suatu wilayah sehingga dapat digunakan sebagai pendugaan keadaan suhu, kelembapan udara, intensitas cahaya, curah hujan dan angin pada suatu wilayah dalam kurun waktu tertentu (Adyatma, 2012). Aspek klimatologi dalam perencanaan ruang akan sangat bermanfaat terutama dalam hal meningkatkan kewaspadaan dampak negatif cuaca/iklim, bentuk penyesuaian diri dengan karakter iklim.

2.2.2 Batasan wilayah Pesisir

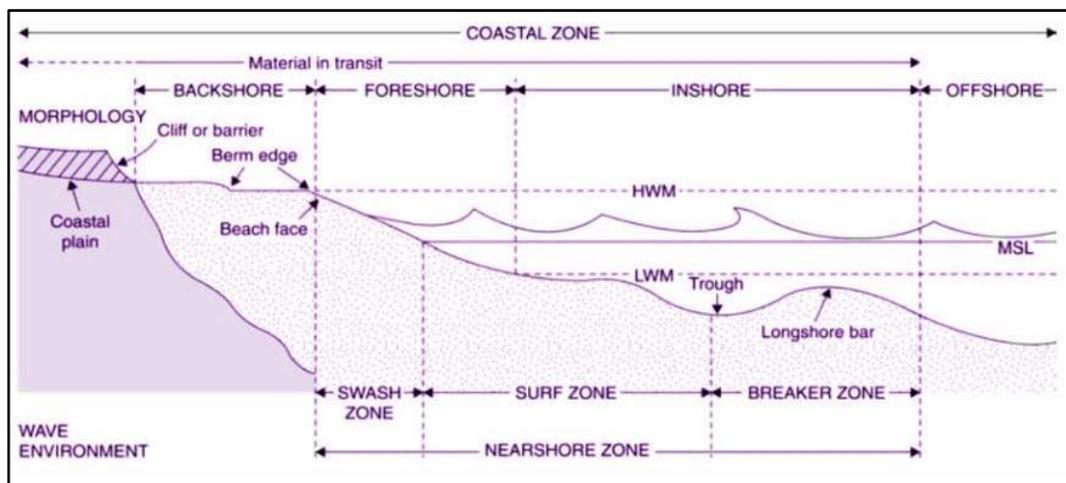
Saat ini, penentuan batas-batas wilayah pesisir didunia berdasarkan pada tiga kriteria, yaitu (Dahuri dkk, 1996):

1. Garis linier secara arbitrer tegak lurus terhadap garis pantai (*coastline* atau *shoreline*).
2. Batas-batas administratif dan hukum negara.
3. Karakteristik dan dinamika ekologis (biofisik) yakni atas dasar sebaran spasial dari karakteristik alamiah (*natural features*) atau kesatuan proses-proses ekologis (seperti aliran sungai, migrasi biota dan pasang surut).

Maksud dari uraian berbagai definisi tentang wilayah pesisir adalah memperkaya wawasan tentang pengertian yang lebih mendasar, batas-batas dan karakteristik kawasan pesisir. Dari berbagai uraian definisi tersebut, dapat ditengarai beberapa unsur/elemen yang mendasar, yaitu (Dahuri dkk, 1996):

1. Pertemuan antara daratan dan perairan/laut.
2. Keterlibatan berbagai ekosistem yang berbeda.
3. Adanya interaksi dan keterkaitan antara berbagai ekosistem.
4. Adanya pemanfaatan sumber daya pesisir dan lautan.
5. Terdapat batas-batas (*boundary*).

Pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil menjelaskan wilayah pesisir terdiri atas *backshore* (tepi laut dengan batasan langsung dengan wilayah darat), *foreshore* (tepi laut yang berhadapan langsung dengan laut), *inshore* (pantai dalam), dan *offshore* (perairan lepas pantai). Selain itu, bagian-bagian wilayah pesisir juga dapat dibedakan berdasarkan lokasi terjadinya gelombang, yaitu *swash zone*, *surf zone*, dan *breaker zone* (Subagiyo, dkk. 2017). Berikut batasan wilayah pesisir dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.1 Batasan Wilayah Pesisir
(Sumber : Haslett, 2009; dalam Subagiyo, dkk. 2017)

2.2.3 Manfaat dan Fungsi Wilayah Pesisir

Secara umum fungsi pokok wilayah pesisir dapat diklasifikasikan berdasarkan manfaatnya, yaitu manfaat ekologis, manfaat ekonomi dan manfaat sosial. Secara ekologis wilayah pesisir bermanfaat sebagai penyedia sumber daya

alam secara berkelanjutan. Secara ekonomi bermanfaat memberikan produktivitasnya bagi berbagai aktivitas perekonomian masyarakat. Sedangkan secara sosial bermanfaat akan tersedianya sumber mata pencaharian bagi masyarakat pesisir yang berdampak pada pendapatan.

Wilayah pesisir memiliki empat fungsi pokok bagi manusia, yaitu, sebagai penyedia jasa-jasa lingkungan, jasa-jasa kenyamanan, sumber daya alam dan sebagai penerima limbah. Jika kemampuan fungsi wilayah pesisir dapat terpelihara maka akan tercipta pembangunan wilayah pesisir yang berkelanjutan. Sehingga penggunaan lahan tidak hanya diperuntukkan sebagai zona pemanfaatan tetapi juga diperuntukkan sebagai zona preservasi dan konservasi.

2.3 Indeks Kerentanan Pesisir (IKP)

Kerentanan adalah suatu keadaan penurunan ketahanan akibat pengaruh eksternal yang mengancam kehidupan, mata pencaharian, sumber daya alam, infrastruktur, dan kesejahteraan. Hubungan antara bencana dan kerentanan menghasilkan suatu kondisi resiko, apabila kondisi tersebut tidak dikelola dengan baik (Wignyosukarto, 2007).

Indeks kerentanan pesisir dapat digunakan sebagai indikator tingkat kerentanan suatu wilayah pesisir. Kerentanan pesisir merupakan suatu kondisi yang menggambarkan keadaan mudah terkena dari suatu sistem alami. Tingkat kerentanan merupakan suatu hal yang penting untuk diketahui karena dapat berpengaruh terhadap terjadinya bencana. Proporsi setiap parameter IKP dapat menjadi petunjuk karakteristik spasial jenis variabel ataupun cakupan tingkat atau kategori kerentanan pada suatu kawasan. Metode IKP, juga digunakan oleh *European Environment Agency* untuk menganalisa kerentanan pesisir terhadap perubahan iklim di Eropa (Mutmainah dan Putra, 2017).

$$IKP = (W_1 * X_1) + (W_2 * X_2) + (W_3 * X_3) + (W_4 * X_4).....(2.1)$$

dimana:

IKP = Indeks Kerentanan Pesisir

W_1 = Perubahan Garis Pantai

X_1 = Bobot Perubahan Garis Pantai

W_2 = Kemiringan Pantai

X_2 = Bobot Kemiringan Pantai

W_3 = Tinggi Gelombang Signifikan

X_3 = Bobot Tinggi Gelombang

W_4 = Tunggang Pasang Surut

X_4 = Bobot Pasang Surut

Nilai-nilai yang didapat dari perhitungan tersebut kemudian diklasifikasikan menurut tingkat kerentanan pesisir sebagaimana pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Indeks Kerentanan Pesisir (IKP)

| No | Parameter | Bobot (X) | Variabel | | | | |
|----|----------------------------------|-----------|----------|------------|------------|-------------|--------|
| | | | SR (1) | R (2) | S (3) | T (4) | ST (5) |
| 1. | Perubahan Garis Pantai (m/thn) | 0,25 | >2,0 | +1,0 – 2,0 | -1,0 – 1,0 | -1,0 - -2,0 | < -2,0 |
| | | | akresi | Akresi | Stabil | abrasi | abrasi |
| 2. | Kemiringan Pantai ($^{\circ}$) | 0,35 | > 10 | 6 – 9,9 | 4 – 5,9 | 2 – 3,9 | < 2 |
| 3. | Tinggi Gelombang (m) | 0,29 | < 0,5 | 0,5 – 1 | 1 – 1,5 | 1,5 – 2 | > 2 |
| 4. | Pasang Surut (m) | 0,11 | < 0,5 | 0,5 – 1 | 1 – 1,5 | 1,5 – 2 | > 2 |

(Sumber : Remieri et al. 2011; dalam Mutmainah dan Putra, 2017)

Keterangan : SR (Sangat Rendah), R (Rendah), S (Sedang), T (Tinggi) dan ST (Sangat Tinggi).

Setelah melakukan pengkelasan pada setiap parameter di lokasi studi, dilakukan pengklasifikasian. Klasifikasi tingkat IKP pada penelitian ini diperoleh, jika nilai IKP 1–2 poin dalam kategori kerentanan rendah, nilai IKP berada antara 2–3 poin dalam kategori kerentanan sedang, nilai IKP berada antara 3–4 poin dalam kategori kerentanan tinggi, dan jika nilai IKP berada antara 4–5 poin dalam kategori kerentanan sangat tinggi. Hasil dari perhitungan tingkat IKP dari seluruh parameter ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Tingkat IKP

| Nilai IKP | Tingkat Kerentanan |
|-----------|--------------------|
| 1-2 | Rendah |
| 2-3 | Sedang |
| 3-4 | Tinggi |
| 4-5 | Sangat Tinggi |

(Sumber : Doukakis, 2005; dalam Mutmainah dan Putra, 2017)

2.4.1 Perubahan garis pantai

Garis pantai merupakan batas pertemuan antara daratan dengan bagian laut saat terjadi air laut pasang tertinggi. Garis ini bisa berubah karena beberapa hal seperti abrasi dan sedimentasi yang terjadi di pantai, pengikisan ini akan menyebabkan berkurangnya areal daratan, sehingga menyebabkan berubahnya garis pantai.

Posisi garis pantai adalah indikator keadaan pantai utama yang digunakan untuk mengukur kemunduran garis pantai, pengamatan perubahan garis pantai dari tahun ke tahun serta pengamatan variabilitasnya sangat penting dalam menentukan strategi pengelolaan pantai (Arzaburu, dkk, 2009).

Pada dasarnya proses perubahan pantai meliputi proses erosi dan akresi. Erosi di sekitar pantai dapat terjadi bila angkutan sedimen yang keluar ataupun yang pindah meninggalkan suatu daerah lebih besar dibandingkan dengan angkutan sedimen yang masuk, apabila terjadi sebaliknya maka yang terjadi adalah sedimentasi (Triatmodjo,1999).

Perubahan garis pantai sangat dipengaruhi oleh interaksi antara angin, gelombang, arus, pasang surut, jenis dan karakteristik dari material pantai yang meliputi bentuk, ukuran partikel dan distribusinya di sepanjang pantai sehingga mempengaruhi proses sedimentasi di sekitar pantai.

Tahapan proses dari proses sedimentasi yang mengarah pada terjadinya perubahan garis pantai adalah :

1. Teraduknya material kohesif dari dasar hingga tersuspensi, atau lepasnya material non kohesif dari dasar laut.
2. Perpindahan material secara kohesif.
3. Pengendapan kembali material tersebut.

Selain dari tahapan di atas, semuanya tergantung pada gerakan air dan karakteristik material pantai yang terangkut. Pada daerah pesisir pantai gerakan dari air dapat terjadi karena adanya kombinasi dari gelombang dan arus. Gelombang dan arus memiliki peranan yang sama besarnya dalam mengaduk dan memindahkan material ke tempat lain.

2.4.2 Kemiringan pantai

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horisontal. Kemiringan lereng pantai merupakan faktor penting yang berpengaruh terhadap perubahan profil pantai, karena keterjalan atau kemiringan lereng pantai sangat menentukan besarnya pengaruh gelombang (energinya) terhadap perubahan pantai. Perubahan lereng (batimetri) dapat terjadi dalam rentang waktu yang sangat singkat maupun dalam rentang waktu yang lebih lama (Waver dan Slinn, 2009).

Kemiringan lereng merupakan ukuran kemiringan lahan terhadap bidang datar yang biasa dinyatakan dalam satuan persen atau derajat. Pengukuran Panjang lereng dilakukan di antara pasang tertinggi (*high tide*) dan pasang terendah (*low tide*) dan tegak lurus terhadap garis pantai. Penentuan besar sudut kemiringan pantai menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\beta = \tan^{-1} \frac{y}{x} \dots \dots \dots (2.2)$$

Sedangkan menghitung presentase kemiringan lereng, menggunakan persamaan dibawah ini:

$$S = \frac{y}{x} \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana:

- β = Kemiringan lereng pantai ($^{\circ}$)
- S = Kemiringan lereng pantai (%)
- y = Jarak vertikal bidang pantai
- x = bidang datar atau lebar pantai (yang diukur dari tebing pantai ke arah laut)

Adanya perbedaan kemiringan pada setiap pantai diklasifikasikan tertentu. Klasifikasi kemiringan lereng didasarkan pada kriteria (Kalay, Lopulissa dan Noya 2018) :

1. Pantai datar = 0-3 %
2. Pantai landai = 3-8 %
3. Pantai miring = 8- 14 %
4. Pantai sangat miring = 14-21 %
5. Pantai curam = 21-56 %
6. Pantai sangat curam = 56-140 %
7. Pantai terjal = > 140 %

2.4.3 Gelombang

Gelombang adalah peristiwa naik turunnya permukaan air laut dari ukuran kecil (riak) sampai yang paling panjang (pasang surut). Penyebab utama terjadinya gelombang adalah angin. Gelombang dipengaruhi oleh kecepatan angin, lamanya angin bertiup, dan jarak tanpa rintangan saat angin bertiup (fetch).

Gelombang terdiri dari panjang gelombang, tinggi gelombang, periode gelombang, kemiringan gelombang dan frekuensi gelombang. Panjang gelombang adalah jarak berturut-turut antara dua puncak atau dua buah lembah. Tinggi gelombang adalah jarak vertikal antara puncak dan lembah gelombang. Periode gelombang adalah waktu yang dibutuhkan gelombang untuk kembali pada titik semula. Kemiringan gelombang adalah perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang. Frekuensi gelombang adalah jumlah gelombang yang terjadi dalam satu satuan waktu (Jatilaksono, 2007).

Pada hakikatnya, gelombang yang terbentuk oleh hembusan angin akan merambat lebih jauh dari daerah yang menimbulkan angin tersebut. Hal ini yang menyebabkan daerah di pantai selatan Pulau Jawa memiliki gelombang yang besar meskipun angin setempat tidak begitu besar. Gelombang besar yang datang itu bisa merupakan gelombang kiriman yang berasal dari badai yang terjadi jauh dibagian selatan Samudera Hindia (Jatilaksono, 2007).

Gelombang/ombak yang terjadi di lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam tergantung kepada gaya pembangkitnya. Pembangkit gelombang laut dapat disebabkan oleh: angin (gelombang angin), gaya tarik menarik bumi-bulan-matahari (gelombang pasang-surut), gempa (vulkanik atau tektonik) di dasar laut (gelombang tsunami), ataupun gelombang yang disebabkan oleh gerakan kapal.

Gelombang yang sehari-hari terjadi dan diperhitungkan dalam bidang teknik pantai adalah gelombang angin dan pasang-surut (pasut). Gelombang dapat membentuk dan merusak pantai dan berpengaruh pada bangunan-bangunan pantai. Energi gelombang akan membangkitkan arus dan mempengaruhi pergerakan sedimen dalam arah tegak lurus pantai (cross-shore) dan sejajar pantai (longshore). Pada perencanaan teknis bidang teknik pantai, gelombang merupakan faktor utama yang diperhitungkan karena akan menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai.

Ketinggian dan periode gelombang tergantung kepada panjang fetch pembangkitannya. Fetch adalah jarak perjalanan tempuh gelombang dari awal pembangkitannya. Fetch ini dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut.

Semakin panjang jarak fetchnya, ketinggian gelombangnya akan semakin besar. Durasi angin juga mempunyai pengaruh yang penting pada ketinggian gelombang.

Gelombang yang menjalar dari laut dalam (deep water) menuju ke pantai akan mengalami perubahan bentuk karena adanya perubahan kedalaman laut. Apabila gelombang bergerak mendekati pantai, pergerakan gelombang di bagian bawah yang berbatasan dengan dasar laut akan melambat. Ini adalah akibat dari friksi/gesekan antara air dan dasar pantai. Sementara itu, bagian atas gelombang di permukaan air akan terus melaju. Semakin menuju ke pantai, puncak gelombang akan semakin tajam dan lembahnya akan semakin datar. Fenomena ini yang menyebabkan gelombang tersebut kemudian pecah (Acehpedia, 2009).

Ada dua tipe gelombang, bila dipandang dari sisi sifat-sifatnya. Yaitu:

1. Gelombang pembangun/pembentuk pantai (*Constructive wave*).
2. Gelombang perusak pantai (*Destructive wave*).

Yang termasuk gelombang pembentuk pantai bercirikan mempunyai ketinggian kecil dan kecepatan rambatnya rendah. Sehingga saat gelombang tersebut pecah di pantai akan mengangkut sedimen (material pantai). Material pantai akan tertinggal di pantai (*deposit*) ketika aliran balik dari gelombang pecah meresap ke dalam pasir atau pelan-pelan mengalir kembali ke laut.

2.4.4 Pasang surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari. Pasang surut merupakan salah satu bentuk dari gelombang dengan periode gelombang panjang 3 jam hingga 1 hari (Triatmodjo, 2012). Tentu saja karena pasang surut merupakan salah satu bentuk gelombang, pasang surut memiliki komponen seperti komponen gelombang, yaitu: Komponen pasang identik dengan komponen gelombang, pasang surut memiliki tinggi pasang surut yang merupakan jarak vertikal antara air tertinggi (puncak pasang) dan air terendah (lembah air surut) yang berurutan. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari

posisi muka air rerata ke posisi sama berikutnya (Triatmodjo, 2012). Periode pasang surut juga adalah waktu puncak air tinggi ke puncak air tinggi berikutnya, atau waktu antara lembah air surut ke lembah air surut berikutnya.

Periode pasang surut bisa bervariasi dari satu tempat dengan tempat lainnya, perbedaan periode pasang surut ini biasa dikenal dengan nama tipe pasang surut. Periode dimana muka air naik disebut pasang, sedangkan periode dimana muka air laut turun disebut surut. Variasi muka air laut menimbulkan arus yang disebut arus pasang surut. Arus pasang surut mengangkut massa air dalam jumlah yang sangat besar. Arus pasang terjadi pada waktu periode pasang dan arus surut terjadi pada waktu periode air surut. Titik balik (slack) adalah dimana dimana arus berbalik antara arus pasang dan arus surut. Titik bali ini bisa terjadi pada saat muka air tertinggi dan muka air terendah. Pada saat tersebut kecepatan arus adalah nol (Triatmodjo, 2012). Sedangkan kecepatan arus mencapai maksimal saat elevasi air rerata baik menuju pasang maupun menuju surut. Komponen arus di pantai didominasi oleh arus pasang surut (Indriyawan).

2.4 Penginderaan Jauh

Secara prinsip, setiap obyek dan fenomena alam yang berada di ruang permukaan bumi dapat dideteksi dari citra satelit. Kemampuan citra satelit dalam mendeteksi objek dan fenomena alam yang terjadi sangat tergantung dari resolusinya, baik spasial, spektral, radiometrik, dan temporal. Bencana geologi pada umumnya berhubungan dengan proses geologi, yaitu proses – proses yang berasal dari permukaan bumi (eksogen) atau di bawah permukaan bumi (endogen) yang melibatkan material batuan penyusunnya (Ardyodyantoro, 2014). Dengan bantuan citra penginderaan jauh, dapat dibuat pemetaan berupa faktor-faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya bencana dan manajemen dalam menghadapi bencana pada suatu daerah. Hal ini sangat penting dalam pengelolaan suatu wilayah yang rawan dengan bencana, sehingga dapat mengurangi dampak dari bencana yang terjadi.

menyebutkan sekurang-kurangnya ada enam alasan yang melandasi meningkatnya penggunaan citra penginderaan jauh, yaitu (Sutanto 1986:18) :

1. Citra menggambarkan obyek, daerah, dan gejala di permukaan bumi dengan:
 - a. Wujud dan letak obyek yang mirip wujud dan letaknya di permukaan bumi

- b. Relatif lengkap
 - c. Meliputi daerah yang luas
 - d. Permanen
2. Dari jenis citra tertentu dapat ditimbulkan gambaran tiga dimensional apabila penamatannya menggunakan alat yang disebut stereoskop.
 3. Karakteristik obyek yang tidak tampak dapat diwujudkan dalam bentuk citra sehingga dimungkinkan pengenalan obyeknya.
 4. Citra dapat dibuat secara cepat meskipun untuk daerah yang sulit dijelajahi secara *terrestrial*.
 5. Merupakan satu-satunya cara untuk pemetaan daerah bencana.

Citra sering dibuat pada periode ulang yang pendek, yaitu misal 16 hari bagi citra Landsat 4 dan 5, dua kali tiap hari bagi citra NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Dengan demikian maka citra merupakan alat yang baik sekali untuk pemantauan perubahan cepat seperti pembukaan daerah hutan, pemekaran kota, perubahan kualitas lingkungan, dan perluasan lahan garapan. ***Informasi permukaan bumi yang diperoleh dari citra penginderaan jauh***, antara lain adalah :

1. bentuk dan penggunaan lahan
2. perubahan penggunaan lahan
3. kondisi geologi dan geomorfologi
4. lokasi kebakaran hutan

Data penginderaan jauh yang diperoleh dari satelit adalah teknik yang baik dalam pemetaan daerah bencana yang menggambarkan distribusi spasial pada suatu periode tertentu. Banyak satelit dengan perbedaan sistem sekarang ini, dengan karakteristik resolusi spasial, temporal, dan spektral tertentu. Data penginderaan jauh dapat direlasikan dengan data lain, sehingga dapat juga digunakan untuk penyajian data bencana. Metode perolehan data dapat dengan 2 cara, yaitu dengan interpretasi visual dan pengolahan citra digital seperti teknik klasifikasi

2.4.1 Citra Google Earth

Beberapa definisi google earth menurut situs resminya adalah sebagai berikut:

1. Google Earth adalah aplikasi pemetaan interaktif yang memudahkan melihat dunia.
2. Google Earth mengamati gambar dari satelit yang menampilkan sketsa dari jalan, bangunan, keadaan geografis, dan data spesifik mengenai lokasi atau tempat tertentu.

Google Earth merupakan sebuah program globe virtual yang sebenarnya disebut Earth Viewer dan dibuat oleh Keyhole, Inc. Program ini memetakan bumi dari superimposisi gambar yang dikumpulkan dari pemetaan satelit, fotografi udara dan globe GIS 3D. Tersedia dalam tiga lisensi berbeda: *Google Earth*, sebuah versi gratis dengan kemampuan terbatas; *Google Earth Plus* (\$20), yang memiliki fitur tambahan; dan *Google Earth Pro* (\$400 per tahun), yang digunakan untuk penggunaan komersial.

Menurut situs resmi Google earth, Awalnya google earth dikenal sebagai Earth Viewer, Google Earth dikembangkan oleh Keyhole, Inc., sebuah perusahaan yang diambil alih oleh Google pada tahun 2004. Produk ini, kemudian diganti namanya menjadi Google Earth tahun 2005, dan sekarang tersedia untuk komputer pribadi yang menjalankan Microsoft Windows 2000, XP, atau Vista, Mac OS X 10.3.9 dan ke atas, Linux (diluncurkan tanggal 12 Juni 2006) dan FreeBSD. Google juga menambah pemetaan dari basis datanya ke perangkat lunak pemetaan berbasis web. Peluncuran Google Earth menyebabkan sebuah peningkatan lebih pada cakupan media mengenai globe virtual antara tahun 2005 dan 2006, menarik perhatian publik mengenai teknologi dan aplikasi geospasial.

Global virtual ini memperlihatkan rumah, warna mobil, dan bahkan bayangan orang dan rambu jalan. Resolusi yang tersedia tergantung pada tempat yang dituju, tetapi kebanyakan daerah (kecuali beberapa pulau) dicakup dalam resolusi 15 meter. Las Vegas, Nevada dan Cambridge, Massachusetts memiliki resolusi tertinggi, pada ketinggian 15 cm (6 inci). Google Earth membolehkan pengguna mencari alamat (untuk beberapa negara), memasukkan koordinat, atau menggunakan mouse untuk mencari lokasi.

Google Earth juga memiliki data model elevasi digital (DEM) yang dikumpulkan oleh Misi Topografi Radar Ulang Alik NASA. Ini bermaksud agar kita dapat melihat Grand Canyon atau Gunung Everest dalam tiga dimensi, daripada 2D di situs/program peta lainnya. Sejak November 2006, pemandangan 3D pada pegunungan, termasuk Gunung Everest, telah digunakan dengan penggunaan data DEM untuk memenuhi gerbang di cakupan SRTM.

Banyak orang yang menggunakan aplikasi ini menambah datanya sendiri dan menjadikan mereka tersedia melalui sumber yang berbeda, seperti BBS atau blog. Google Earth mampu menunjukkan semua gambar permukaan Bumi. dan juga merupakan sebuah klien Web Map Service. Google Earth mendukung pengelolaan data Geospasial tiga dimensi melalui *Keyhole Markup Language* (KML).

Google Earth dalam situs wikipedia dijelaskan memiliki kemampuan untuk memperlihatkan bangunan dan struktur (seperti jembatan) 3D, yang meliputi buatan pengguna yang menggunakan SketchUp, sebuah program pemodelan 3D.

Google Earth versi lama (sebelum Versi 4), bangunan 3d terbatas pada beberapa kota, dan memiliki pemunculan yang buruk tanpa tekstur apapun. Banyak bangunan dan struktur di seluruh dunia memiliki detail 3D-nya; termasuk (tetapi tidak terbatas kepada) di negara Amerika Serikat, Britania Raya, Irlandia, India, Jepang, Jerman, Kanada, Pakistan dan kota Amsterdam dan Alexandria. Bulan Agustus 2007, Hamburg menjadi kota pertama yang seluruhnya ditampilkan dalam bentuk 3D, termasuk tekstur seperti facade. Pemunculan tiga dimensi itu tersedia untuk beberapa bangunan dan struktur di seluruh dunia melalui Gudang 3D Google dan situs web lainnya.

1. Spesifikasi Google Earth

Menurut situs resmi google earth, memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- a. Resolusi *Baseline* - U.S. : 15 m - Global : secara umum 15 m (beberapa area seperti Amerika Selatan, berada pada resolusi yang sangat rendah).
- b. Tipikal resolusi tinggi - U.S. : 1m, 0.6m, 0.3m, 0.15m
- c. Sistem koordinat dan proyeksi
 1. Sistem koordinat internal dari Google Earth merupakan koordinat geografis pada *World Geodetic System* 1984 (WGS84).

2. Google Earth menampilkan bumi seakan-akan terlihat dari satelit yang sedang mengorbit. Proyeksi yang digunakan untuk efek ini disebut *General Perspective*. Efek ini mirip dengan proyeksi orthografis.
- d. Usia : Biasanya kurang dari 3 tahun. Tanggal pada gambar bisa saja salah. Minimum usia gambar adalah 2 tahun (disebabkan alasan privasi)
- e. Versi Google Earth yang terbaru bisa dijalankan di komputer dengan minimum konfigurasi sebagai berikut :
 1. Pentium 3, 500 MHz
 2. 128 MB RAM
 3. 400 MB *free disk space*
 4. Kecepatan *Network* : 128 Kbit/sec
 5. *3D-capable graphics card*
 6. 1024x768, "*16-bit High Color*" screen
 7. Windows XP atau Windows 2000 (tidak bekerja pada Windows ME), Linux, Mac OS X

Spesifikasi diatas, hal yang paling sering bermasalah adalah *insufficient* video RAM. *Software* ini dirancang untuk memperingatkan user jika *graphic card* tidak men-support Google Earth. Kemudian hal berikutnya yang biasanya bermasalah adalah kecepatan akses internet. Kecuali bagi para pengguna yang cukup sabar menunggu, *broadband internet* (*Cable*, DSL, dsb) sangat dibutuhkan. Permasalah resolusi, beberapa kota seperti St.Petersburg hanya dapat terlihat sebagian pada resolusi tinggi.

2. Resolusi dan Akurasi Google Earth

Kebanyakan area darat dapat ditangkap oleh sistem pencitraan satelit dengan resolusi kira-kira 15m per pixel. Beberapa pusat populasi juga tertangkap oleh sistem pencitraan pesawat (*orthophotografi*) dengan beberapa pixel per meter. Lautan tertangkap dengan resolusi yang lebih rendah, seperti misalnya beberapa pulau pada Kepulauan Scilly, sebelah barat daya Inggris dapat dilihat dengan resolusi sekitar 500 m.

Nama-nama tempat dan detail jalanan sangat bervariasi dari tiap-tiap tempat. Kebanyakan nama-nama tersebut dan juga detailnya memiliki keakuratan yang tinggi di Amerika Serikat dan Eropa. Google telah menghasilkan banyak

ketidakakuratan dalam pemetaan vektor sejak *software* original publik dirilis. Sebuah contoh ketidakakuratan Google adalah tidak adanya wilayah Nunavut di Canada, sebuah wilayah yang dibuat pada 1 April 1999. Kesalahan ini dikoreksi pada update data di awal tahun 2006. Update-update terbaru juga meningkatkan *coverage* dari fotografi udara secara detail.

Daerah yang tertutup oleh awan dan bayangan bisa mempersulit penglihatan secara detail di beberapa area darat, termasuk bayangan dari sisi gunung-gunung. Bintang-bintang yang terlihat pada background bukan 16 bintang acak yang diatur oleh Google Earth. Google Earth menggunakan peta bintang asli untuk ditampilkan pada *background*.

3. Ketidakakuratan *Google Earth*

Menurut situs resminya, *Google Earth* adalah sebuah aplikasi kompleks yang merepresentasikan dua dan tiga data dimensional, data vektor, integer dan angka-angka real, dan sebuah variasi dari proyeksi geometris. Pencitraan timbul dari sebuah variasi dari sumber-sumber yang melibatkan banyak orang. Sehingga ketidakakuratan pada data terkait dengan hal tersebut. Google secara kontinyu mengambil input dan meningkatkan kualitas dari data yang ada.

Citra pada Google Earth tidak semuanya diambil pada saat yang sama, tapi secara keseluruhan gambar tersebut baru dalam jangka waktu 3 tahun. Set-set gambar kadang-kadang tidak menyatu dengan benar. Update-update pada database fotografi dapat diperhatikan ketika perubahan drastis terjadi pada penampakan *landscape*, seperti contohnya update Google Earth yang tidak lengkap pada New Orleans, atau tanda tempat yang muncul secara tidak terduga di permukaan bumi. Walau tanda tempat tidak sesungguhnya dipindah, pencitraan disusun dan disatukan secara berbeda.

Kesalahan biasanya terjadi karena teknologi yang digunakan untuk mengukur tinggi dari permukaan; sebagai contoh, bangunan tinggi di Adelaide menyebabkan satu bagian dari kota di-render sebagai gunung 17 kecil, padahal bentuk aslinya adalah sebuah flat. Tinggi dari Menara Eiffel membuat efek yang mirip pada proses render dari Paris.

Fungsi "*measure*" menunjukkan bahwa panjang dari garis khatulistiwa adalah 40,030.24 km, memberikan sebuah kesalahan sebesar 0,112 %

dibandingkan dengan nilai sebenarnya (40,075.02 km). Lingkaran meridian, fungsi tersebut menunjukkan panjang sekitar 39,963.13 km, yang juga memberikan 0,112% error dibandingkan dengan nilai sebenarnya (40,007.86 km).

Kutub es Arktik benar-benar tidak terlihat pada versi terbaru Google Earth. Berbagai informasi yang dikumpulkan masih sulit untuk menjelaskan tentang hal ini. Google Earth melakukan render pada lingkaran Arktik tanpa es, dan geografis kutub utara terlihat melayang di atas Lautan Arktik. *Coverage* pada Benua Antartika memiliki resolusi yang sangat rendah. Perbandingan dengan fotografi sebenarnya menunjukkan bahwa atmosfer pada Google Earth menjadi 20 kali lebih tebal.

Jadi Google Earth pun adalah sebuah aplikasi yang tidak luput dari kesalahan atau ketidak sempurnaan sebuah aplikasi. Misalnya Google Earth fokus memberikan gambaran pada daerah yang dianggap ramai atau dapat dijangkau manusia. Sedangkan daerah-daerah yang terpencil atau sama sekali tidak disentuh oleh manusia akan jarang terjangkau oleh Google Earth.

2.4.2 Peta Batimetri Nasional (BATNAS)

Batimetri Nasional dibentuk dari hasil inversi data *gravity anomaly* hasil pengolahan data almetri dengan menambahkan data pemeruman (*sounding*) yang dilakukan oleh BIG, NGDC, BODC, BPPT, LIPI, P3GL dan lembaga lainnya dengan survei *single* maupun *multibeam*. Resolusi spasial data BATNAS adalah 6arc-second dengan menggunakan datum MSL.

Data *gridded* Batimetri Nasional dari 90 sampai 150BT dan dari 20LS sampai 20LU. Data batimetri ini mempunyai keunggulan di daerah pesisir dan perairan dangkal dengan menggunakan survei dari Pusat Kelautan dan Lingkungan Pantai (PKLP), BIG.

Pengembangan data model *gridded* Batimetri Nasional dimulai dari perhitungan data *free air gravity anomaly*, sampai menjadi data batimetri dengan menggunakan *Gravity-Geological Method* (GGM).

Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa *marine gravity model* yang dikembangkan mempunyai akurasi yang memadai, sebagai dasar untuk estimasi model batimetri pada resolusi 1m (*1 minute*) sebelum dilakukan iterasi asimilasi data pemeruman, dari resolusi 1m sampai *6-arcsecond*.

Hasil survei hidrografi pada kegiatan *Digital Marine Resource Mapping* (DMRM) digunakan sebagai validator data model *gridded* Batimetri Nasional, dari resolusi 1m, *30-seconds*, *15-seconds*. Sebagai pembanding, uji akurasi ini juga dilakukan terhadap data batimetri global yang ada, misalnya GEBCO30s edisi tahun 2014, SRTM30 dan SRTM15 plus. Validasi di daerah pantai yang sebagian besar sudah ditambahkan data hasil survei Pusat Kelautan dan Lingkungan Pantai (PKLP), BIG, tidak lagi diperlukan. Asimilasi data pemeruman di perairan dangkal dan daerah pantai menjadikan data *gridded* Batimetri yang dikembangkan oleh Tim DEMNAS BIG, akan mempunyai akurasi terbaik di daerah pantai Kepulauan Indonesia, dibanding data model batimetri lainnya.

Batimetri Nasional dengan resolusi 30s, memiliki bias error -12.22m sedangkan data SRTM30plus dan GEBCO30s masing-masing -18.51m dan -24.7m. Selanjutnya, standar deviasi untuk BATNAS, SRTM30plus, dan GEBCO30s masing-masing adalah 47.32m, 151.4m dan 171.53m. Sementara itu, pada resolusi 15s, data BATNAS mempunyai *bias error* -9.21m dan standar deviasi 39.75. Sementara SRTM15plus mempunyai *bias error* -15.71m dan standar deviasi 146.53m. Datum yang digunakan dalam BATNAS adalah EGM2008 dan MSL. Hubungan antara Geoid dan MSL didefinisikan dengan jelas dalam "*Geodetic World Height System Unification*".

2.5 Aplikasi Digital Shoreline Analysis System

Auto Shoreline Mapper (ASM) adalah prosedur pemetaan otomatis yang, dikombinasikan dengan gelombang lepas pantai dan data ketinggian muka air, mengumpulkan data ketinggian gelombang dari gambar eksposur waktu tanpa pengawasan pengguna (Uunk, Wijnberg dan Morelissen, 2010). Salah satu aplikasi yang dapat digunakan dalam ASM adalah DSAS.

Digital Shoreline Analysis System (DSAS) adalah suatu perangkat lunak tambahan yang bekerja pada perangkat lunak ArcGIS yang dikembangkan oleh ESRI dan USGS yang dapat diperoleh secara gratis. DSAS digunakan untuk menghitung perubahan posisi garis pantai berdasarkan waktu secara statistik dan berbasis geospasial (Farrah, Bandi, Sasmito, 2016).

DSAS menggunakan titik sebagai acuan pengukuran, dimana titik dihasilkan dari perpotongan antara garis transek yang dibuat oleh pengguna dengan garis-garis pantai berdasarkan waktu. Berikut ini perhitungan yang dapat dilakukan dengan DSAS adalah :

1. *Shoreline Change Envelope* (SCE) adalah mengukur total perubahan garis pantai mempertimbangkan semua posisi garis pantai yang tersedia dan melaporkan jaraknya, tanpa mengacu pada tanggal tertentu.
2. *Net Shoreline Movement* (NSM) adalah mengukur jarak perubahan garis pantai antara garis pantai yang terlama dan garis pantai terbaru.
3. *End Point Rate* (EPR) adalah menghitung laju perubahan garis pantai dengan membagi jarak antaragaris pantai terlama dan garis pantai terkini dengan waktunya.
4. *Linear Regression Rate* (LRR) adalah Analisis statistik tingkat perubahan dengan menggunakan regresi linear bisa ditentukan dengan menggunakan garis regresi *least-square* terhadap semua titik perpotongan garis pantai dengan transek.

2.6 Penilaian kerusakan pantai dan prioritas penanganannya

Sesuai dengan Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum Nomor 08 Tahun 2010, dalam menilai kerusakan pantai, pendekatan yang digunakan ada 3 (tiga) macam yaitu:

1. kerusakan lingkungan pantai,
2. erosi atau abrasi, dan kerusakan bangunan, serta
3. permasalahan yang timbul akibat adanya sedimentasi.

2.6.1 Tolok ukur penilaian kerusakan pantai

Dalam mengkaji kerusakan lingkungan akan ditinjau kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh:

1. Permukiman dan fasilitas umum

Keberadaan permukiman dan fasilitas umum yang berada terlalu dekat dengan garis pantai (berada di daerah sempadan pantai), sehingga permukiman/fasilitas tersebut mudah terjangkau oleh hempasan gelombang. Tolok ukur kerusakan lingkungan pantai akibat letak pemukiman adalah jumlah

rumah yang terkena dampak dan keberadaan bangunan di sempadan pantai sebagai berikut:

- Ringan : 1 rumah sampai dengan 5 rumah berada di sempadan pantai, tidak terjangkau gelombang badai.
- Sedang : 6 rumah sampai dengan 10 rumah berada di sempadan pantai, tidak terjangkau gelombang badai.
- Berat : 1 rumah sampai dengan 5 rumah berada di sempadan pantai dalam jangkauan gelombang badai.
- Amat Berat : 6 rumah sampai dengan 10 rumah berada di sempadan pantai dalam jangkauan gelombang badai.
- Amat Sangat Berat : >10 rumah berada di sempadan pantai dalam jangkauan gelombang badai.

Sedangkan tolok ukur untuk fasilitas umum yang terlalu dekat dengan pantai (berada di daerah sempadan pantai) adalah tingkat kepentingan dan cakupan daerah layanan fasilitas umum yang terkena dampak serta keberadaannya di sempadan pantai. Apabila ditinjau dari ukuran fasilitas umumnya, maka tolok ukur kerusakannya adalah:

- a. Ringan, setara 1 rumah sampai dengan 5 rumah, daerah layanan lokal.
 - b. Sedang, setara 6 rumah sampai dengan 10 rumah, daerah layanan skala sedang.
 - c. Berat, setara >10 rumah daerah layanan luas.
2. Areal pertanian (persawahan, perkebunan dan pertambakan)

Areal pertanian yang berada terlalu dekat dengan garis pantai (berada di daerah sempadan pantai), sehingga areal pertanian tersebut mudah terjangkau oleh hempasan gelombang. Berikut ini adalah tolok ukur penilaian kerusakan pantai untuk areal pertanian :

- Ringan : Areal pertanian berada pada pantai yang tidak mudah tererosi, lokasi 0 m sampai dengan 100 m.
- Sedang : Areal pertanian berada pada pantai yang mudah tererosi, lokasi 0 m sampai dengan 100 m.

- Berat : Areal pertanian mengalami kerusakan ringan akibat hempasan gelombang.
- Amat berat : Areal pertanian mengalami kerusakan sedang akibat hempasan gelombang.
- Amat sangat berat : Areal pertanian mengalami kerusakan berat akibat hempasan gelombang.

3. Kawasan gumuk pasir

Penambangan pasir yang dilakukan pada gumuk pasir dapat berdampak pada hilangnya perlindungan alami pantai. Penambangan pasir akan mengakibatkan hilangnya bukit-bukit pasir yang berada di sepanjang pantai yang berfungsi sebagai tembok/tanggul laut dan sebagai sumber sedimen yang bekerja sebagai pemasok pasir pada saat terjadi badai. Oleh karena itu penambangan pasir dapat menyebabkan lemahnya perlindungan pantai. Tolok ukur kerusakan lingkungan pantai akibat penambangan pasir di kawasan pesisir adalah letak lokasi penambangan pasir terhadap garis pantai dan peralatan yang digunakan untuk menambang.

Berikut ini adalah tolok ukur kerusakan pantai untuk penambangan pasir di kawasan pesisir.

- Ringan : Lokasi penambangan berada pada jarak antara 200 m sampai dengan 500 m dari garis pantai, dilakukan dengan alat berat (mekanik).
- Sedang : Lokasi penambangan pada jarak 100 m sampai dengan 200 m dari garis pantai, dilakukan dengan alat tradisional.
- Berat : Lokasi penambangan pada jarak 100 m sampai dengan 200 m dari garis pantai, dilakukan dengan alat berat (mekanik).
- Amat Berat : Lokasi penambangan pada jarak kurang dari 100 m dari garis pantai, dengan alat tradisional.
- Amat Sangat Berat : Lokasi penambangan pada jarak kurang dari 100 m dari garis pantai, dengan alat berat (mekanik).

4. Perairan pantai

Pencemaran lingkungan perairan pantai yang akan dikaji adalah pencemaran yang disebabkan oleh tumpahan minyak, pembuangan limbah perkotaan dan kandungan material halus di perairan tersebut. Pencemaran lingkungan perairan pantai ini dapat berdampak buruk terhadap kehidupan biota pantai dan masyarakat yang bermukim di sekitar pantai tersebut. Tolok ukur penilaian kerusakan lingkungan pantai akibat pencemaran limbah perkotaan dan minyak adalah dilihat dari tingkat kandungan limbah yang ditunjukkan oleh warna, kandungan sampah dan bau limbah tersebut. Dengan demikian pencemaran perairan yang ditinjau hanya merupakan indikasi awal pencemaran lingkungan yang harus ditindaklanjuti dengan survei berikutnya untuk mendapatkan informasi yang lebih detail.

Berikut ini adalah tolok ukur penilaian kerusakan pantai untuk pencemaran lingkungan perairan pantai:

| | |
|-------------------|--|
| Ringan | : Perairan pantai terlihat keruh, sedikit sampah, dan tidak ada bau. |
| Sedang | : Perairan terlihat keruh, kandungan sampah/minyak sedang, dan tidak berbau. |
| Berat | : Perairan pantai yang terlihat coklat, kandungan sampah/minyak sedang, dan berbau namun belum mengganggu. |
| Amat berat | : Perairan pantai terlihat hitam, kandungan sampah / minyak sedang dan bau cukup mengganggu. |
| Amat sangat berat | : Perairan pantai terlihat hitam pekat, banyak sampah / minyak dan bau menyengat. |

5. Air tanah

Pencemaran air tanah akibat intrusi air laut terhadap sumur-sumur penduduk dan sumber pengambilan air baku di sekitar pantai dapat menimbulkan gangguan terhadap penyediaan air baku dan air bersih di wilayah tersebut. Dan pada tingkat pencemaran yang tinggi dapat membahayakan kehidupan manusia.

Tolok ukur penilaian kerusakan lingkungan pantai akibat intrusi air laut terhadap air tanah adalah besaran kadar garam pada sumur-sumur penduduk dan sumber pengambilan air baku di luar sempadan pantai. Dengan demikian

pencemaran air tanah yang ditinjau hanya merupakan indikasi awal pencemaran lingkungan yang harus ditindaklanjuti dengan survei berikutnya untuk mendapatkan informasi yang lebih detail. Cara menentukan kadar garam yang terkandung di air sumur dilakukan sesuai dengan SNI 06-2412-1991, tentang metode pengambilan contoh uji kualitas air. Berikut ini adalah tolok ukur penilaian kerusakan pantai untuk intrusi air laut:

| | |
|-------------------|--|
| Ringan | : Kadar garam 0,5 g/l sampai dengan 2,5 g/l terdeteksi pada 1 sumur sampai dengan 5 sumur. |
| Sedang | : Kadar garam 0,5 g/l sampai dengan 2,5 g/l terdeteksi pada 6 sumur atau lebih. |
| Berat | : Kadar garam 2,5 g/l sampai dengan 5 g/l terdeteksi pada 1 sumur sampai dengan 5 sumur. |
| Amat Berat | : Kadar garam 2,5 g/l sampai dengan 5 g/l terdeteksi pada 6 sumur atau lebih. |
| Amat Sangat Berat | : Kadar garam > 5 g/l terdeteksi pada 6 sumur atau lebih. |

6. Hutan (tanaman) mangrove

Pengurangan/hilangnya mangrove pada kawasan pantai akibat penebangan dapat mengakibatkan melemahnya perlindungan alami pantai dan kerusakan biota pantai. Tolok ukur penilaian kerusakan lingkungan pantai akibat penebangan tersebut adalah ketebalan dan kerapatan hutan mangrove yang tersisa.

Berikut ini adalah tolok ukur penilaian kerusakan pantai untuk hutan mangrove:

| | |
|------------|--|
| Ringan | : Ketebalan hutan (tanaman) mangrove masih 30 m sampai dengan 50 m kondisi tanaman jarang. |
| Sedang | : Ketebalan hutan (tanaman) mangrove 10 m sampai dengan 30 m, kondisi tanaman rapat |
| Berat | : Ketebalan hutan (tanaman) mangrove 10 m sampai dengan 30 m, kondisi tanaman jarang. |
| Amat Berat | : Ketebalan hutan (tanaman) mangrove < 10 m, kondisi tanaman rapat. |

Amat Sangat Berat : Ketebalan hutan (tanaman) mangrove < 10 m, kondisi tanaman jarang.

7. Terumbu karang

Kerusakan terumbu karang pada perairan pantai akibat perusakan/pengambilan terumbu karang dapat memberikan ancaman berupa melemahnya perlindungan alami pantai dan kerusakan biota pantai. Tolok ukur penilaian kerusakan lingkungan pantai akibat kerusakan terumbu karang adalah luasan terumbu karang yang rusak karena ditambang. Berikut ini adalah tolok ukur penilaian kerusakan pantai untuk terumbu karang:

Ringan : Kerusakan akibat penambangan di bawah 10% luas kawasan.

Sedang : Kerusakan akibat penambangan berkisar antara 10% sampai dengan 20% luas kawasan.

Berat : Kerusakan akibat penambangan berkisar antara 20% sampai dengan 30% luas kawasan.

Amat berat : Kerusakan akibat penambangan berkisar antara 30% sampai dengan 40% luas kawasan.

Amat sangat berat : Kerusakan > 40% luas kawasan.

8. Rob - kawasan pesisir

Rob kawasan pesisir terutama disebabkan karena penurunan tanah dan kenaikan muka air laut. Hal ini mengakibatkan sistem drainasi menjadi tidak berfungsi, terganggunya aktivitas penduduk, dan terganggunya perekonomian kota. Tolok ukur penilaian kerusakan lingkungan pantai akibat rob adalah tinggi genangan dan luas daerah yang tergenang. Berikut ini adalah tolok ukur penilaian kerusakan pantai untuk rob kawasan pesisir:

Ringan : Saluran drainasi lokal penuh saat terjadi rob.

Sedang : Saluran drainasi lokal meluap pada tempat-tempat tertentu pada saat terjadi rob.

Berat : Tinggi genangan di jalan antara 0 cm sampai dengan 20 cm pada skala sedang (paling tidak satu jalur jalan utama tergenang).

Amat berat : Tinggi genangan di jalan antara 0 cm sampai dengan 20 cm pada skala luas (paling tidak dua jalur jalan utama tergenang).

Amat sangat berat : Tinggi genangan > 20 cm pada skala luas.

Untuk mengkaji kerusakan pantai akibat adanya erosi/abrasi atau gerusan dan rusaknya bangunan pantai akan ditinjau dua hal saja, yaitu :

1. Perubahan garis pantai

Terjadinya perubahan terhadap garis pantai dapat disebabkan oleh gangguan terhadap angkutan sedimen menyusur pantai, pasokan sedimen berkurang, adanya gangguan bangunan, dan kondisi tebing yang lemah sehingga tidak tahan terhadap hempasan gelombang. Perubahan terhadap garis pantai ini berdampak pada mundurnya garis pantai dan terancamnya fasilitas yang ada di kawasan pantai. Tolok ukurnya adalah laju mundurnya pantai. Berikut ini adalah tolok ukur penilaian kerusakan pantai untuk perubahan garis pantai:

Ringan : Garis pantai maju mundur, tetapi masih stabil dinamis.

Sedang : Pantai mundur < 1 m/tahun.

Berat : Pantai mundur 1 m/tahun sampai dengan 2 m/tahun.

Amat berat : Pantai mundur 2 m/tahun sampai dengan 3 m/tahun.

Amat sangat berat : Pantai mundur > 3 m/tahun.

2. Kerusakan bangunan

Pada kawasan pantai sering dijumpai infrastruktur buatan manusia yang dibuat dengan tujuan tertentu, misalnya tujuan ekonomi dan transportasi, pertahanan keamanan maupun perlindungan garis pantai. Infrastruktur buatan manusia tersebut dapat berupa bangunan pengaman pantai, jalan, rumah, tempat ibadah dan lainnya.

Bangunan yang dibangun pada material mudah tererosi seperti pasir atau jenis tanah lainnya kemungkinan besar sangat rentan terhadap bahaya kerusakan akibat gerusan. Gerusan yang terjadi pada struktur bangunan pantai diakibatkan oleh gelombang dan arus atau kombinasi keduanya. Pada umumnya gerusan terjadi pada bagian-bagian tertentu yang diakibatkan keberadaan struktur, terjadi konsentrasi gelombang dan arus, yang akan memperbesar tegangan geser dasar di

bagian tersebut. Akibat gerusan adalah penurunan kestabilan dan penurunan bangunan yang lambat laun akan mengakibatkan keruntuhan sebagian atau bahkan seluruh struktur. Gerusan yang terjadi pada fondasi bangunan dan kerusakan bangunan akibat gempuran gelombang menyebabkan bangunan tidak efektif dan membahayakan lingkungan atau masyarakat sekitar.

Tolok ukur penilaian kerusakan pantai akibat gerusan dan kerusakan bangunan dapat dilihat dari kenampakan bangunan itu sendiri seperti keruntuhan bangunan, abrasi bangunan, kemiringan bangunan, dan fungsi bangunan. Berikut ini adalah tolok ukur penilaian kerusakan pantai untuk gerusan dan kerusakan bangunan:

- Ringan : Bangunan masih dapat berfungsi baik di atas 75 %
- Sedang : Bangunan masih berfungsi 50% sampai dengan 75%.
- Berat : Bangunan berfungsi tinggal 25% sampai dengan 50% tetapi tidak membahayakan lingkungan.
- Amat berat : Bangunan berfungsi tinggal 25% sampai dengan 50% dan membahayakan lingkungan.
- Amat sangat berat : Bangunan sudah rusak parah dan membahayakan lingkungan.

Sedangkan dalam mengkaji permasalahan sedimentasi akan ditinjau dua hal, yaitu:

1. Sedimentasi muara sungai tidak untuk pelayaran

Tolok ukur penilaian kerusakan pantai karena sedimentasi dan pendangkalan muara sungai yang tidak digunakan untuk pelayaran didasarkan pada stabilitas muara dan persentase penutupan:

- Ringan : Muara sungai relatif stabil dan alur muara tinggal 50% sampai dengan 75%.
- Sedang : Muara sungai tidak stabil dan alur muara tinggal 50% sampai dengan 75%.
- Berat : Muara sungai tidak stabil dan alur muara tinggal 25% sampai dengan 50%.
- Amat berat : Muara sungai tidak stabil dan kadang kadang tertutup.
- Amat sangat berat : Muara sungai tidak stabil dan setiap tahun tertutup.

2. Sedimentasi muara sungai untuk pelayaran

Tolok ukur kerusakan pantai karena sedimentasi dan pendangkalan muara sungai tidak stabil / berpindah-pindah dan muara sungai untuk pelayaran:

| | |
|-------------------|--|
| Ringan | : Muara sungai stabil alur menyempit dan perahu masih dapat masuk. |
| Sedang | : Muara sungai tidak stabil, alur menyempit tetapi perahu masih dapat masuk. |
| Berat | : Muara sungai tidak stabil, alur menyempit tetapi perahu sulit masuk. |
| Amat berat | : Muara sungai tidak stabil, perahu hanya dapat masuk pada saat pasang. |
| Amat sangat berat | : Perahu tidak dapat masuk karena terjadi penutupan muara. |

2.6.2 Penilaian kerusakan pantai

Penilaian kerusakan pantai dilakukan dengan menilai tingkat kerusakan pada suatu lokasi pantai terpilih terkait dengan masalah erosi/abrasi, kerusakan lingkungan, dan sedimentasi yang ada. Kemudian nilai bobot tersebut dikalikan dengan koefisien pengali berdasar tingkat kepentingan kawasan tersebut. Nilai bobot pada tingkat kerusakan dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Dalam menentukan skala prioritas dilakukan berdasarkan data dari peninjauan lapangan dan analisis sensitivitas maka prioritas penanganan pantai dapat dikelompokkan menjadi:

1. Prioritas A (amat sangat diutamakan - darurat) : bobot > 300
2. Prioritas B (sangat diutamakan) : bobot 226 sampai dengan 300
3. Prioritas C (diutamakan) : bobot 151 sampai dengan 225
4. Prioritas D (kurang diutamakan) : bobot 76 sampai dengan 150
5. Prioritas E (tidak diutamakan) : bobot < 75

Tabel 2.3 Bobot tingkat kerusakan

| No | Tingkat kerusakan | Jenis kerusakan | | |
|----|-------------------------|-----------------|-------------------------------------|-------------|
| | | Lingkungan | Erosi/abrasi dan kerusakan bangunan | Sedimentasi |
| 1 | Ringan (R) | 50 | 50 | 50 |
| 2 | Sedang (S) | 100 | 100 | 100 |
| 3 | Berat (B) | 150 | 150 | 150 |
| 4 | Amat Berat (AB) | 200 | 200 | 200 |
| 5 | Amat Sangat Berat (ASB) | 250 | 250 | 250 |

Sumber : SE Menteri PU nomor 08/SE/M/2010

Tabel 2.4 Koefisien tingkat kepentingan

| No | Jenis pemanfaatan ruang | Skala kepentingan | Koefisien tingkat kepentingan |
|----|--|---|-------------------------------|
| 1 | Konservasi warisan dunia (seperti pura Tanah Lot) | Internasional | 2,00 |
| 2 | Pariwisata yang mendatangkan devisa, tempat ibadah, tempat usaha, industri, | Kepentingan Negara | 1,75 |
| 3 | fasilitas pertahanan dan keamanan, daerah perkotaan, jalan negara, bandar udara, pelabuhan, pulau-pulau terluar | Kepentingan Provinsi | 1,50 |
| 4 | Pariwisata domestik, tempat ibadah, tempat usaha, industri, fasilitas pertahanan dan keamanan, daerah perkotaan, jalan provinsi, bandar udara, Pelabuhan | Kepentingan Kabupaten/Kota | 1,25 |
| 5 | Permukiman, pasar desa, jalan desa, tempat ibadah | Kepentingan lokal terkait dengan penduduk dan kegiatan perekonomian | 1,00 |
| 6 | Lahan pertanian (perkebunan, persawahan dan pertambakan) rakyat | Kepentingan lokal terkait dengan pertanian | 0,75 |
| 7 | Lahan tidak dimanfaatkan dan tidak berdampak ekonomis dan lingkungan | Tidak ada kepentingan tertentu dan tidak berdampak | 0,50 |

Sumber : SE Menteri PU nomor 08/SE/M/2010