

**ANALISIS KERENTANAN PESISIR DI WILAYAH  
MUARA SUNGAI PORONG DAN SEKITARNYA**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN**

**JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

Oleh:

**NOVITA PRISKA INDRIANI**

**NIM. 115080606111001**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2015**

**ANALISIS KERENTANAN PESISIR DI WILAYAH  
MUARA SUNGAI PORONG DAN SEKITARNYA**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN**

**JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana di  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan**

**Universitas Brawijaya**

**Oleh:**

**NOVITA PRISKA INDRIANI**

**NIM. 115080606111001**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2015**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KERENTANAN PESISIR DI WILAYAH  
MUARA SUNGAI PORONG DAN SEKITARNYA, JAWA TIMUR

Oleh:

NOVITA PRISKA INDRIANI  
NIM. 115080606111001

telah dipertahankan di depan penguji  
pada tanggal 01 Juli 2015  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I

Dr. H. Rudianto, MA  
NIP. 19570715 198603 1 024  
Tanggal:

Dosen Penguji II

Dhira K. Saputra, S.Kel, M.Sc  
NIK. 2012018601151001  
Tanggal:

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I

Ir. Aida Sartimbul, M.Sc, Ph.D  
NIP. 19680901 199403 2 001  
Tanggal:

Dosen Pembimbing II

Nurin Hidayati, ST, M.Sc  
NIP. 19781102 200502 2 001  
Tanggal:

Mengetahui,  
Kepala Jurusan PSPK

Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP  
NIP. 19630608 198703 1 003  
Tanggal:

## RINGKASAN

**Novita Priska Indriani.** Skripsi tentang Analisis Kerentanan Pesisir di Wilayah Muara Sungai Porong dan Sekitarnya. (Dibawah bimbingan Aida Sartimbul dan Nurin Hidayati)

Wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya dipengaruhi oleh muara sungai Porong, dimana telah terjadi proses sedimentasi yang cukup besar semenjak dialirkannya lumpur Lapindo melalui sungai Porong ke arah laut dengan tujuan agar tidak membahayakan daerah pemukiman warga. Proses sedimentasi yang terjadi mengakibatkan pendangkalan muara sungai Porong yang dapat menimbulkan masalah baru di wilayah pesisir sekitarnya. Beberapa penelitian mengenai prediksi garis pantai di wilayah sungai Porong dan sekitarnya telah dilakukan, namun belum ada penelitian yang menunjukkan seberapa rentan pantai di wilayah ini terhadap ancaman pantai. Dengan demikian penelitian semacam ini perlu dilakukan untuk memberi gambaran bagi pemerintah dalam upaya melindungi wilayah muara sungai Porong.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui parameter kerentanan pesisir yang paling mempengaruhi dan tingkat kerentanan pantai wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya terhadap ancaman kerusakan pesisir. Informasi tersebut sangat diperlukan dalam rangka antisipasi untuk mengurangi dampak degradasi lingkungan dan digunakan sebagai acuan dalam menentukan wilayah yang rentan dan wilayah yang tidak rentan terhadap faktor faktor fisika alam.

Metode yang digunakan adalah metode pembobotan masing masing parameter untuk menentukan seberapa besar dampak yang dihasilkan dan metode observasi langsung ke lapangan (*ground check*). Pembobotan tingkat kerentanan dari setiap parameter mengacu pada ketentuan yang digunakan oleh USGS. Selanjutnya data diolah menggunakan analisis spasial dengan fitur weighted sum dari hasil pembobotan masing masing parameter dan diintegrasikan ke dalam sistem informasi geografis dengan batas daerah penelitian sebesar 1 kilometer ke arah darat (*Buffer*). Hasil dari penelitian ini adalah tingkat kerentanan pesisir muara Sungai Porong dan sekitarnya memiliki 5 kategori kerentanan, yaitu: "Tidak Rentan" Seluas 326,61 Ha (10,42%); kategori "Kurang Rentan" seluas 700,36 Ha (22,36%); kategori "Sedang" seluas 732,51 Ha (23,38%); kategori "Rentan" seluas 1.268,01 Ha (40,48%) dan kategori "Sangat Rentan" seluas 104,84 Ha (3,34%).

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Laporan Penelitian yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

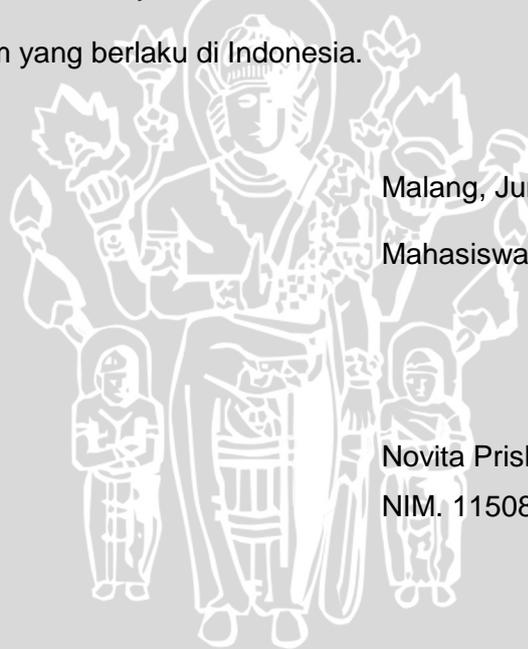
Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Laporan Skripsi ini adalah hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, Juni 2015

Mahasiswa

Novita Priska Indriani

NIM. 115080606111001



## UCAPAN TERIMA KASIH

Bersama dengan terselesaikannya Laporan Skripsi mengenai Studi tentang Analisis Kerentanan Pesisir di Wilayah Muara Sungai Porong dan Sekitarnya, Jawa Timur, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT karena atas berkah dan limpahan rahmat-Nya sehingga penelitian ini dapat terselesaikandengan baik;
2. Ibu Ir. Aida Sartimbul, M.Sc, Ph.D dan Ibu Nurin Hidayati, ST, M. Sc, selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan pengarahan dan pandangan dalam pelaksanaan kegiatan penelitian;
3. Bapak Dr. H. Rudianto dan Bapak Dhira K. Saputra, S. Kel, M. Sc, selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran sehingga Laporan ini menjadi lebih baik;
4. Papa Irawan Hartono (alm), Mama Mulyani Mbuinga dan ketiga saudara saya, Ricky Rianto, Sofia Novrianti dan Marcel Henry Dharmawan yang senantiasa memberikan dukungan moril, materil dan do'a yang tiada henti;
5. Bapak Yudi Siswantoro dan Ibu Diah Kirana Kresnawati yang senantiasa memberikan dukungan dan pandangan ilmu selama kegiatan penelitian;
6. Mas Ayodya Satryo Anggoroajati yang senantiasa menemani, memberikan dukungan dan dorongan semangat selama kegiatan penelitian.

Malang, Juni 2015

Penulis

## KATA PENGANTAR

Mengetahui tingkat kerentanan pesisir di suatu kawasan perairan diperlukan sebagai upaya untuk mengantisipasi wilayah terhadap ancaman kerusakan lingkungan. Muara Sungai Porong dan sekitarnya yang merupakan wilayah yang dilewati aliran Sungai Porong dan mengalami sedimentasi yang cukup tinggi menjadi wilayah yang menarik untuk dikaji.

Laporan Penelitian Skripsi tentang Analisis Kerentanan Pesisir di Wilayah Muara Sungai Porong dan Sekitarnya, Jawa Timur diharapkan dapat membantu untuk mengetahui tingkat kerentanan pesisir terhadap faktor-faktor kerusakan pesisir. Bab I berisi mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah serta maksud dan tujuan dari pelaksanaan kegiatan penelitian. Bab II berisi tinjauan pustaka yang meliputi pengertian dan perhitungan mengenai teori yang digunakan pada penelitian. Bab III berisi metodologi yang meliputi penjelasan teknik pengumpulan data, sumber data dan pengolahan data. Bab IV berisi pembahasan dari hasil pengolahan data serta analisisnya. Bab V berisi kesimpulan penelitian dan saran guna pengembangan di penelitian selanjutnya.

Penulis sangat sadar akan adanya kekurangan dalam penulisan maupun keterbatasan materi. Untuk itu penulis sangat berharap kritik dan saran agar laporan ini dapat bermanfaat dan dapat berkembang di kemudian hari.

Malang, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	i
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Maksud dan Tujuan .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Waktu dan Tempat .....	4
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Kerentanan Pesisir .....	5
2.2 Variabel Geologi .....	6
2.2.1 Perubahan Garis Pantai .....	6
2.2.2 Elevasi .....	7
2.2.3 Geomorfologi .....	7
2.3 Variabel Proses Fisik Laut .....	10
2.3.1 Kenaikan Muka Air Laut .....	10
2.3.2 Pasang Surut .....	10
2.3.3 Gelombang .....	12
2.4 Indeks Kerentanan Pesisir .....	12
<b>3. METODOLOGI</b> .....	15
3.1 Gambaran Umum Lokasi .....	15



3.2	Teknik Pengumpulan Data.....	16
3.2.1	Variabel dan Indikator .....	18
3.3	Alat dan Bahan.....	18
3.3.1	Alat.....	18
3.3.2	Bahan.....	20
3.4	Skema Kerja.....	20
3.5	Pengolahan Data Parameter .....	23
3.5.1	Variabel Geologi.....	25
3.5.1.2	Elevasi.....	26
3.5.2	Variabel Proses Fisik Laut.....	29
3.6	Penentuan Tingkat Kerentanan Pesisir.....	31
<b>4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>32</b>
4.1	Variabel Geologi.....	32
4.1.1	Perubahan Garis Pantai .....	32
4.1.2	Elevasi.....	45
4.1.3	Geomorfologi.....	48
4.2	Variabel Proses Fisik Laut.....	52
4.2.1	Kenaikan Muka Air Laut.....	52
4.2.2	Pasang Surut.....	53
4.2.3	Gelombang.....	55
4.3	Tingkat Kerentanan Pesisir.....	56
<b>5.</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>59</b>
5.1	Kesimpulan.....	59
5.2	Saran.....	59
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>60</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>63</b>

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Segitiga <i>Shepard</i> .....	9
Gambar 2. Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut akibat Pemanasan Global.....	10
Gambar 3. Peta Administrasi Kabupaten Sidoarjo.....	15
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian.....	22
Gambar 5. Titik Pengambilan Sampel Sedimen.....	24
Gambar 6. Contoh Transek Pergeseran Garis Pantai.....	26
Gambar 7. Perubahan Garis Pantai Stasiun A.....	33
Gambar 8. Perubahan Garis Pantai Stasiun B.....	36
Gambar 9. Perubahan Garis Pantai Stasiun C.....	38
Gambar 10. Perubahan Garis Pantai Stasiun D.....	39
Gambar 11. Perubahan Garis Pantai Stasiun E.....	41
Gambar 12. Perubahan Garis Pantai Stasiun F.....	42
Gambar 13. Peta Tingkat Kerentanan Perubahan Garis Pantai.....	44
Gambar 14. Peta Elevasi Wilayah Muara Sungai Porong dan sekitarnya.....	46
Gambar 15. Peta Tingkat Kerentanan Elevasi.....	47
Gambar 16. Persentase Tingkat Kerentanan Elevasi Wilayah Muara Sungai Porong dan sekitarnya.....	48
Gambar 17. Peta Klasifikasi Geomorfologi.....	49
Gambar 18. Peta Tingkat Kerentanan Geomorfologi.....	51
Gambar 19. <i>Trend</i> Kenaikan Muka Air Laut.....	52
Gambar 20. Peta Kerentanan Pesisir berdasarkan 6 Parameter.....	56



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi fraksi sedimen menurut Skala Wentworth.....	9
Tabel 2. Sumber Data Parameter Fisik Kerentanan Pantai.....	17
Tabel 3. Alat yang digunakan .....	18
Tabel 4. Bahan yang digunakan .....	20
Tabel 5. Koordinat Titik Pengambilan Sampel Sedimen.....	24
Tabel 6. Penentuan bobot parameter sesuai tingkat kerentanan .....	25
Tabel 7. Karakteristik Band pada citra Landsat 8.....	28
Tabel 8. Klasifikasi Perubahan Garis Pantai berdasarkan IKP .....	33
Tabel 9. Nilai Perubahan Garis Pantai Stasiun A.....	34
Tabel 10. Hasil Perhitungan Laju Perubahan Garis Pantai Stasiun A .....	35
Tabel 11. Nilai Perubahan Garis Pantai Stasiun B.....	37
Tabel 12. Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai Area B .....	37
Tabel 13. Nilai Perubahan Garis Pantai Stasiun C.....	38
Tabel 14. Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai Stasiun C .....	39
Tabel 15. Nilai Perubahan Garis Pantai Stasiun D.....	40
Tabel 16. Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai Stasiun D.....	40
Tabel 17. Nilai Perubahan Garis Pantai Stasiun F .....	42
Tabel 18. Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai Stasiun F .....	43
Tabel 19. Perhitungan Laju Perubahan Garis Pantai (Akresi) .....	43
Tabel 20. Perhitungan Laju Perubahan Garis Pantai (Erosi).....	44
Tabel 21. Luas Elevasi terhadap tingkat kerentanan.....	47
Tabel 22. Data Jenis Sedimen .....	49
Tabel 23. Klasifikasi Geomorfologi berdasarkan IKP .....	50
Tabel 24. Tingkat kerentanan geomorfologi.....	51
Tabel 25. Klasifikasi Kenaikan Muka Air Laut berdasarkan IKP .....	53
Tabel 26. Klasifikasi Tunggang Pasut Rata-rata berdasarkan IKP .....	53
Tabel 27. Perhitungan Tunggang Pasut ( <i>Tidal Range</i> ) .....	54
Tabel 28. Klasifikasi Tinggi Gelombang Signifikan berdasarkan IKP.....	55
Tabel 29. Luas lahan berdasarkan tingkat kerentanan.....	57

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pantai adalah daerah terdekat di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah yang membentuk suatu garis yang menjadi batas dataran dengan laut yang disebut garis pantai. Pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh dari pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Wilayah pesisir merupakan daerah yang banyak dimanfaatkan untuk kegiatan manusia sebagai kawasan pusat pemerintahan, pemukiman, industri, pelabuhan, pertambakan, pariwisata dan sebagainya. Adanya berbagai kegiatan tersebut dapat menimbulkan peningkatan kebutuhan akan lahan dan prasarana yang selanjutnya akan mengakibatkan timbulnya masalah-masalah baru seperti abrasi pantai, sedimentasi, pendangkalan muara sungai, majunya garis pantai, pencemaran lingkungan, penurunan tanah dan intrusi air asin (Triatmodjo, 1999).

Pada dua dekade terakhir, abrasi dan sedimentasi pantai telah menyebabkan perubahan garis pantai di Indonesia yang mengancam kehidupan masyarakat pesisir. Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah Propinsi Jawa Barat (2004) menyatakan kerusakan pantai telah terjadi di sebagian pantai utara pulau Jawa, seperti terjadi di pantai utara Jawa Barat. Menurut Wahyudi dkk. (2009) kerusakan pantai juga terjadi di kawasan pesisir utara Jawa Timur. Berdasarkan kejadian tersebut, maka perlu dilakukan langkah penanggulangan agar dampak negatif yang ditimbulkan oleh adanya kerusakan pantai dapat diminimalisir sedini mungkin. Kegiatan penanggulangan dapat dilakukan dengan studi pengelolaan resiko bencana akibat kerusakan pantai atau dengan perhitungan kerentanan pantai.

Wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya Sidoarjo dipengaruhi oleh muara sungai Porong, dimana telah terjadi proses sedimentasi yang cukup besar semenjak dialirkannya lumpur Lapindo melalui sungai Porong ke arah laut dengan tujuan agar tidak membahayakan daerah pemukiman warga. Proses sedimentasi yang terjadi mengakibatkan pendangkalan muara sungai Porong yang dapat menimbulkan masalah baru di wilayah pesisir sekitarnya. Beberapa penelitian mengenai prediksi garis pantai di wilayah sungai Porong dan sekitarnya telah dilakukan, namun belum ada penelitian yang menunjukkan seberapa rentan pantai di wilayah ini terhadap ancaman pantai. Dengan demikian penelitian semacam ini perlu dilakukan untuk memberi gambaran bagi pemerintah dalam upaya melindungi wilayah muara sungai Porong.

Penilaian kerentanan wilayah pesisir sangat diperlukan dalam rangka penilaian terhadap dampak serta kemungkinan-kemungkinan respon terkait perubahan fenomena yang berlangsung. Penilaian yang dapat dilakukan berupa sensitivitas kawasan pantai terhadap kenaikan muka laut maupun arti penting kawasan pesisir dari nilai sosial, ekonomi dan ekologi. Berbagai metode penilaian kerentanan pesisir dilakukan dengan pendekatan berbasis indeks. Salah satu metode yang umum digunakan untuk menilai kerentanan fisik terhadap kenaikan muka air laut adalah *Coastal Vulnerability Index* (Ramieri dkk., 2011).

Metode *Coastal Vulnerability Index* (CVI) atau dalam Bahasa Indonesia disebut dengan Indeks Kerentanan Pesisir (IKP) digunakan untuk melihat kerentanan fisik, dimana metode ini menerapkan pendekatan yang sederhana dalam penyediaan dasar numerik perangkingan bagian-bagian dari garis pantai terhadap perubahan fisik sehingga dapat digunakan dalam mengidentifikasi daerah-daerah yang beresiko tinggi (Gornitz, 1991). Penelitian mengenai kerentanan pesisir yang didasarkan pada penilaian terhadap parameter fisik

(IKP) di wilayah pantai kota-kota besar di Indonesia mulai banyak dikaji. Adanya kemungkinan terjadinya kerusakan fisik dilihat dari faktor-faktor kerentanan fisik dan sedimentasi yang terdapat pada wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya dapat menyebabkan degradasi lingkungan, untuk itu penulis melakukan analisis kerentanan pesisir.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Apa parameter kerentanan pesisir yang paling mempengaruhi wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya terhadap ancaman kerusakan pesisir?
2. Bagaimana tingkat kerentanan pesisir di wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya?

## 1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud diadakannya penelitian ini adalah untuk mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh dari perguruan tinggi secara langsung di lapang dan menambah pengetahuan mengenai indeks kerentanan pesisir pada wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya..

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

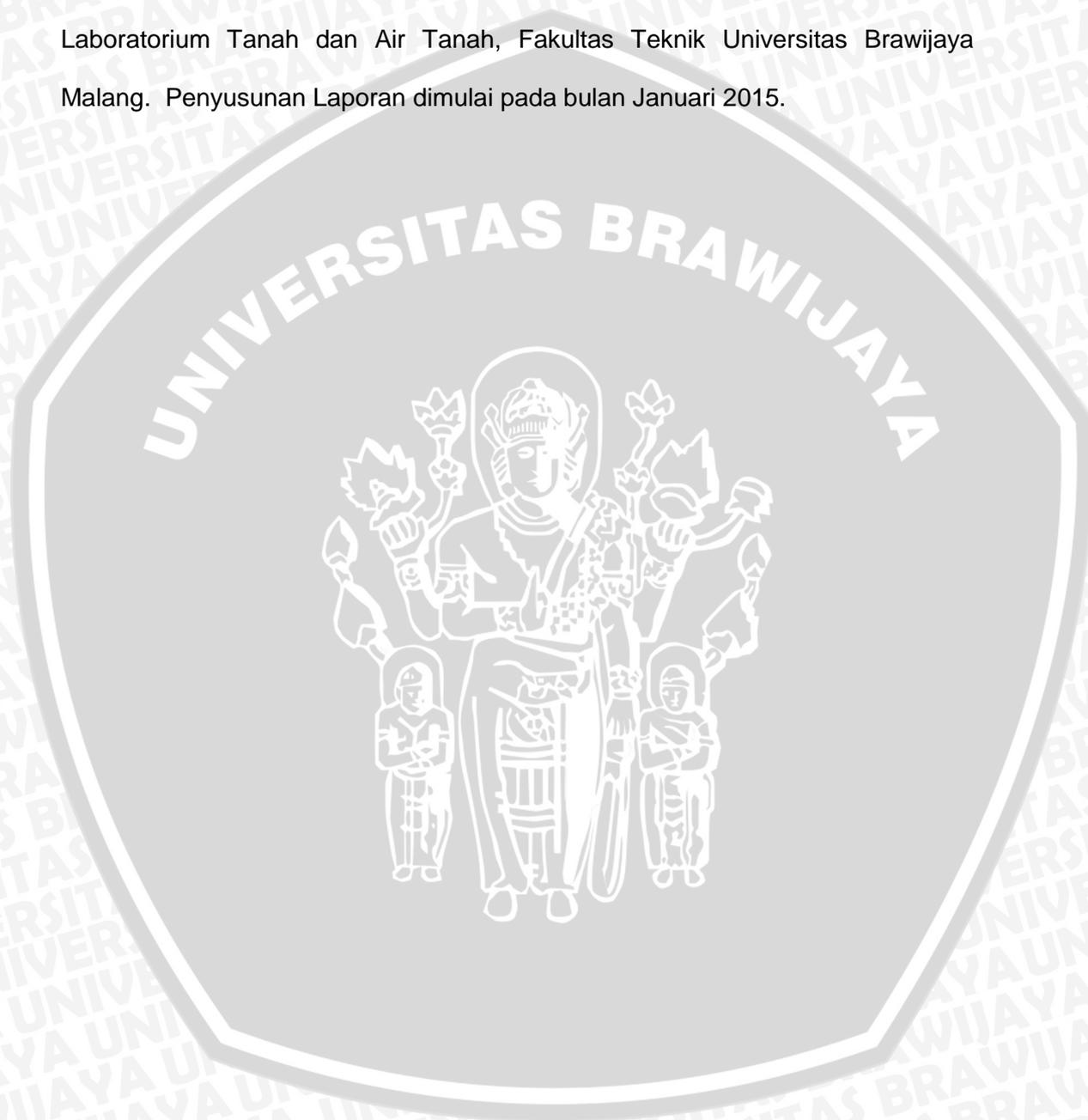
1. Mengetahui parameter kerentanan pesisir yang paling mempengaruhi wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya terhadap ancaman kerusakan pesisir.
2. Mengetahui tingkat kerentanan pantai yang mendominasi di wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya dengan perhitungan nilai indeks kerentanan pantai.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan penelitian meliputi ruang lingkup daerah penelitian dan ruang lingkup materi penelitian. Nilai pasang surut dan kenaikan muka air laut yang digunakan dianggap sama pada masing-masing bagian wilayah penelitian.

### 1.5 Waktu dan Tempat

Pembuatan proposal penelitian mulai dilakukan pada Oktober 2014. Pengambilan data sedimen dan survei lapang pada Desember 2014 di muara Sungai Porong dan sekitarnya. Pengolahan data sedimen dilakukan di Laboratorium Tanah dan Air Tanah, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Penyusunan Laporan dimulai pada bulan Januari 2015.



## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kerentanan Pesisir

Kerentanan pesisir adalah suatu kondisi yang menggambarkan keadaan *susceptibility* dari suatu sistem alami serta keadaan sosial pantai terhadap bencana pantai. Penilaian kerentanan pantai merupakan prerekues yang penting dalam menentukan daerah yang beresiko tinggi, mengapa mereka berada dalam resiko serta bagaimana cara mengurangi tingkat resiko tersebut (Kaiser, 2007).

Kerentanan fisik wilayah pesisir merupakan kondisi yang akan meningkatkan proses kerusakan di wilayah pesisir, seperti abrasi, sedimentasi dan tenggelamnya wilayah pesisir. Gornitz (1991) mengemukakan bahwa variabel yang sangat berpengaruh terhadap perubahan wilayah pesisir terdiri dari dua variabel. Variabel pertama adalah variabel geologi yang mencakup geomorfologi, elevasi/ketinggian permukaan di wilayah pantai dan perubahan garis pantai. Variabel kedua adalah variabel proses fisik laut seperti kenaikan muka laut relatif, rata-rata tunggang pasang surut dan tinggi gelombang signifikan.

Kerentanan atau *vulnerability* telah muncul sebagai suatu konsep sentral dalam memahami akibat bencana alam serta untuk mengembangkan strategi pengelolaan resiko bencana. Definisi secara umum kerentanan adalah tingkatan suatu sistem yang mudah terkena atau tidak mampu menanggulangi bencana. Kerentanan sebagai kondisi suatu komunitas atau masyarakat yang mengarah atau menyebabkan ketidakmampuan dalam menghadapi bencana. Tingkat kerentanan dapat ditinjau dari aspek fisik, sosial kependudukan dan ekonomi. Kerentanan fisik menggambarkan suatu kondisi fisik yang rawan terhadap faktor



bahaya tertentu (Triutomo dkk, 2007). Dahuri (2001) menyatakan bahwa pengelolaan suatu wilayah pesisir jika digunakan untuk mengendalikan erosi (abrasi) pantai, maka batas ke arah darat cukup hanya sampai pada lahan pantai yang diperkirakan terkena abrasi dan batas ke arah laut adalah daerah yang terkena pengaruh distribusi sedimen akibat proses abrasi yang biasanya terdapat pada daerah pemecah gelombang yang paling dekat dengan garis pantai.

## **2.2 Variabel Geologi**

### **2.2.1 Perubahan Garis Pantai**

Garis pantai adalah batas air laut pada waktu pasang tertinggi sampai kedarat. Perubahan garis pantai itu banyak dilakukan oleh aktivitas manusia, seperti pembukaan lahan, eksploitasi bahan galian di daratan pesisir yang dapat merubah keseimbangan garis pantai melalui suplai muatan sedimen yang berlebihan. Dengan curah hujan yang dengan intensitas tinggi juga dapat mempengaruhi perubahan garis pantai. Di sepanjang kawasan pantai terdapat segmen-segmen pantai yang mengalami abrasi, disamping ada bagian-bagian yang mengalami akresi/sedimentasi dan segmen yang stabil (Tarigan, 2007).

Studi mengenai pemantauan garis pantai ditekankan pada proses-proses pantai, yaitu berubahnya garis pantai, baik yang disebabkan oleh faktor alam maupun manusia. Proses-proses pantai yang bekerja umumnya adalah akresi dan abrasi, keduanya disebabkan oleh pengendapan material sedimen dari daratan melalui sungai pada kondisi arus dan gelombang tenang. Abrasi atau pengikisan garis pantai disebabkan oleh arus dan gelombang yang aktif memukul garis pantai (Hermanto, 1986).

Perubahan profil pantai sangat dipengaruhi oleh angkutan sedimen tegak lurus pantai. Pengaruh dari transpor sedimen sepanjang pantai adalah sedimen yang dapat terangkut sampai jauh dan mengakibatkan perubahan garis pantai.

Untuk mengembalikan perubahan garis pantai pada kondisi seperti semula diperlukan waktu yang cukup lama. Bahkan apabila gelombang dari satu arah lebih dominan daripada gelombang dari arah lain, maka sulit untuk mengembalikan garis pantai pada posisi seperti semula. Model perubahan garis pantai didasarkan pada persamaan kontinuitas sedimen. Untuk itu pantai dibagi menjadi sejumlah sel (ruas), dimana setiap sel ditinjau angkutan sedimen yang masuk dan keluar. Hal ini disesuaikan dengan hukum kekekalan massa, yaitu jumlah laju aliran massa netto di dalam sel adalah sama dengan laju perubahan massa di dalam sel tiap satuan waktu (Triatmodjo, 1999).

### 2.2.2 Elevasi

Menurut Sostrodarsono (2005) elevasi adalah perubahan vertikal antara dua titik atau jarak dari bidang referensi yang telah ditetapkan ke suatu titik tertentu sepanjang garis tertentu. Untuk sebuah negara, biasanya muka air laut rata-rata yang dipergunakan sebagai bidang referensinya, maka perluasannya ke daratan disebut geoid. Jarak yang diukur dari permukaan geoid ke titik tertentu disebut elevasi. Semakin tinggi letak kawasan di daerah pesisir maka semakin aman daerah tersebut dari genangan akibat naiknya permukaan laut.

Ketinggian daerah pesisir mengacu kepada rata-rata ketinggian pada daerah tertentu yang berada di atas permukaan laut. Kajian mengenai ketinggian daerah pesisir sangat penting untuk dipelajari secara mendalam untuk mengidentifikasi dan mengestimasi luas daratan yang terancam oleh dampak kenaikan paras laut di masa yang akan datang (Kumar, 2010).

### 2.2.3 Geomorfologi

Geomorfologi pantai meliputi material dasar pembentuk pantai berupa lumpur, pasir atau kerikil dan kemiringan dasar pantai yang bergantung pada bentuk dan ukuran material dasar. Proses geomorfologi merupakan proses alami

yang berlangsung di permukaan bumi sehingga terjadi perubahan bentuk lahan di permukaan bumi yang berbeda satu dengan yang lainnya dan dengan demikian akan mempunyai susunan karakteristik fisik dan visual yang berbeda. Perbedaan tersebut dapat diidentifikasi melalui karakteristik morfologi, litologi dan proses geomorfologi (Sakka, 2010).

### 2.2.3.1 Sedimen

Sedimen secara langsung mempengaruhi proses geomorfologi suatu pesisir. Sedimen adalah pecahan batuan, mineral atau mineral organik yang ditransportasikan dari berbagai sumber. Transpor sedimen adalah gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya. Transpor sedimen pada perubahan garis pantai adalah yang terjadi antara gelombang pecah dan garis pantai. Klasifikasi transpor sedimen pantai dibagi menjadi dua, yaitu transpor menuju dan meninggalkan pantai dan transpor sepanjang pantai. Transpor sedimen sepanjang pantai dapat menyebabkan banyak permasalahan seperti pendangkalan pelabuhan, abrasi pantai dan lain-lain. Oleh sebab itu, prediksi transpor sedimen sepanjang pantai sangat penting (Triatmodjo, 1999).

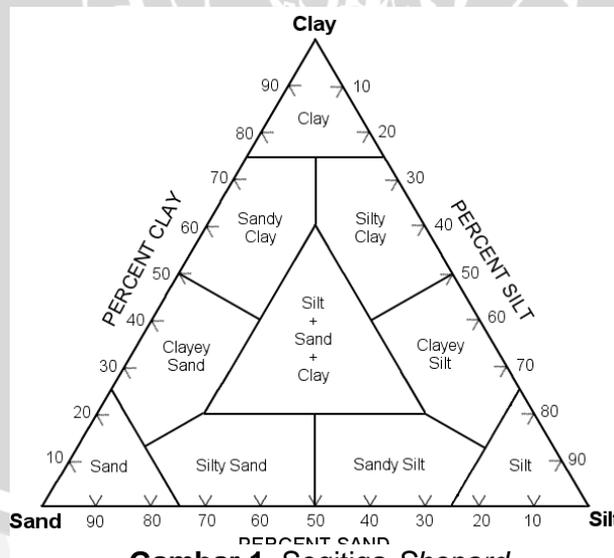
Transpor sedimen dipengaruhi oleh sifat dasar sedimen yaitu ukuran butir, berat jenis dan kecepatan endap. Klasifikasi fraksi sedimen umumnya mengacu pada Wentworth (1922) atau yang biasa disebut dengan Skala Wentworth seperti yang tertera pada Tabel 1.

Fraksi sedimen yang telah diklasifikasikan berdasarkan Skala Wentworth selanjutnya diklasifikasikan kembali menurut jenisnya melalui perhitungan untuk mengetahui persentase sedimen berdasarkan ukuran butirnya dan ditentukan menggunakan segitiga *Shepard* seperti pada Gambar 1 dengan cara menarik garis tegak lurus pada setiap sisinya sesuai dengan nilai persentase yang telah diperoleh pada masing-masing fraksi sedimen (Siswanto, 2011).

**Tabel 1.** Klasifikasi fraksi sedimen menurut Skala Wentworth

Millimeters (mm)		Micrometers ( $\mu\text{m}$ )	Phi ( $\Phi$ )	Wentworth size class	Rock type		
4096			-12,0	Boulder	Conglomerate/ Breccia		
256			-8,0				
64			-6,0				
4			-2,0				
2,00			-1,0				
1,00			0,0	Very coarse sand	Sandstone		
1/2	0,50	500	1,0	Coarse sand			
1/4	0,25	250	2,0	Medium sand			
1/8	0,125	125	3,0	Fine sand			
1/16	0,0625	63	4,0	Very fine sand			
1/32		0,031	31	5,0	Coarse silt	Siltstone	
1/64		0,0156	15,6	6,0	Medium silt		
1/120		0,0078	7,8	7,0	Fine silt		
1/256		0,0039	3,9	8,0	Very fine silt		
		0,00006	0,06	14,0	Clay	Mud	Claystone

Sumber: Siswanto (2011)

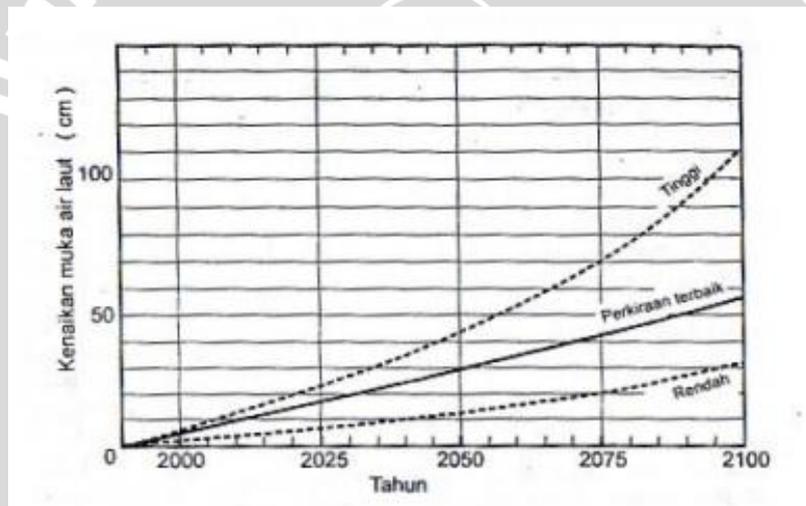


**Gambar 1.** Segitiga Shepard

## 2.3 Variabel Proses Fisik Laut

### 2.3.1 Kenaikan Muka Air Laut

Peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer menyebabkan terjadinya pemanasan global. Hal ini akan mengakibatkan kenaikan suhu bumi sehingga mengakibatkan kenaikan muka air laut. Gambar 2 menunjukkan perkiraan besarnya kenaikan muka air laut dari tahun 1990 sampai dengan tahun 2100 oleh Triatmodjo (1999) yang disertai perkiraan batas atas dan bawah. Gambar tersebut berdasarkan anggapan bahwa suhu bumi meningkat seperti yang terjadi saat ini, tanpa adanya tindakan untuk mengatasi.



**Gambar 2.** Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut akibat Pemanasan Global

### 2.3.2 Pasang Surut

Menurut Mahatmawati (2009), pasang surut adalah fluktuasi (gerakan naik turunnya) muka air laut secara berirama karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama bulan dan matahari terhadap massa air laut di bumi. Bulan dan matahari memberikan gaya gravitasi terhadap bumi yang besarnya tergantung pada besar massa benda yang saling tarik-menarik tersebut.

Mengingat tinggi muka air laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu nilai tinggi yang ditentukan berdasarkan data pasang surut yang

dapat digunakan sebagai pedoman di dalam perencanaan pengelolaan pantai.

Beberapa elevasi tersebut antara lain:

1. Muka air tinggi (high water level), yaitu muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (low water level), yaitu muka air terendah yang dicapai pada saat air surut pada satu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rata-rata (mean high water level, MHWL), yaitu rata-rata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
4. Muka air rendah rata-rata (mean low water level, MLWL), yaitu rata-rata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
5. Muka air laut rata-rata (mean sea Level, MSL), yaitu muka air rata-rata antara muka air tinggi rata-rata dan muka air rendah rata-rata. Nilai ini digunakan sebagai referensi untuk tinggi muka air di daratan.
6. Muka air tinggi tertinggi (highes high water level, HHWL), yaitu muka air tertinggi pada saat pasang surut purnama dan pasang surut perbani.
7. Muka air rendah terendah (lowes low water level, LLWL), yaitu muka air terendah pada saat pasang surut purnama dan pasang surut perbani.

Gaya yang menimbulkan pasut disebut gaya pembangkit pasut yang merupakan resultan gaya sentrifugal dan gaya tarik benda langit (bulan dan matahari). Revolusi bulan mengelilingi bumi menimbulkan gaya sentrifugal yang arahnya menjauhi bulan dan besarnya sama setiap titik di permukaan bumi. Sebaliknya gaya tarik bulan bergantung pada jarak dari titik-titik di permukaan bumi terhadap bulan. Makin dekat jarak tersebut, makin besar gaya tarik bulan. Resultan gaya sentrifugal dan gaya tarik bulan ini menghasilkan gaya pembangkit pasut yang bertanggung jawab terhadap timbulnya pasut di laut. Matahari juga melakukan gaya tarik terhadap air laut meskipun massa matahari jauh lebih besar daripada massa bulan, akan tetapi gaya tariknya lebih kecil

daripada gaya tarik bulan karena jarak matahari-bumi jauh lebih besar daripada jarak bumi-bulan (Azis, 2006).

### 2.3.3 Gelombang

Gelombang laut adalah pergerakan naik dan turunnya air laut dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal. Gelombang laut timbul karena adanya gaya pembangkit yang bekerja pada laut. Gelombang yang terjadi di lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam berdasarkan gaya pembangkitnya, gaya pembangkit tersebut terutama berasal dari angin, dari gaya tarik menarik bumi - bulan - matahari atau yang disebut dengan gelombang pasang surut dan gempa bumi (Kurniawandkk, 2011).

Gelombang yang paling umum dikaji dalam bidang teknik pantai adalah gelombang yang diakibatkan oleh angin dan pasang surut. Gelombang angin akan mentransfer energi melalui partikel air sesuai dengan arah hembusan angin. Gelombang frekuensi tinggi dapat ditimbulkan oleh angin yang berhembus secara kontinyu (Baharuddin dkk, 2009). Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Gelombang merupakan faktor utama di dalam penentuan tata letak (*layout*) pelabuhan, alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai dan sebagainya (Triatmodjo, 1999).

### 2.4 Indeks Kerentanan Pesisir

Nilai dari Indeks Kerentanan Pesisir (IKP) dipengaruhi oleh enam parameter yaitu geomorfologi, kenaikan muka laut relatif, rata-rata selang pasang surut, rata-rata tinggi gelombang, kemiringan pantai dan perubahan garis pantai.

Parameter-parameter tersebut memiliki nilai perubahan yang konstan dan dinamis terhadap waktu (Syahrir, 2013).

Perhitungan nilai skor indeks kerentanan dilakukan berdasarkan orisinalitas konsep perhitungan dalam metode Indeks Kerentanan Pantai yang merupakan akar dari perkalian tiap nilai bobot variabel dibagi jumlah variabel yang ditunjukkan pada persamaan (2.1).

$$IKP = \sqrt{\frac{(axbxcxdxef)}{\epsilon}} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana IKP adalah nilai Indeks Kerentanan Pantai,  $a, b, c, d, e$  dan  $f$  adalah bobot variabel yang berturut-turut: geomorfologi, perubahan garis pantai, kemiringan pantai, rerata tinggi gelombang, rerata kisaran pasang surut dan laju pertumbuhan paras laut (Kasim, 2012).

Penelitian mengenai analisis kerentanan pesisir sebelumnya telah dilakukan oleh beberapa peneliti, yaitu Wahyudi dkk (2009), pada wilayah pesisir pantai utara Jawa Timur dengan melakukan pembobotan pada 10 variabel fisik pantai, yaitu perubahan garis pantai, pengamatan visual kerusakan, panjang kerusakan, lebar kerusakan, lebar sabuk hijau, litologi, tinggi gelombang, jarak pasang surut, penggunaan lahan dan kemiringan pantai. Paharuddin (2011), melakukan penelitian di pantai utara Jakarta dengan kerentanan pantai yang berdasarkan pada fungsi dari keterpaparan, kepekaan dan daya adaptasi. Sulma dkk (2012) juga melakukan penelitian kerentanan pesisir terhadap kenaikan muka air laut di wilayah pesisir Surabaya dan sekitarnya dengan menggabungkan variabel kerentanan fisik (IKP) dan keadaan sosial ekonomi masyarakat dengan menggunakan metode *Multi Criteria Analysis* (MCA).

Indeks kerentanan pesisir (IKP) dapat diturunkan dengan gabungan beberapa kombinasi dari variabel genangan (elevasi) dan variabel erodibility (geomorfologi, tinggi gelombang dan tunggang pasang surut). IKP ditetapkan dengan mengkombinasikan

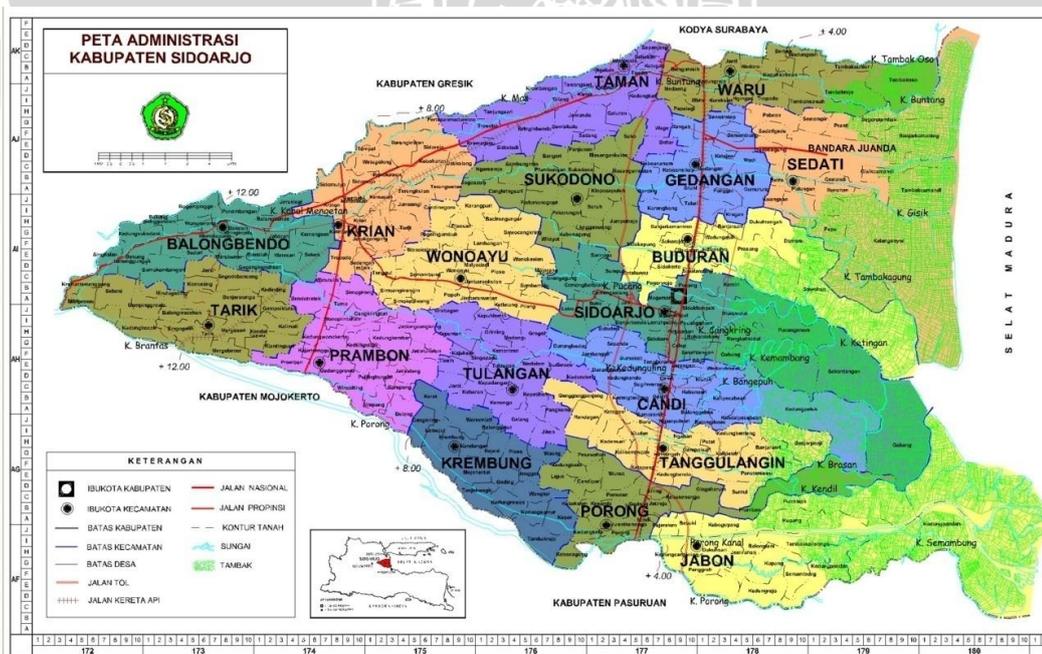
beberapa parameter risiko untuk menghasilkan sebuah indikator. Indeks ini digunakan untuk mengidentifikasi daerah yang memiliki risiko terhadap bahaya erosi, genangan permanen maupun genangan sementara (Gornitz, 1991).



### 3. METODOLOGI

#### 3.1 Gambaran Umum Lokasi

Muara Sungai Porong terletak di Kecamatan Muara Sungai Porong dan sekitarnya, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur dan Kabupaten Pasuruan. Kecamatan Muara Sungai Porong dan sekitarnya merupakan salah satu dari 18 Kecamatan di Kabupaten Sidoarjo yang merupakan wilayah kota seperti yang tertera pada Gambar 3. Jumlah penduduk tetap yang tercatat hingga akhir bulan Desember tahun 2009 adalah 55.156 jiwa dengan jumlah penduduk laki-laki sebesar 27.643 jiwa dan penduduk perempuan sebesar 27.413 jiwa. Wilayah pemerintahan Kecamatan Muara Sungai Porong dan sekitarnya meliputi 15 Desa, 51 Dusun, 88 RW dan 260 RT. Wilayah Kecamatan Muara Sungai Porong dan sekitarnya terdiri dari irigasi teknis dan setengah teknis seluas 12 Ha, tanah irigasi teknis seluas 1.523, 30 Ha, tanah pekarangan/bangunan seluas 28, 20 Ha, tanah tambak 3.906, 50 Ha dan tanah fasilitas umum 2.629, 76 Ha.



**Gambar 3.** Peta Administrasi Kabupaten Sidoarjo

Wilayah pesisir di sekitar muara sungai Porong merupakan lahan tambak produktif yang menjadi sarana mata pencaharian warga. Terdapat beberapa pulau kecil yang teridentifikasi di wilayah pesisir sekitar muara sungai Porong yaitu, Pulau Dem, Pulau Kedung, Pulau Pitu dan Pulau Lumpur. Pulau Dem, Pulau Kedung dan Pulau Pitu terbentuk secara alamiah selama puluhan tahun oleh adanya hasil sedimentasi material dari Sungai Porong yang sudah terjadi sejak zaman Hindia Belanda, berbeda dengan Pulau Lumpur yang sengaja dibuat oleh Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo (BPLS) dalam kurun waktu kurang lebih 5 tahun semenjak meledaknya lumpur Sidoarjo yang dialirkan melalui Sungai Porong menuju ke laut. Pulau lumpur ini sudah mencapai luas sekitar 80 hektar dengan ketinggian sekitar 2-3 meter. Jarak Pulau Lumpur dengan Dermaga Tlocor yang terletak di Kecamatan Muara Sungai Porong dan sekitarnya hanya sekitar 5 kilometer.

Informasi spasial Indeks Kerentanan Pesisir (IKP) di wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya juga diperlukan dalam rangka antisipasi untuk mengurangi dampak dari sedimentasi yang terjadi di wilayah muara sungai Porong. Nilai setiap variabel kerentanan fisik diperoleh dari data satelit penginderaan jauh serta hasil pengecekan langsung di lapang (*ground check*) yang kemudian diintegrasikan dalam Sistem Informasi Geografis (SIG), sehingga diperoleh informasi spasial tingkat kerentanan wilayah pesisir. Informasi ini diharapkan dapat memberikan gambaran dan masukan terhadap upaya adaptasi dan antisipasi untuk mengurangi dampak sedimentasi yang terjadi di wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya.

### 3.2 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini meliputi seluruh kegiatan di wilayah Muara Sungai Porong dan sekitarnya yang berkenaan dengan analisis kerentanan pesisir. Data yang

digunakan merupakan parameter fisik kerentanan pesisir yang terbagi menjadi dua kelompok variabel. Variabel pertama adalah variabel geologi yang mencakup perubahan garis pantai, elevasi dan geomorfologi. Variabel kedua adalah variabel proses fisik laut yang mencakup laju kenaikan muka air laut, rata-rata tunggang pasut dan tinggi gelombang signifikan.

Data yang digunakan terbagi menjadi dua jenis data berdasarkan cara perolehannya yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari observasi langsung dan dokumentasi meliputi data sedimen dan pengamatan wilayah pesisir. Data sekunder meliputi citra satelit Landsat, data *Global Digital Elevation Model* (GDEM), kenaikan muka air laut global, data pasang surut dan data tinggi gelombang relatif, sumber data dari masing-masing parameter fisik kerentanan pantai tersaji pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Sumber Data Parameter Fisik Kerentanan Pantai

No.	Parameter	Data	Sumber Data
1	Geomorfologi	Landsat 8	<a href="http://glovis.usgs.gov">http://glovis.usgs.gov</a>
2	Perubahan Garis Pantai	NOAA	Google Earth
3	Elevasi	ASTER – GDEM	<a href="http://glovis.usgs.gov">http://glovis.usgs.gov</a>
4	Kenaikan Muka Air Laut	<i>Data Time Series</i> (1993-2015)	<a href="http://aviso.oceanobs.com">http://aviso.oceanobs.com</a>
5	Pasang Surut	<i>Data Time Series</i> (2005-2015)	Badan Informasi Geospasial
6	Gelombang	<i>Data Time Series</i> (2013-2014)	BMKG dan ECMWF

### 3.2.1 Variabel dan Indikator

Variabel fisik dan indikatornya dalam penentuan kerentanan pesisir yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perubahan garis pantai (m/tahun), merupakan indikator adanya akresi atau abrasi yang mengindikasikan seberapa cepat suatu bagian dari garis pantai telah mengalami perubahan.
2. Elevasi (m), indikatornya adalah adanya wilayah yang rendah berkaitan dengan kelemahan suatu pesisir oleh bahaya penggenangan dan dengan kecepatan mundur atau majunya garis pantai.
3. Geomorfologi, merupakan indikator bentuk lahan yang mengindikasikan ketahanan suatu bagian pantai terhadap abrasi dan akresi akibat kenaikan muka air laut.
4. Laju kenaikan muka air laut (mm/tahun), bagaimana kenaikan muka air laut global mempengaruhi suatu bagian dari garis pantai. Semakin tinggi laju kenaikan muka air laut maka akan berdampak pada bahaya abrasi atau penggenangan.
5. Rata-rata tunggang pasang surut (m), indikatornya adalah perbedaan tunggang pasang surut yang mengakibatkan penggenangan.
6. Tinggi gelombang signifikan (m), semakin tinggi gelombang akan mempengaruhi kondisi geomorfologi dan garis pantai.
7. Sedimen, indikatornya adalah distribusi jenis sedimen berdasarkan ukuran butir yang mempengaruhi tingkat kerentanan geomorfologi.

### 3.3 Alat dan Bahan

#### 3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini terbagi menjadi 2 (dua), yaitu alat yang digunakan pada saat pengambilan sampel di lapang dan pada saat pengolahan sampel di Laboratorium yang ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Alat yang digunakan

No.	Nama Alat	Fungsi
Pengambilan Sampel		
1	GPS	Menentukan titik koordinat garis pantai
2	Ember	Wadah sampel sementara
3	Masker	Membantu penglihatan di air
4	Plastik	Tempat penyimpanan sampel sedimen
5	Kamera digital	Dokumentasi Lapang
Laboratorium		
1	Oven	Mengeringkan sampel sedimen
2	Mortar dan alu	Menghaluskan sampel sedimen
3	Timbangan digital	Mengukur massa sedimen
4	Ayakan bertingkat	Memisahkan butiran sedimen berdasarkan ukuran
5	<i>Sieve shaker</i>	Mengoperasikan ayakan
6	Kuas	Membersihkan ayakan
7	Labu ukur 100 ml	Wadah perhitungan berat jenis
8	<i>Hot plate</i>	Sumber pemanas
9	Termometer	Mengukur suhu
10	Corong	Membantu memasukkan sampel ke dalam labu ukur
11	Labu erlenmeyer 250 ml	Wadah perendaman sedimen yang akan diuji hydrometer
12	Gelas ukur 1000 ml	Wadah larutan pendispersi
13	Gelas ukur 100 ml	Mengukur larutan pendispersi
14	<i>Magnetic stirrer</i>	Menghomogenkan air dengan bahan pendispersi sedimen
15	<i>Mechanical stirrer</i>	Menghomogenkan sedimen dengan larutan pendispersi
16	Hidrometer ASTM	Mengukur besaran butir sedimen
17	Silinder sedimentasi	Wadah pada pembacaan hydrometer
18	Bak air	Wadah silinder sedimentasi
19	<i>Stopwatch</i>	Mengukur waktu
20	Laptop	Mengolah data

### 3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan terbagi menjadi 3 (tiga), yaitu bahan yang digunakan pada saat pengambilan sampel, laboratorium dan perangkat lunak untuk pengolahan data seperti yang tersaji pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Bahan yang digunakan

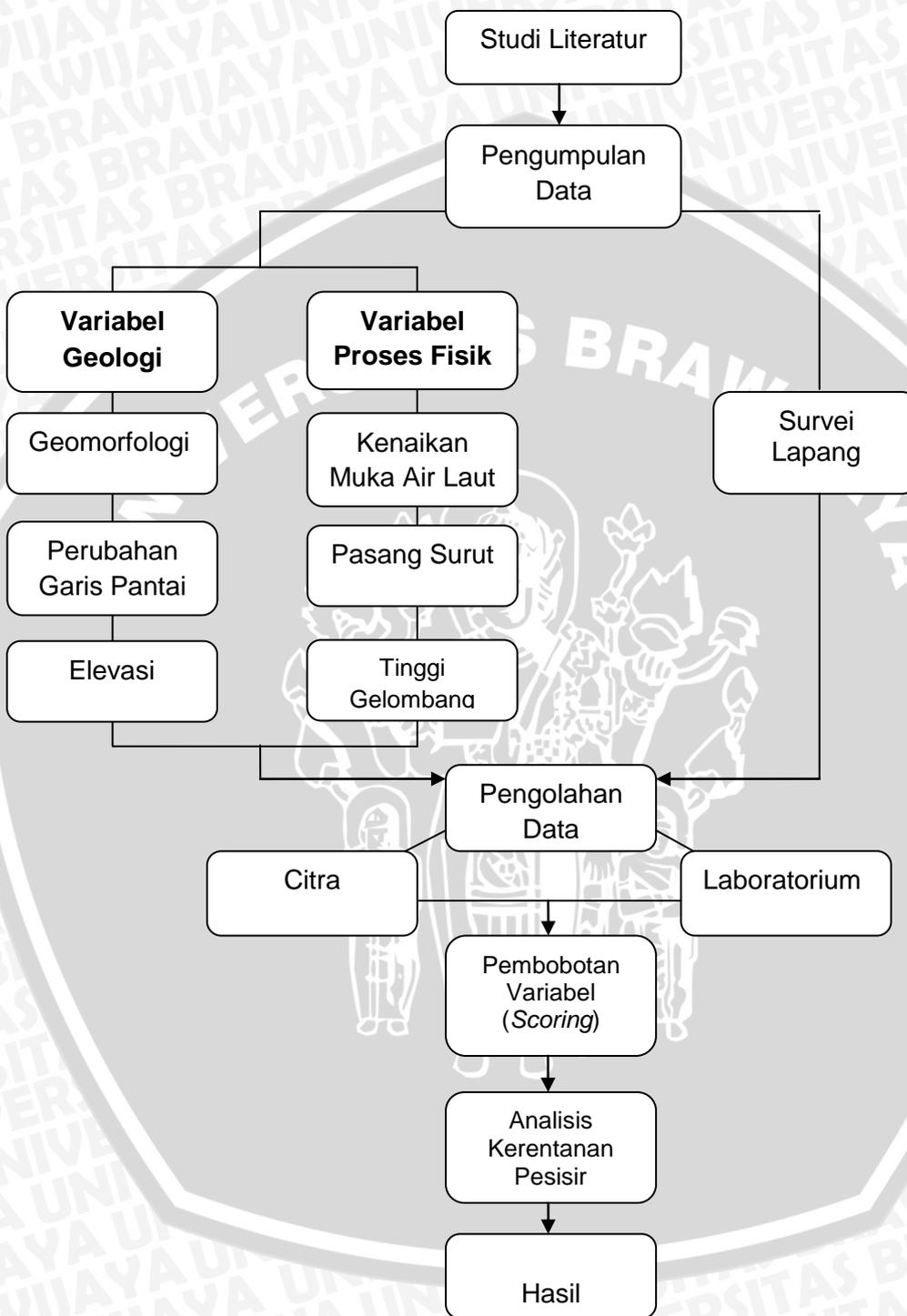
No.	Nama Bahan	Fungsi
Pengambilan sampel		
1	Sedimen	Sebagai objek penelitian
2	Kertas label	Menandai sampel sedimen
Laboratorium		
1	Air	Pelarut sedimen dan bahan pendispersi pada uji Analisis hidrometer
2	Natrium heksametafosfat	Bahan pendispersi sedimen
3	<i>Tissue</i>	Membersihkan alat yang digunakan
Perangkat Lunak		
1	<i>Google Earth</i>	Mengambil citra satelit untuk perubahan garis pantai
2	<i>ArcGIS 10</i>	Mengolah data spasial
3	<i>ERMapper 7.1</i>	Mengolah data geomorfologi
4	<i>Global Mapper 14</i>	Mengolah data elevasi
5	<i>Ocean Data View 4</i>	Mengolah data kenaikan muka air laut
6	<i>Surfer 10</i>	Mengolah data kenaikan muka air laut
7	<i>Microsoft Excel 2007</i>	Mengolah data pasang surut dan gelombang

### 3.4 Skema Kerja

Skema kerja penelitian analisis kerentanan pesisir di wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya tersaji pada Gambar 4. Pelaksanaan penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data dan analisis data. Diawali dengan pengumpulan informasi pendahuluan dengan studi literatur. Teknik pengumpulan data dengan menggunakan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG) yang meliputi enam parameter fisik kerentanan pantai yang terbagi menjadi dua kelompok variabel (variabel geologi dan variabel proses fisik laut) serta survei langsung ke lapangan (*ground checking*) untuk pengambilan sampel sedimen sebagai data pendukung

dan pengambilan gambar keadaan pesisir pada wilayah penelitian. Proses pengolahan data dibedakan menjadi pengolahan data sedimen di laboratorium dan pengolahan data citra satelit. Pada proses pengolahan data citra satelit, masing-masing parameter fisik kerentanan pesisir akan memiliki nilai yang selanjutnya digolongkan dan diberi bobot sesuai dengan tingkat kerentanannya terhadap kerusakan wilayah pesisir. Bobot yang telah diperoleh selanjutnya akan digunakan dalam analisis kerentanan pesisir dan divisualisasikan ke dalam bentuk peta.





Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

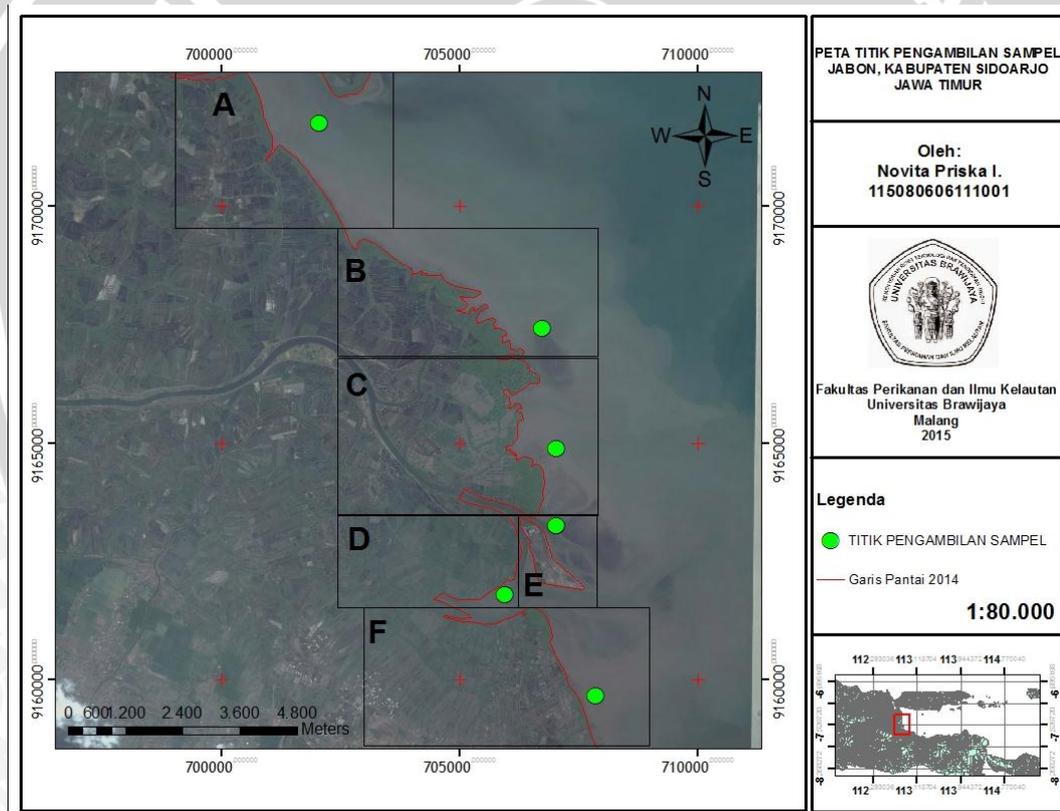
### 3.5 Pengolahan Data Parameter

Proses pengolahan data diawali dengan memberikan batas wilayah kajian pada wilayah peneliti dengan jarak 1 kilometer dari garis pantai dan pembagian stasiun pada wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya. Batas wilayah kajian pada lokasi penelitian bertujuan untuk mempermudah pengolahan data dari setiap parameter dengan membatasi wilayah pesisir yang digunakan sebagai daerah penelitian yang nantinya akan di *overlay* dengan parameter fisik kerentanan pesisir. Pembagian stasiun pada muara Sungai Porong dan sekitarnya dilakukan untuk memudahkan perhitungan parameter perubahan garis pantai. Pembagian stasiun terbagi menjadi 6 wilayah yang diwakili dengan nama A, B, C, D, E dan F yang memiliki karakteristik hidro-oseanografi yang berbeda-beda.

Pembagian stasiun pada muara Sungai Porong dan sekitarnya tidak hanya digunakan dalam proses pengolahan data pada Sistem Informasi Geografis (SIG), tetapi juga digunakan sebagai acuan pada penentuan titik pengambilan sampel sedimen di lapangan. Terdapat 6 titik pengambilan sampel yang mewakili masing-masing stasiun penelitian, dimana penentuan titik pengambilan sampel sedimen berdasarkan karakteristik dari masing-masing wilayah yang diasumsikan dapat mempengaruhi distribusi sedimen berdasarkan ukuran butirnya seperti yang tersaji pada Tabel 5 dan Gambar 5.

**Tabel 5.** Koordinat Titik Pengambilan Sampel Sedimen

Stasiun	Koordinat	Karakteristik Wilayah
A	S 07.52814° E 112.86566°	Daerah Penangkapan
B	S 07. 544828° E 112. 871939°	Muara kecil, dapat dilalui kapal nelayan
C	S 07. 558458° E 112. 877945°	Jalur kapal nelayan
D	S 07. 57584° E 112.86864°	Daerah yang terlindung Sarina
E	S 07. 56489° E 112. 87415°	Muara Sungai Porong
F	S 07. 59141° E 112. 87679°	Tambak mangrove



**Gambar 5.** Titik Pengambilan Sampel Sedimen

Proses pengolahan data parameter dilanjutkan dengan menggolongkan masing-masing parameter kerentanan pesisir sesuai dengan tingkat kerentanannya terhadap kerusakan wilayah pesisir yang diwakili dengan

pemberian bobot atau *score*. Pembobotan mengacu pada tabel penentuan tingkat kerentanan oleh USGS (1999) seperti yang tersaji pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Penentuan bobot parameter sesuai tingkat kerentanan

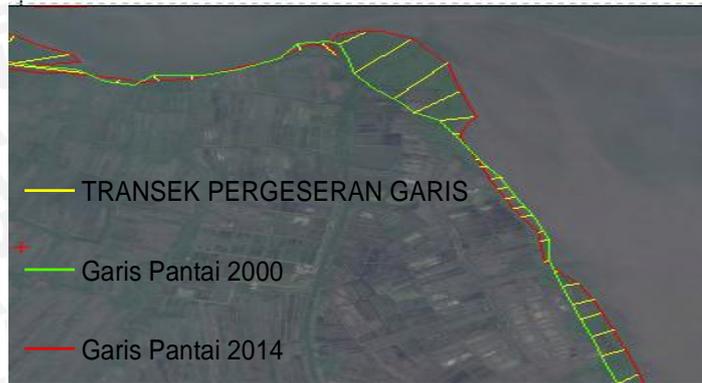
Variabel	Tidak Rentan (1)	Kurang Rentan (2)	Sedang (3)	Rentan (4)	Sangat Rentan (5)
Geomorfologi	Tebing tinggi	Tebing sedang, pantai berlekuk	Tebing rendah, dataran aluvial	Bangunan pantai, pantai, estuari, laguna	Penghalang pantai, pantai berpasir, berlumpur, mangrove, delta
Perubahan garis pantai (m/th)	> 2,0 Akresi	1,0 - 2,0 Akresi	+1 - (-1) Stabil	-1 - (-2) Erosi	< -2,0 Erosi
Elevasi (m)	>30	20,1 - 30,0	10,1 - 20,0	5,1 - 10,1	0,0 - 5,0
Kenaikan Muka Laut relatif (mm/th)	<1,8	1,8-2,5	2,5 - 2,95	2,95 - 3,16	> 3,16
Tanggung Pasut Rata-rata (m)	< 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 4,0	4,0 - 6,0	> 6,0
Tinggi Gelombang (m)	< 0,55	0,55 - 0,85	0,85 - 1,05	1,05 - 1,25	> 1,25

Sumber: USGS (1999)

### 3.5.1 Variabel Geologi

#### 3.5.1.1 Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai dilakukan dengan mendigitasi garis pantai pada citra dengan kurun waktu tertentu. Pada penelitian ini perbandingan waktu pada lokasi penelitian yang digunakan adalah citra tahun 2000 dan 2014. Perhitungan laju perubahan garis pantai dilakukan dengan metode *End Point Rate* (EPR), dimana metode ini menggunakan garis yang menghubungkan garis pantai pada waktu yang berbeda yang merupakan jarak perpindahan terjadinya perubahan garis pantai dalam satuan meter per tahun (m/tahun).



**Gambar 6.** Contoh Transek Pergeseran Garis Pantai

Perhitungan laju perubahan garis pantai dilakukan terpisah pada setiap area wilayah Muara Sungai Porong dan sekitarnya. Perubahan garis pantai terbagi menjadi dua, yaitu perubahan positif dan negatif. Perubahan garis pantai dikatakan positif apabila terjadi sedimentasi dan dikatakan negatif apabila terjadi abrasi. Perhitungan laju perubahan garis pantai dilakukan melalui persamaan (3.1).

$$Vc = \frac{L}{N} Y^{-1} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana:

Vc = rerata laju perubahan garis pantai (maju/mundur) pada unit ke-n (m/tahun)

L = panjang seluruh transek pada unit analisis ke-n (meter)

N = jumlah transek pada unit analisis ke-n

Y = rentang waktu (tahun)

**3.5.1.2 Elevasi**

Digital Elevation Model (DEM) merupakan salah satu model untuk menggambarkan bentuk topografi permukaan bumi sehingga dapat divisualisasikan dalam bentuk 3 dimensi. Data elevasi yang digunakan adalah data *Global Digital Elevation Model (GDEM)* pada citra satelit ASTER. Data GDEM diolah dengan *Global Mapper 14* untuk menentukan daerah yang akan



dikaji yang selanjutnya diolah dan diklasifikasikan menjadi 5 kelas kerentanan sesuai dengan ketinggian dari wilayah pesisir Muara Sungai Porong dan sekitarnya dengan menggunakan ArcGIS 10. Nilai kelas yang telah didapatkan, selanjutnya disesuaikan dengan nilai pada indeks kerentanan pesisir.

Klasifikasi ketinggian wilayah sesuai dengan kriteria metode CVI berjumlah 5 kelas kerentanan, dimana ketinggian 0-5 meter masuk dalam kategori "Sangat Rentan" dan ketinggian daerah lebih dari 30 meter diatas permukaan laut masuk dalam kategori "Tidak Rentan". Pemberian *ranking* atau *score* kerentanan terdiri dari nilai 1 (sangat rendah) hingga nilai 5 (sangat tinggi) (Sulma dkk, 2012).

### 3.5.1.3 Geomorfologi

Data geomorfologi atau bentuk lahan diperoleh dari citra Landsat 8 sesuai dengan karakteristik yang tersaji pada Tabel 7. Citra Landsat 8 diolah dengan cara analisis visual dan mengklasifikasikan bentuk lahan dengan bantuan perangkat lunak *ERMapper 7.1* dan *ArcGIS 10* melalui proses klasifikasi *supervised* dan klasifikasi *unsupervised*. Klasifikasi kelas sesuai dengan bentuk lahan pada lokasi penelitian akan dikelompokkan dengan tujuan mempermudah pembobotan nilai parameter geomorfologi. Kelompok-kelompok jenis bentuk lahan adalah sebagai berikut:

1. Dataran aluvial: tambak, sawah irigasi, sawah tadah hujan, ladang.
2. Rawa payau: semak belukar, rawa dan hutan mangrove
3. Bangunan pantai: gedung dan pemukiman
4. Estuari, laguna dan delta: air payau dan garis pantai

Klasifikasi geomorfologi sesuai dengan kriteria metode CVI meliputi pantai berbukit, dataran aluvial, pantai berpasir, pantai berlumpur, estuari, laguna dan delta. Pemberian *ranking* atau *score* kerentanan terdiri dari nilai 1 (sangat rendah) hingga nilai 5 (sangat tinggi) (Sulma dkk, 2012).

**Tabel 7.** Karakteristik Band pada citra Landsat 8

Kanal No	Kanal	Kisaran Spektral (nm)	Penggunaan Data	Resolusi spasial
1	Biru	433-453	Mendeteksi aerosol garis pantai	30 m
2	Biru	450-515	untuk penetrasi tubuh air, pemetaan pantai, diskriminasi vegetasi & tanah, identifikasi pemukiman	(Kanal-kanal Pada landsat 1 sampai landsat 7)
3	Hijau	525-600	Diskriminasi vegetasi, mengukur reflektansi vegetasi	
4	Merah	630-680	Mengenali penyerapan klorofil dan identifikasi spesies tumbuhan	
5	NIR	845-885	Menentukan tipe vegetasi, vigor & biomassa, deliniasi tubuh air & kelembapan tanah	
6	SWIR 2	1560-1660	Kandungan air pada vegetasi & tanah. Pembedaan salju dan awan	
7	SWIR 3	2100-2300	Diskriminasi mineral dan batuan	
8	PAN	500-680	Mempertajam gambar	15 m
9	SWIR	1360-1390	Deteksi awan cirrus	30 m
10	TIRS		Kanal infra merah	30 m
11	TIRS		Kanal infra merah	30 m

Sumber: USGS (2013)

Data sedimen yang diperoleh di wilayah penelitian digunakan sebagai data pendukung untuk memperkuat hasil dari nilai kerentanan pantai pada parameter geomorfologi. Data sedimen diolah untuk mengetahui distribusi ukuran butir sedimen pada masing-masing stasiun seperti yang terdapat pada Tabel 5.

Pengukuran ukuran butir sedimen dilakukan menggunakan metode *Sieve Analysis* dan analisis Hidrometer untuk sedimen lanau dan lempung yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) sesuai dengan SNI 03-1975-1990. Sampel sedimen yang terpantau dengan hidrometer yang mengukur kecepatan mengendap butiran dan dihubungkan dengan rumus pada Hukum Stoke untuk mendapatkan distribusi butiran sedimen. Butir sedimen dianggap berbentuk bulat, dengan rumus Hukum Stoke pada persamaan (3.2).

$$V = \gamma_s - \gamma_w \cdot d^2 \dots \dots \dots (3.2)$$

Dimana:

$V$  : Kecepatan mengendap butir-butir tanah (cm/detik);

$\gamma_s$  : berat volume butir-butir tanah (gram/cm<sup>3</sup>);

$\gamma_w$ : berat volume air (gram/cm<sup>3</sup>);

$\eta$  : kekentalan air (gram-detik/cm<sup>2</sup>);

$d$  : diameter butir tanah (mm).

Data diameter ukuran butir sedimen dimasukkan kedalam penggolongan fraksi sedimen sesuai dengan skala Wentworth (Tabel 1). Penentuan jenis sedimen menggunakan presentasefraksi sedimen pada masing-masing titik pengambilan sampel dengan menggunakan segitiga *Shepard*(Gambar 2).

### 3.5.2 Variabel Proses Fisik Laut

#### 3.5.2.1 Kenaikan Muka Air Laut

Data *trend* kenaikan muka air laut diperoleh dari AVISO yang merupakan data pengamatan satelit altimetri *multi mission* yaitu satelit *Topex/Poseidon*, *Jason-1* dan *Jason-2* selama kurun waktu 21 tahun (1993-2014). Data kenaikan muka air laut ini memiliki format NetCDF (.nc) dalam bentuk grid dengan resolusi spasial 0,25°x 0,25°. Untuk pengolahan data, dilakukan *cropping* data dan konversi menggunakan perangkat lunak *Ocean Data View 4* (ODV) menjadi file *text* (.txt) yang berisi nilai XYZ yang merupakan posisi dan nilai kenaikan muka air laut rata-rata (mm/tahun). Data dalam bentuk grid ini kemudian ditampilkan dalam peta kontur dengan menggunakan perangkat lunak *Surfer 10* untuk mengetahui sebaran kenaikan muka air laut di lokasi penelitian.

#### 3.5.2.2 Tunggang Pasang Surut Rata-rata

Data pasang surut diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) selama kurun waktu 10 tahun (2005-2015). Pengolahan data pasang surut

dilakukan dengan metode *least square*. *Least square* merupakan metode dalam regresi linier yang mencari nilai *error* terkecil dimana persamaan dasar yang didapatkan adalah  $\hat{y}=a+bx$ , dimana  $\hat{y}$  adalah elevasi muka air laut,  $a$  adalah konstanta,  $b$  adalah kemiringan grafik dan  $x$  adalah jumlah bulan (Wicaksana, 2013). Perhitungan nilai tunggang pasang surut rata-rata dihitung dari rata-rata selisih pasang tertinggi dan surut terendah di lokasi penelitian pada kurun waktu 10 tahun seperti pada persamaan (3.3).

$$TR = HWL - LWL \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana:

$TR$  = *Tidal Range* (tunggang pasang surut)

$HWL$  = *Highest Water Level* (air pasang tertinggi)

$LWL$  = *Lowest Water Level* (air surut terendah).

### 3.5.2.3 Tinggi Gelombang Signifikan

Data tinggi gelombang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Stasiun Meteorologi Maritim Perak II, Surabaya, Jawa Timur selama tahun 2013 dan 2014 pada koordinat  $07,56489^{\circ}$  LS dan  $112,87415^{\circ}$  BT. Perhitungan tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dilakukan dengan menghitung rata-rata dari 1/3 keseluruhan data gelombang yang terjadi, dimana sebelumnya data gelombang tersebut telah disortir sehingga tersusun dari data tinggi gelombang yang paling tinggi hingga data tinggi gelombang yang paling rendah seperti pada persamaan (3.4) dan persamaan (3.5).

$$H_{\frac{1}{3}} = \frac{1}{3} \times \text{jumlah data } (H_{\frac{1}{100}}) \dots \dots \dots (3.4)$$

$$H_s = \text{Rata - rata } H_{\frac{1}{100}} \text{ yang diperoleh dari } H_{\frac{1}{3}} \dots \dots \dots (3.5)$$

Dimana:

$H_s$  : Tinggi signifikan gelombang sebagai tinggi gelombang datang.

$H_{\frac{1}{100}}$  : Nilai tinggi gelombang yang terjadi pada pengukuran data BMKG

$H_{\frac{1}{3}}$  :  $\frac{1}{3}$  data dari keseluruhan data tinggi gelombang yang diperoleh

Data tinggi gelombang signifikan yang diperoleh dari BMKG dilengkapi dengan data tinggi gelombang signifikan yang diperoleh dari *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)*.

### 3.6 Penentuan Tingkat Kerentanan Pesisir

Hasil akhir dari pengolahan data kerentanan pesisir disajikan dalam bentuk peta kerentanan pesisir wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya yang diperoleh dari penggabungan hasil pengolahan parameter kerentanan pesisir yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu perubahan garis pantai, elevasi, geomorfologi, kenaikan muka air laut, tunggang pasut rata-rata dan tinggi gelombang signifikan. Hasil dari pengolahan parameter kerentanan pesisir yang diperoleh diklasifikasikan menurut tingkat kerentanan yang terjadi (Tabel 6) dan diberi bobot sesuai dengan kriteria. Bobot pada masing-masing parameter diklasifikasikan ulang (*reclassify*) pada *ArcGIS 10* dan digabungkan dengan menggunakan metode *Weighted Sum*.



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Variabel Geologi

#### 4.1.1 Perubahan Garis Pantai

Pengolahan perubahan garis pantai yang dilakukan pada citra satelit tahun perekaman 2000 dan 2014 menunjukkan telah terjadi akresi dan erosi di wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya. Perubahan garis pantai dibagi menjadi 6 stasiun yang diwakili dengan nama A (Gambar 7), B (Gambar 8), C (Gambar 9), D (Gambar 10), E (Gambar 11) dan F (Gambar 12) untuk mempermudah analisis visual dalam melihat hasil tumpang susun (*overlay*) garis pantai tahun 2000 dan tahun 2014 serta perpindahan garis pantai oleh kedua garis pantai pada tahun tersebut.

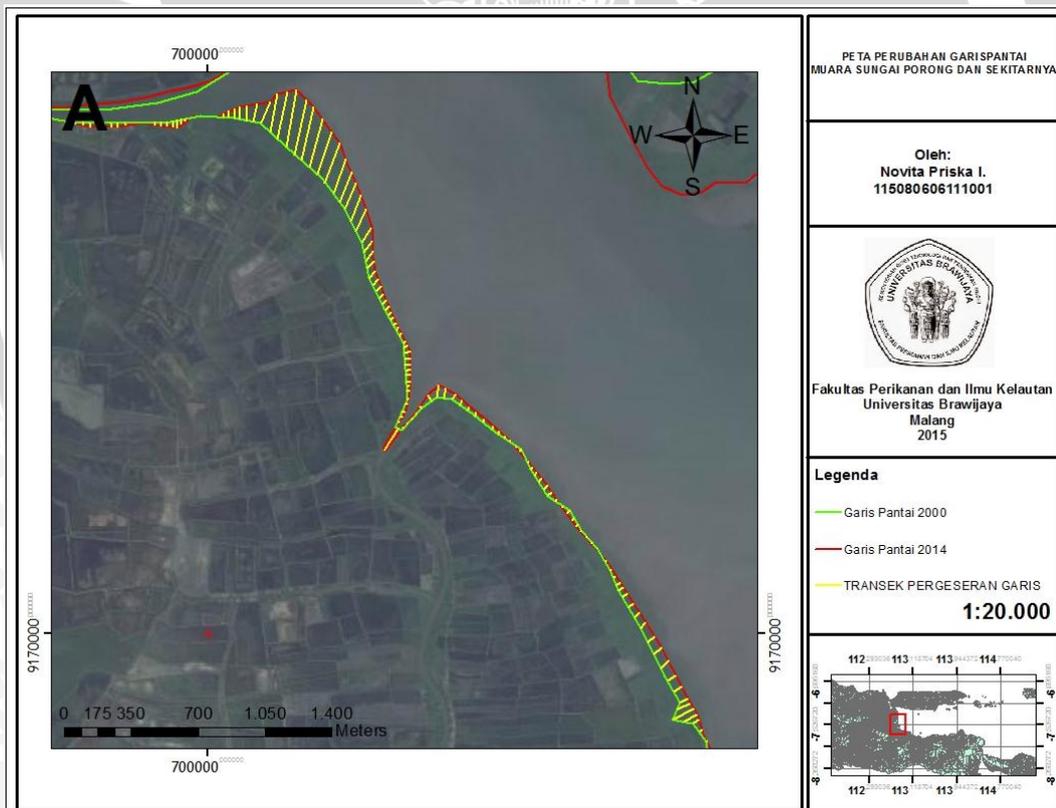
Hasil tumpang susun (*overlay*) garis pantai tahun 2000 dan 2014 pada masing-masing area digunakan untuk perhitungan laju perubahan garis pantai (m/tahun) dengan menggunakan metode End Point Rate (EPR) melalui transek pergeseran garis yang menghubungkan garis pantai kedua tahun tersebut seperti persamaan 3.1. Perpindahan pantai maju (akresi) ditandai dengan nilai positif, sedangkan perpindahan garis mundur (erosi) ditandai dengan nilai negatif. Dalam analisis kerentanan, seberapa besar suatu bagian dari garis pantai yang mengalami akresi atau abrasi dapat mempengaruhi tingkat kerentanan terhadap muka air laut. Wilayah yang mengalami abrasi paling cepat akan menambah tingkat kerentanan terhadap kenaikan muka air laut. Nilai dari maju atau mundurnya garis pantai pertahun dimasukkan kedalam tabel klasifikasi perubahan garis pantai berdasarkan ketentuan IKP (Tabel 8).

**Tabel 8.** Klasifikasi Perubahan Garis Pantai berdasarkan IKP

Variabel	Tidak Rentan (1)	Kurang Rentan (2)	Sedang (3)	Rentan (4)	Sangat Rentan (5)
Perubahan garis pantai (m/th)	> 2,0 Akresi	1,0 - 2,0 Akresi	+1 - (-1) Stabil	-1 - (-2) Abrasi	< -2,0 Abrasi

**4.1.1.1 Stasiun A**

Stasiun A (Gambar 7) merupakan wilayah awal penelitian, dimana area ini merupakan batas wilayah kecamatan Muara Sungai Porong dan sekitarnya yang berbatasan dengan Kecamatan Tanggulangin.



**Gambar 7.** Perubahan Garis Pantai Stasiun A

**Tabel 9.** Nilai Perubahan Garis Pantai Stasiun A

PERUBAHAN GARIS PANTAI (A)				
AKRESI (m)				EROSI (m)
19	37	6	33	-9
32	32	8	33	-16
48	30	15	34	-22
65	28	37	35	-21
79	25	67	40	-19
98	22	52	48	-18
126	19	34	55	-17
207	19	27	56	-11
254	18	20	52	-12
304	14	19	48	-19
294	24	21	46	-22
288	36	21	79	-32
264	32	17	124	-39
234	30	14	77	-24
222	28	9	34	-12
191	26	6	18	-5
169	24	18	4	-13
150	19	20	22	-5
145	16	25	34	-6
127	9	28	39	-23
92	13	30	27	-18
73	20	12	17	-14
66	13	3	16	-10
52	8	8	43	-8
44	5	15	80	-6
40	5	26	48	-5

Perubahan garis pantai di stasiun A sejak tahun 2000 hingga 2014 mengalami akresi (sedimentasi) dan erosi (abrasi) (Tabel 9). Apabila dilihat dari banyaknya nilai positif pada Tabel 10 dibandingkan dengan nilai negatif menunjukkan bahwa sebagian besar area penelitian A mengalami akresi. Hal ini dapat diperkuat dengan perhitungan laju perubahan garis pantai yang mengacu pada persamaan (3.1).

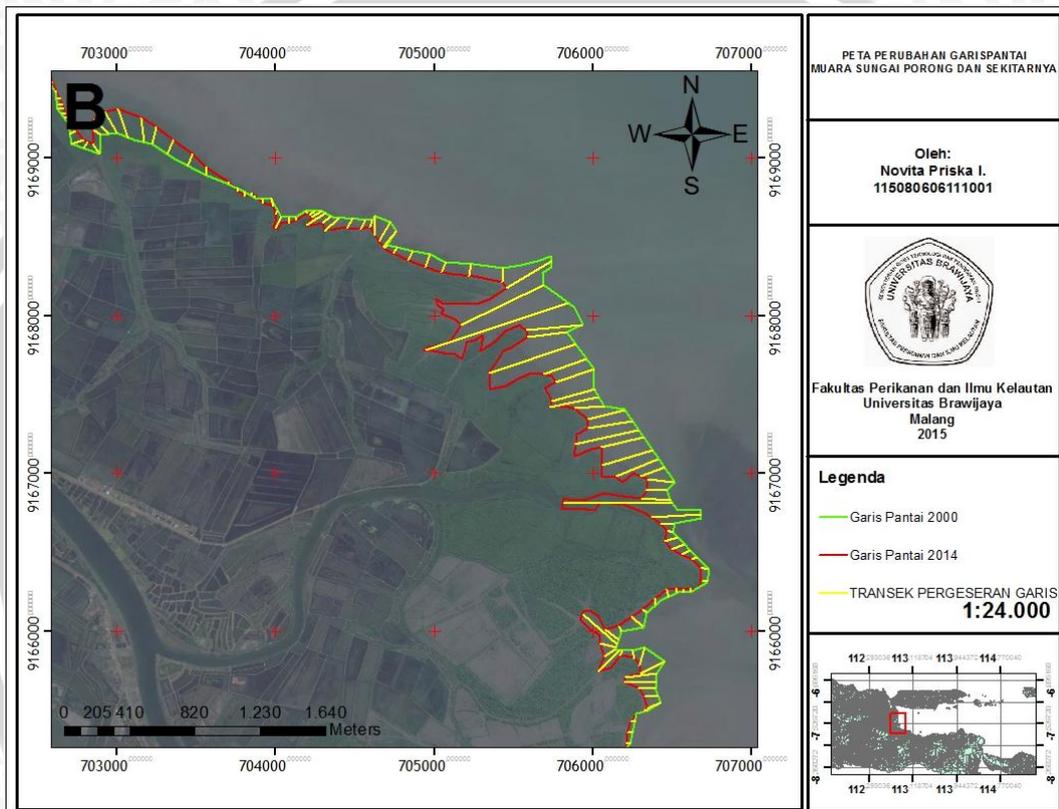
**Tabel 10.** Hasil Perhitungan Laju Perubahan Garis Pantai Stasiun A

AKRESI				
L	N	L/N	Y	Vc
3683	104	35.4	14	2.5
EROSI				
L	N	L/N	Y	Vc
-406	26	-15.6	14	-1.1

Nilai Vc pada Tabel 10 merupakan nilai rata-rata laju perubahan garis pantai (maju/mundur) selama 14 tahun (2000-2014) dengan satuan meter/tahun. Hasil menunjukkan bahwa Area A mengalami akresi sebesar 2,5 meter/tahun dan erosi sebesar -1,1 meter/tahun. Dilihat dari wilayah yang terjadi akresi lebih luas dibandingkan dengan wilayah yang mengalami erosi, maka area A dengan nilai erosi sebesar 2,5 meter/tahun memiliki bobot 1 dengan kategori “Tidak Rentan”, mengacu pada klasifikasi perubahan garis pantai pada Tabel 8.

#### 4.1.1.2 Stasiun B

Secara visual, perubahan garis pantai di Stasiun B (Gambar 8) sejak tahun 2000 hingga 2014 mengalami erosi yang cukup besar. Hal ini didukung dari banyaknya nilai negatif pada Tabel 11 menunjukkan bahwa hampir seluruh area penelitian B mengalami erosi.



**Gambar 8.** Perubahan Garis Pantai Stasiun B

**Tabel 11.** Nilai Perubahan Garis Pantai Stasiun B

PERUBAHAN GARIS PANTAI (B)							
AKRESI (m)	EROSI (m)						
72	-16	-121	-86	-281	-87	-38	-86
59	-26	-68	-334	-405	-87	-105	-89
134	-26	-65	-576	-272	-58	-290	
156	-50	-45	-947	-332	-35	-105	
191	-25	-125	-355	-283	-49	-82	
156	-77	-141	-251	-159	-33	-189	
111	-36	-128	-575	-170	-16	-38	
94	-20	-24	-285	-131	-14	-52	
80	-17	-49	-257	-184	-27	-119	
51	-42	-63	-279	-684	-52	-173	
14	-75	-85	-313	-312	-35	-200	
12	-144	-64	-186	-82	-32	-200	
6	-67	-79	-234	-34	-97	-109	

**Tabel 12.** Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai Area B

AKRESI				
L	N	L/N	Y	Vc
1136	13	87.3	14	6.2
EROSI				
L	N	L/N	Y	Vc
-621	80	-7.7	14	-0.5

Nilai Vc pada Tabel 12 menunjukkan bahwa Stasiun B mengalami akresi sebesar 6,2 meter/tahun dan erosi sebesar -0,5 meter/tahun. Nilai akresi yang besar bukan disebabkan oleh majunya garis pantai, melainkan dari nilai N (jumlah transek pergeseran garis) yang sedikit sehingga menghasilkan nilai akresi yang cukup besar. Untuk itu, pembobotan tingkat kerentanan pesisir di Stasiun B menggunakan nilai erosi karena sebagian besar garis pantai di Stasiun B mengalami erosi (kemunduran). Nilai erosi sebesar -0,5 masuk kedalam kategori “Sedang” dengan bobot 3.

#### 4.1.1.3 Stasiun C



**Gambar 9.** Perubahan Garis Pantai Stasiun C

Secara visual, perubahan garis pantai di Stasiun C (Gambar 9) mengalami kemajuan pada garis pantai sejak tahun 2000-2014.

**Tabel 13.** Nilai Perubahan Garis Pantai Stasiun C

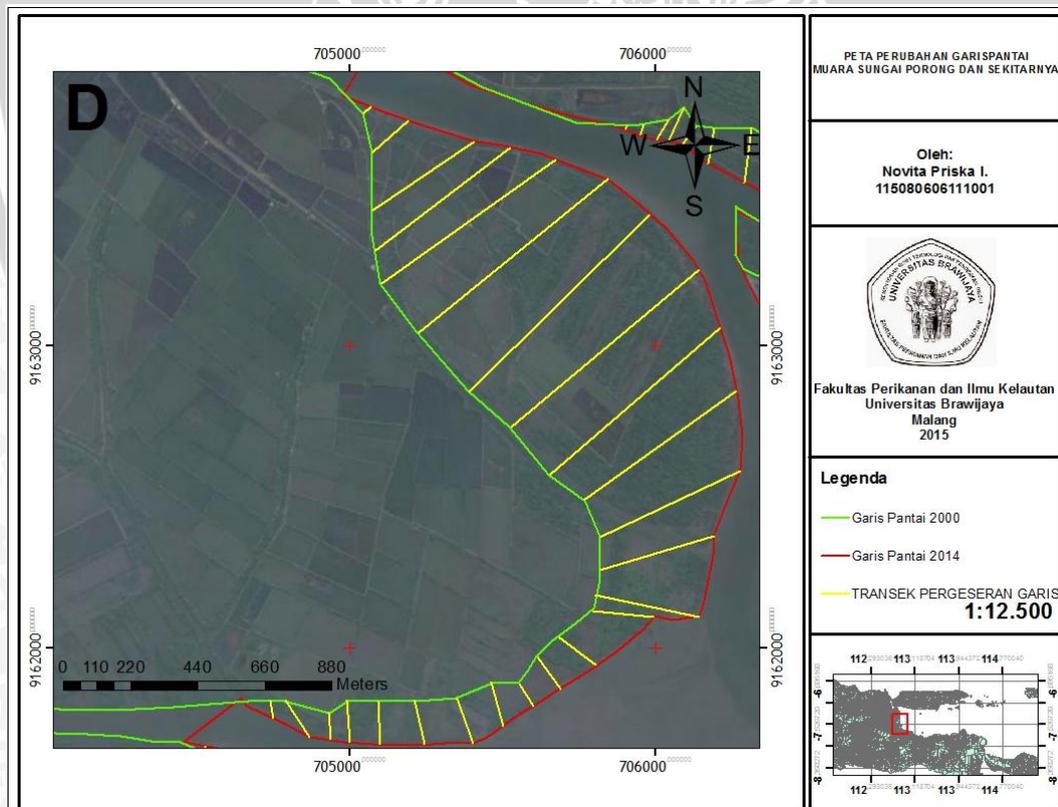
PERUBAHAN GARIS PANTAI (C)			
	AKRESI (m)		EROSI (m)
25	342	117	-24
116	338	71	-29
93	349	120	-34
41	333	74	-26
50	394	37	-19
12	357	15	-35
133	260		-78
323	226		-44
338	214		-9
180	265		-106
195	190		-13
260	181		-51

**Tabel 14.** Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai Stasiun C

AKRESI				
L	N	L/N	Y	Vc
1766	30	58.8	14	4.2
EROSI				
L	N	L/N	Y	Vc
-468	12	-39	14	-2.7

Nilai Vc pada Tabel 14 menunjukkan bahwa Area C mengalami akresi sebesar 4,2 meter/tahun dan erosi sebesar -2,7 meter/tahun. Dilihat dari wilayah yang mengalami akresi lebih luas dibandingkan dengan wilayah erosi, maka area C dengan nilai akresi sebesar 4,2 meter/tahun memiliki bobot 1 dengan kategori “Tidak Rentan”.

**4.1.1.4 Stasiun D**



**Gambar 10.** Perubahan Garis Pantai Stasiun D

Secara visual, perubahan garis pantai di area D (Gambar 10) tidak terlihat adanya erosi atau kemunduran garis pantai sejak tahun 2000 hingga tahun 2014. Hal ini dibuktikan dengan nilai perubahan garis pantai Stasiun D yang terdapat pada Tabel 15.

**Tabel 15.** Nilai Perubahan Garis Pantai Stasiun D

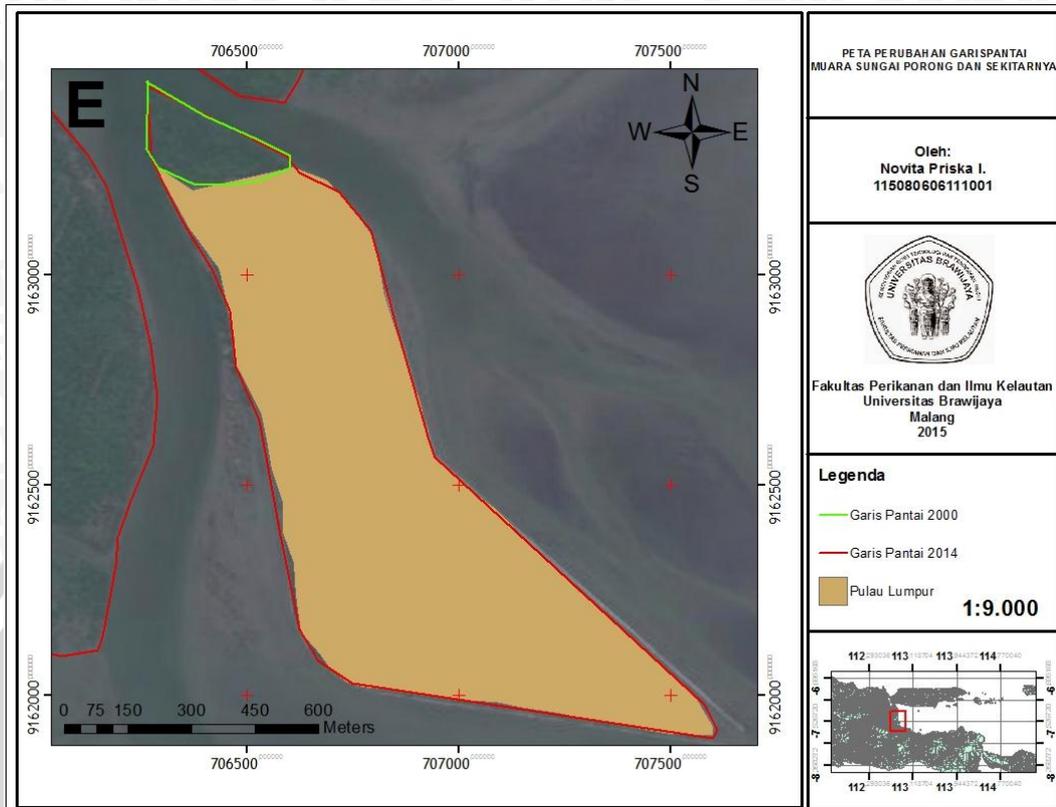
PERUBAHAN GARIS PANTAI (D)	
AKRESI (m)	
36	199
158	154
407	130
561	86
704	149
804	160
836	151
806	141
741	139
616	88
511	145
394	58
350	

**Tabel 16.** Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai Stasiun D

AKRESI				
L	N	L/N	Y	Vc
6924	25	276.9	14	19.7

Nilai Vc pada Tabel 16 menunjukkan bahwa Area D mengalami akresi sebesar 19,7 meter/tahun dan tidak mengalami erosi, oleh sebab itu area D memperoleh bobot 1 dengan kategori “Tidak Rentan”, mengacu pada klasifikasi perubahan garis pantai pada Tabel 8.

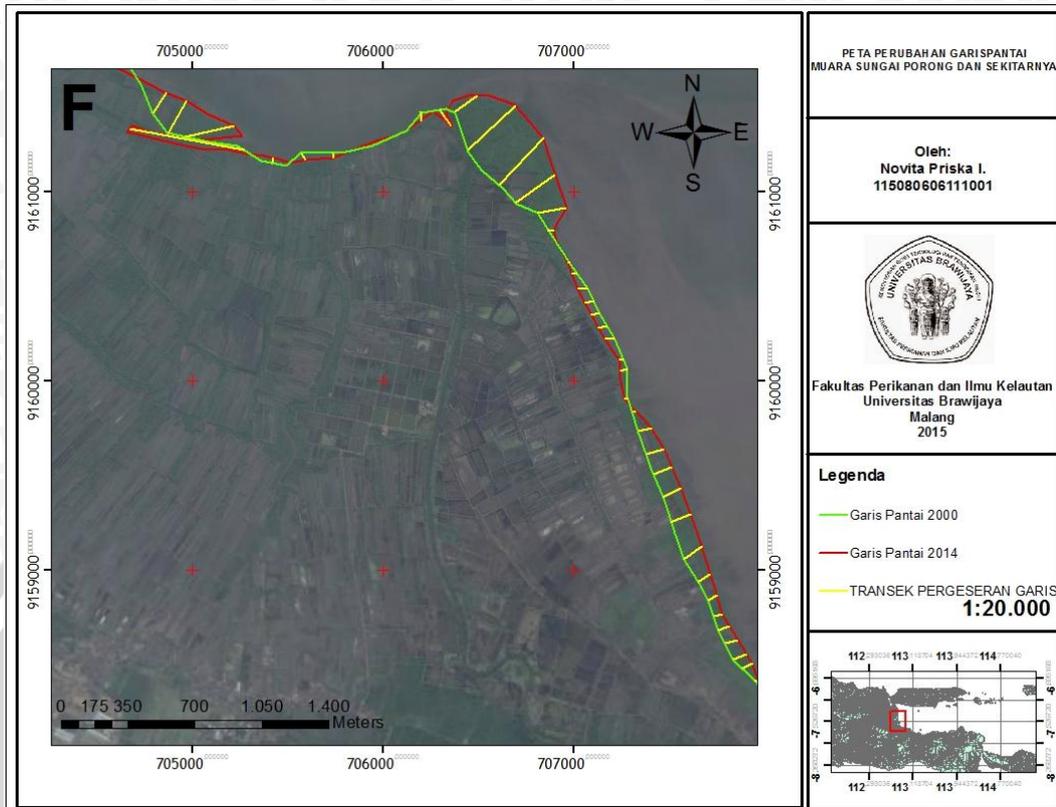
#### 4.1.1.5 Stasiun E



**Gambar 11.** Perubahan Garis Pantai Stasiun E

Secara visual, perubahan garis pantai di Stasiun E (Gambar 11) menunjukkan penambahan wilayah yang cukup besar. Letak Stasiun E yang tepat berada di muara sungai Porong memungkinkan terjadinya sedimentasi yang cukup tinggi melihat adanya kemungkinan terperangkapnya sedimen jenis lumpur (lanau dan lempung) di wilayah tersebut. Stasiun E merupakan bangunan artifisial atau pualu buatan yang disebut dengan Pulau Lumpur. Pulau Lumpur sengaja dibuat oleh Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo (BPLS) dalam kurun waktu kurang lebih 5 tahun semenjak meledaknya lumpur Sidoarjo yang dialirkan melalui Sungai Porong menuju ke laut (BPLS, 2012). Akresi yang terjadi cukup signifikan adalah pada wilayah muara sungai Porong, dimana pada daerah ini terjadi akresi yang cukup besar yaitu sebesar sekitar 1.260 km<sup>2</sup> sejak antara tahun 2002 dan 2011 (Wibowo, 2012).

#### 4.1.1.6 Stasiun F



**Gambar 12.** Perubahan Garis Pantai Stasiun F

Secara visual, perubahan garis pantai di Stasiun F (Gambar 12) sebagian besar mengalami akresi dilihat perubahan pada garis pantai sejak tahun 2000-2014.

**Tabel 17.** Nilai Perubahan Garis Pantai Stasiun F

PERUBAHAN GARIS PANTAI (F)				
AKRESI (m)			EROSI (m)	
24	31	53	-37	-23
125	11	46	-29	-41
192	16	62	-46	-21
260	70	69	-104	-19
29	97	74	-29	-46
143	102	56	-51	-31
340	104	16	-47	-10
340	111	10	-42	-103
254	116		-47	-80
150	75		-49	

**Tabel 18.** Hasil Perhitungan Perubahan Garis Pantai Stasiun F

AKRESI				
L	N	L/N	Y	Vc
1857	28	66.3	14	4.7
EROSI				
L	N	L/N	Y	Vc
-481	20	-24.05	14	-1.7

Nilai Vc pada Tabel 18 menunjukkan bahwa Area F mengalami akresi sebesar 4,7 meter/tahun dan mengalami erosi sebesar -1,7 meter/tahun. Dilihat dari wilayah yang mengalami akresi lebih luas dibandingkan dengan wilayah erosi, maka area F dengan nilai akresi sebesar 4,7 meter/tahun memiliki bobot 1 dengan kategori “Tidak Rentan”.

#### 4.1.1.7 Perubahan Garis Pantai Muara Sungai Porong dan sekitarnya

Hasil dari perhitungan laju perubahan garis pantai pada setiap stasiun dirata-rata untuk mendapatkan nilai laju perubahan garis pantai pertahun di seluruh wilayah penelitian yang tersaji pada Tabel 19 dan Tabel 20.

**Tabel 19.** Perhitungan Laju Perubahan Garis Pantai (Akresi)

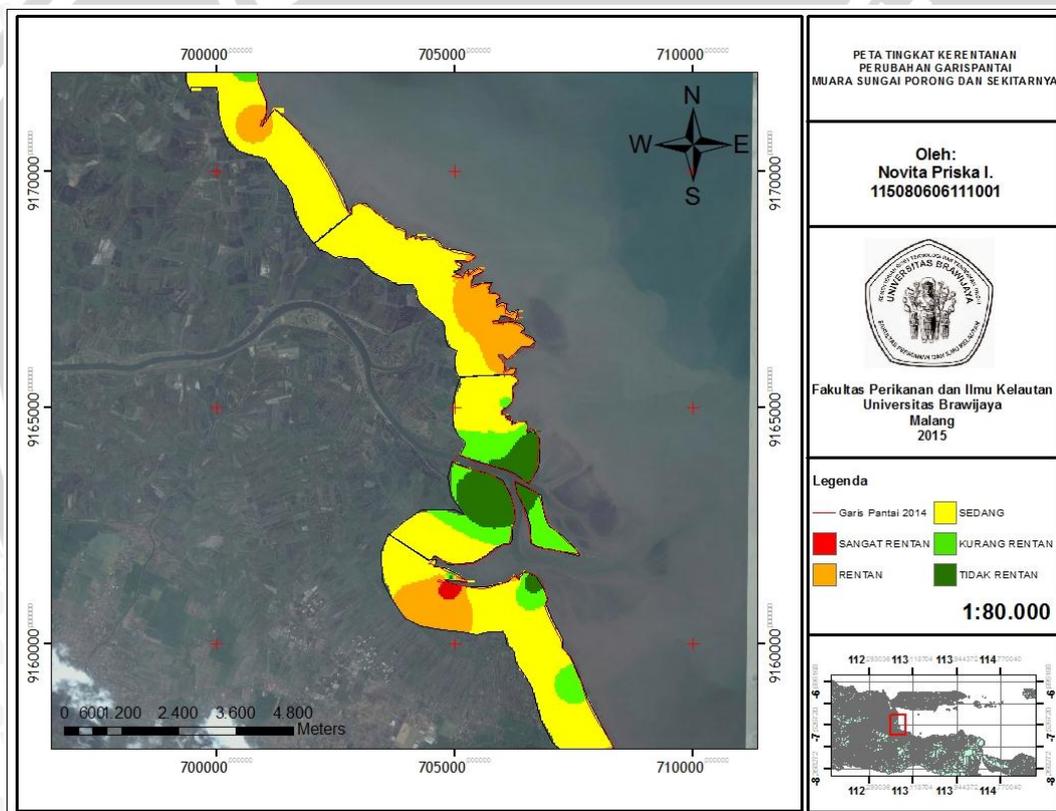
Komponen	Akresi/Unit (Area) (m)				
	A	B	C	D	F
L	3683	1136	1766	6924	1857
N	104	13	30	25	28
L/N	35,4	87,3	58,8	276,9	66,3
Y	14	14	14	14	14
(L/N) * Y <sup>-1</sup>	2,5	6,2	4,2	19,7	4,7
Vc	7,46				

Rerata laju perubahan garis pantai maju (akresi) pada muara Sungai Porong dan sekitarnya di wilayah A, B, C, D dan F sebesar 7,46 m/tahun.

**Tabel 20.** Perhitungan Laju Perubahan Garis Pantai (Erosi)

Komponen	Abrasi/Unit (Area) (m)			
	A	B	C	F
L	-406	-621	-468	-481
N	26	80	12	20
L/N	-15,6	-7,7	-39	-24,05
Y	14	14	14	14
$(L/N) * Y^{-1}$	-1,1	-0,5	-2,7	-1,7
Vc	-1,5			

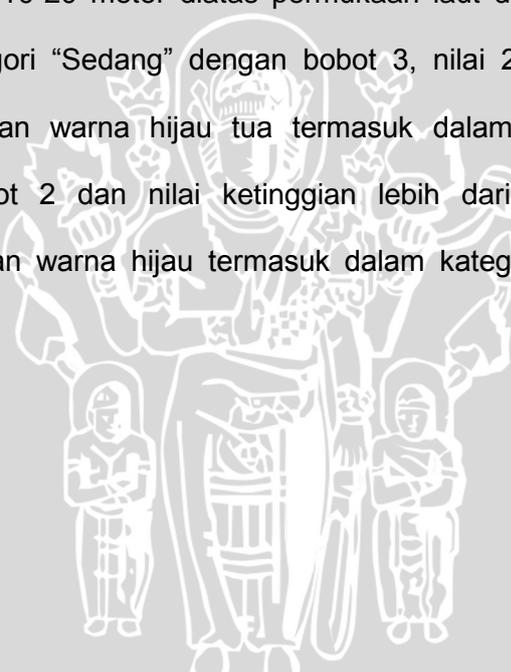
Hasil perhitungan dan penggolongan tingkat kerentanan parameter perubahan garis pantai dapat dilihat pada Gambar 13.

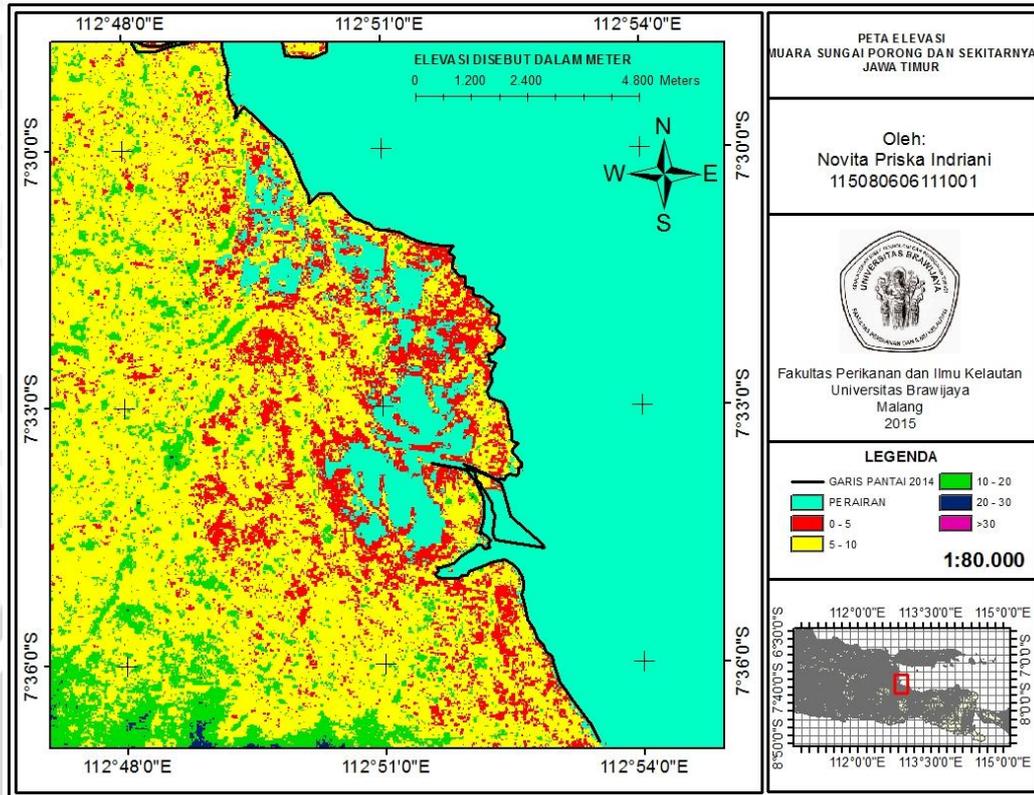


**Gambar 13.** Peta Tingkat Kerentanan Perubahan Garis Pantai

#### 4.1.2 Elevasi

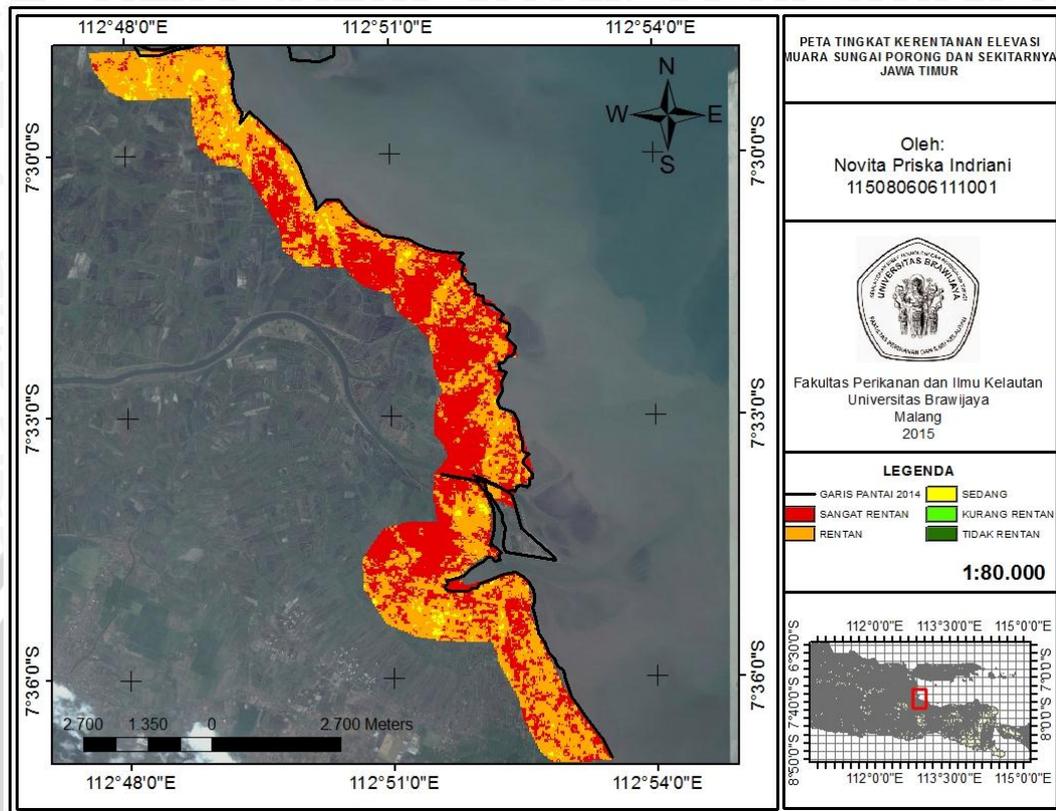
Data elevasi diunduh pada Aster GDEM direpresentasikan ke dalam sebuah peta untuk mengetahui ketinggian wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya dan sekitarnya. Peta yang tersaji pada Gambar 14 menunjukkan ketinggian wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya di atas permukaan laut. Nilai 0 meter dengan warna biru merepresentasikan wilayah perairan, nilai 0-5 meter di atas permukaan laut dengan warna merah masuk dalam kategori “Sangat Rentan” dengan bobot 5 mengacu pada Tabel 25. Nilai 5-10 meter di atas permukaan laut dengan warna kuning termasuk dalam kategori “Rentan” dengan bobot 4, nilai 10-20 meter di atas permukaan laut dengan warna hijau termasuk dalam kategori “Sedang” dengan bobot 3, nilai 20-30 meter di atas permukaan laut dengan warna hijau tua termasuk dalam kategori “Kurang Rentan” dengan bobot 2 dan nilai ketinggian lebih dari 30 meter di atas permukaan laut dengan warna hijau termasuk dalam kategori “Tidak Rentan” dengan bobot 5.





**Gambar 14.** Peta Elevasi Wilayah Muara Sungai Porong dan sekitarnya

Data elevasi wilayah Kecamatan Muara Sungai Porong dan sekitarnya selanjutnya diolah kembali dengan membatasi wilayah sesuai dengan wilayah penelitian sebesar 1 kilometer dari garis pantai dengan menggunakan *tools buffer* pada *ArcGIS 10* dan disajikan dalam bentuk peta (Gambar 15). Data elevasi yang telah dibatasi tersebut dihitung luasnya berdasarkan tingkat kerentanannya masing-masing untuk mengetahui kategori tingkat kerentanan mana yang mendominasi wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya. Perhitungan luas elevasi berdasarkan tingkat kerentanannya dapat dilihat pada Tabel 21.



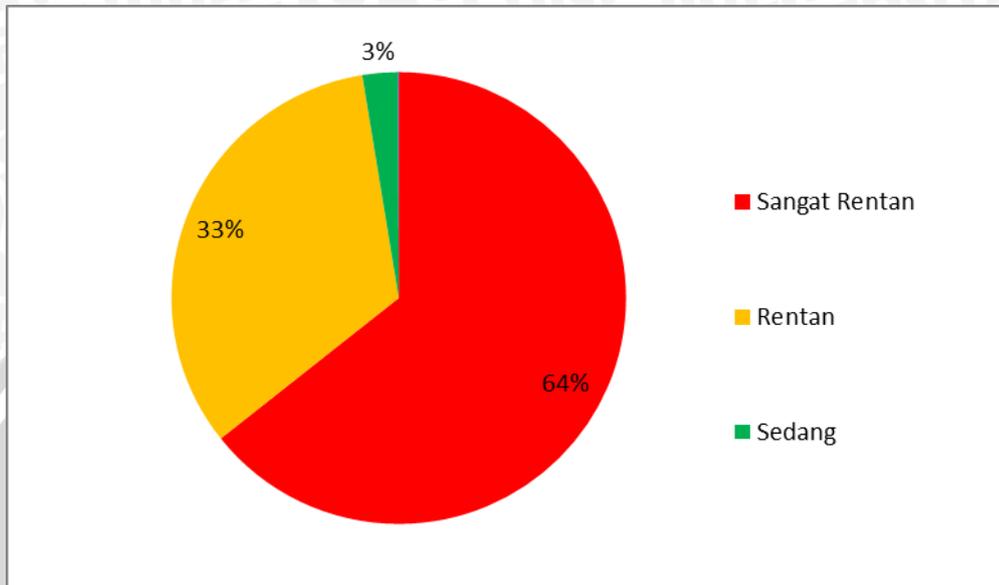
**Gambar 15.** Peta Tingkat Kerentanan Elevasi

**Tabel 21.** Luas Elevasi terhadap tingkat kerentanan

	Tingkat Kerentanan (Score)	Ketinggian (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Luas (%)
Muara Sungai Porong dan sekitarnya	Sangat Rentan (5)	0-5	876	64,32
	Rentan (4)	5-10	451	33,11
	Sedang (3)	10-20	34	2,5
	Kurang Rentan (2)	20-30	1	0,07
	Tidak Rentan (1)	> 30	-	-

Tabel 21 menunjukkan bahwa wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya dengan batasan wilayah 1 kilometer didominasi dengan wilayah elevasi dengan tingkat kerentanan yang masuk ke dalam kategori “Sangat Rentan” dengan luas wilayah sebesar 876 m<sup>2</sup> atau sebesar 64,32% luas wilayah yang termasuk kedalam wilayah *buffer*, hal ini dapat terjadi karena sebagian besar wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya memiliki elevasi yang rendah yaitu 0-5 meter di atas permukaan laut. Sebagian wilayah lainnya masuk ke

dalam kategori “Rentan” dengan luas wilayah sebesar 451 m<sup>2</sup> atau sebesar 33,11% dari luas wilayah elevasi pada wilayah *buffer*, kategori “Sedang” sebesar 34 m<sup>2</sup> atau sebesar 2,5%.



**Gambar 16.** Persentase Tingkat Kerentanan Elevasi Wilayah Muara Sungai Porong dan sekitarnya

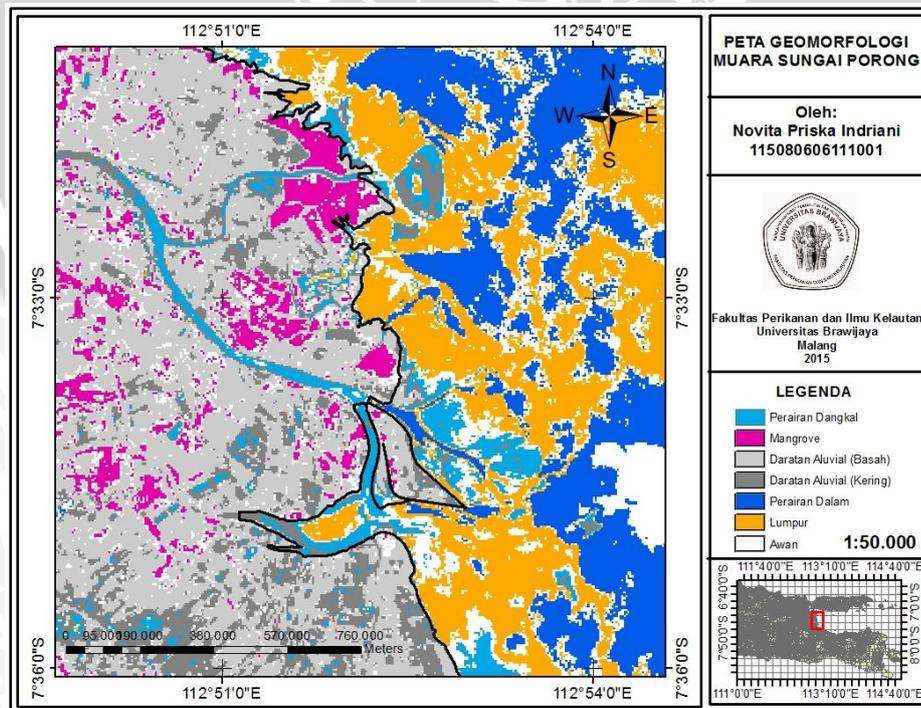
#### 4.1.3 Geomorfologi

Data sedimen yang diperoleh dari pengambilan data lapang dan uji laboratorium pada 6 stasiun (Tabel 5) digunakan sebagai data pendukung geomorfologi. Hasil dari pengolahan data sedimen dengan metode *Sieve Analysis* dan analisa Hidrometer berupa data kelompok jenis sedimen pada setiap titik pengambilan sampel tersaji pada Tabel 23. Hasil menunjukkan bahwa wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya didominasi oleh jenis sedimen pasir berlempung. Hal ini mengindikasikan bahwa wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya termasuk dalam kategori “Sangat Rentan” apabila ditinjau dari jenis sedimennya, dimana wilayah mangrove dan pantai berlumpur memiliki bobot 5 (sangat rentan).

**Tabel 22.** Data Jenis Sedimen

Stasiun	% Fraksi Sedimen			Jenis Sedimen
	Pasir	Lanau	Lempung	
A	49,31	15	35,69	Pasir berlempung
B	60	13,05	26,95	Pasir berlempung
C	4,82	14,24	80,94	Lempung
D	58,57	13,32	28,11	Pasir berlempung
E	2,1	13,69	84,21	Lempung
F	61,48	15,21	23,31	Pasir berlempung

Klasifikasi geomorfologi pada Gambar 18 diperoleh dengan proses klasifikasi menggunakan aplikasi *ER Mapper 7.1*. Enam jenis geomorfologi yang terdapat pada peta diperoleh dari gambaran langsung citra satelit Landsat 8 melalui proses *supervised* dan *unsupervised* dan diklasifikasikan ulang sesuai dengan kenampakan wilayah sebenarnya yang diwakili dengan warna dan nilai yang berbeda. Data geomorfologi ini juga dikoreksi dengan keadaan langsung di lapang dan kenampakan citra satelit dari aplikasi *Google Earth* dengan tingkat akurasi yang rendah apabila dibandingkan dengan keadaan aslinya.



**Gambar 17.** Peta Klasifikasi Geomorfologi

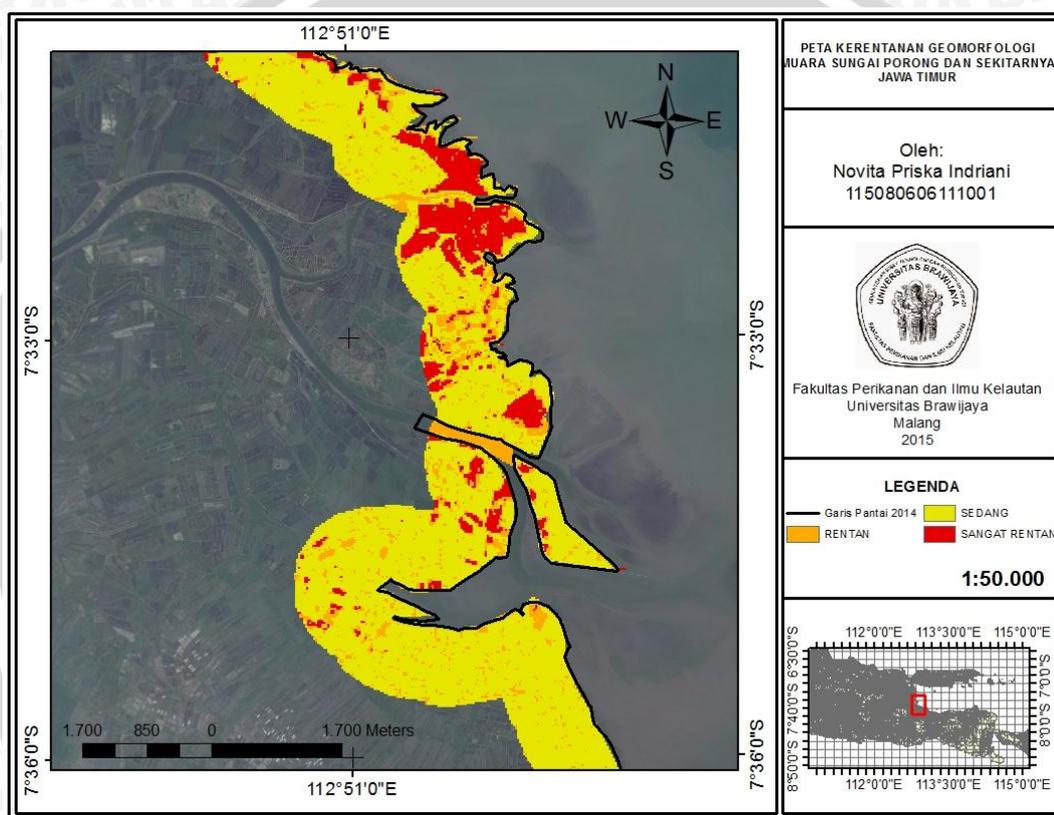
Pengolahan data geomorfologi atau bentuk lahan juga dilakukan dengan menggunakan peta dimana citra yang digunakan adalah citra Landsat 8 yang menghasilkan 6 kelompok geomorfologi, yaitu perairan dangkal, mangrove, dataran aluvial basah, dataran aluvial kering, perairan dalam dan lumpur. Perairan dangkal yang dimaksudkan adalah perairan yang tingkat suspensi dengan lumpur cukup tinggi sehingga yang terdeteksi oleh satelit lebih dominan partikel lumpur yang tersuspensi dibandingkan dengan kolom air, memiliki kedalaman 1-3 meter. Dataran aluvial pada wilayah ini terbagi menjadi dua jenis tanah, yaitu aluvial kelabu yang bertekstur dominan lempung bercampur dengan pasir (lempung berpasir) dan asosiasi aluvial kelabu dan coklat keabuan dengan endapan lanau dan pasir (lanau berpasir).

Farida dkk (2005) menyatakan bahwa wilayah timur Sidoarjo (sekitar pantai) dicirikan oleh air tanah dangkal. Tanah ini merupakan hasil endapan muara sungai dan dipengaruhi aktivitas pasang surut maupun gelombang laut, sehingga bertekstur lempung berlumpur, lumpur/tanah organik dan pasir halus. Pada wilayah ini sering dijumpai vegetasi mangrove dan pemanfaatan lahan untuk budidaya tambak.

**Tabel 23.** Klasifikasi Geomorfologi berdasarkan IKP

Variabel	Tidak Rentan (1)	Kurang Rentan (2)	Sedang (3)	Rentan (4)	Sangat Rentan (5)
Geomorfologi	Tebing tinggi	Tebing sedang, pantai berlekuk	Tebing rendah, dataran aluvial	Bangunan pantai, pantai, estuari, laguna	Penghalang pantai, pantai berpasir, berlumpur, mangrove, delta

Hasil dari klasifikasi geomorfologi atau bentuk lahan dicari luas wilayahnya pada setiap kelompok geomorfologi (Tabel 24) yang hasilnya digolongkan berdasarkan tingkat kerentanan sesuai dengan kriteria IKP (Tabel 23) untuk mendapatkan bobot/score yang nantinya akan digunakan pada perhitungan Indeks Kerentanan Pantai (IKP).



**Gambar 18.** Peta Tingkat Kerentanan Geomorfologi

**Tabel 24.** Tingkat kerentanan geomorfologi

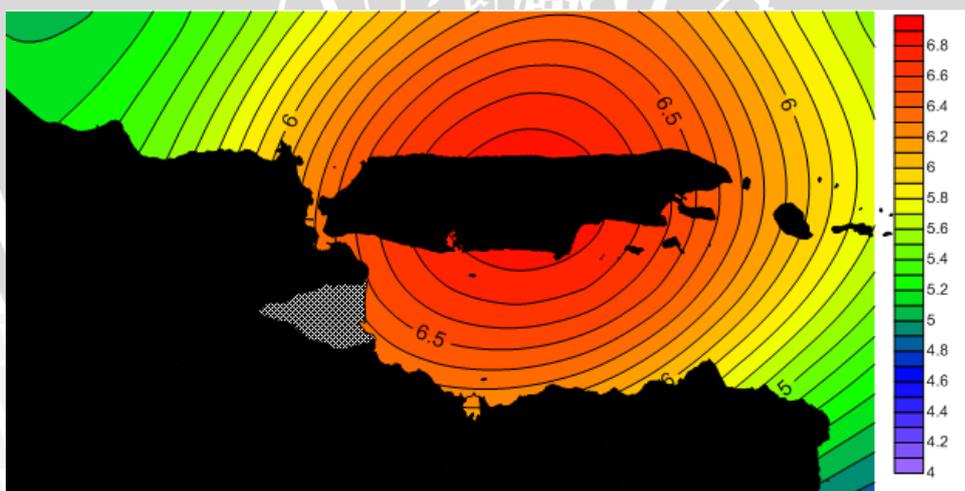
No	Ekologi	Luas (m <sup>2</sup> )	Presentase (%)	Score	Tingkat Kerentanan
1	Dataran Aluvial Basah	10.228.920	54,37	3	Sedang
2	Dataran Aluvial Kering	4.679.832			
3	Perairan Dangkal	3.243.531	15,1	4	Rentan
4	Perairan Dalam	894.786			
5	Mangrove	2.123.236	30,53	5	Sangat rentan
6	Lumpur	6.249.524			

Penggolongan tingkat kerentanan geomorfologi di wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya seperti pada tabel 24 menunjukkan bahwa 54,37% wilayah masuk ke dalam kategori “Sedang” dengan score 3; 15,1% wilayah masuk ke dalam kategori “Rentan” dengan score 4 dan 30,53% wilayah masuk ke dalam kategori “Sangat Rentan” dengan score 5. Dari hasil penggolongan tingkat kerentanan geomorfologi diketahui bahwa lebih dari 50% wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya tergolong pada tingkat kerentanan “Sedang”.

## 4.2 Variabel Proses Fisik Laut

### 4.2.1 Kenaikan Muka Air Laut

Laju kenaikan muka air laut yang diperoleh berdasarkan analisis data yang bersumber dari AVISO yang merupakan data pengamatan satelit altimetri *multi mission* yaitu satelit *Topex/Poseidon*, *Jason-1* dan *Jason-2* selama kurun waktu 21 tahun (1993-2014) direpresentasikan pada Gambar 20.



**Gambar 19.** *Trend Kenaikan Muka Air Laut*

Nilai kenaikan muka air laut relatif yang diperoleh pada wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya adalah 6,29 mm/th. Nilai tersebut didapatkan dari data kenaikan muka air laut global. Berdasarkan ketentuan pembobotan nilai kerentanan sesuai dengan nilai kenaikan muka air laut relatif yang telah

didapatkan, kenaikan muka air laut di wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya termasuk ke dalam kategori “Sangat Rentan” sesuai dengan klasifikasi pada Tabel 25.

**Tabel 25.** Klasifikasi Kenaikan Muka Air Laut berdasarkan IKP

Variabel	Tidak Rentan (1)	Kurang Rentan (2)	Sedang (3)	Rentan (4)	Sangat Rentan (5)
Kenaikan Muka Laut relatif (mm/th)	<1,8	1,8–2,5	2,5 – 2,95	2,95 – 3,16	> 3,16

#### 4.2.2 Pasang Surut

Data pasang surut yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dengan kurun waktu 10 tahun (2005-2015) diolah dengan metode *Least Square* untuk mendapatkan nilai tunggang pasut (*tidal range*) yang merupakan selisih antara nilai pasang tertinggi dengan nilai surut terendah di wilayah penelitian.

Nilai tunggang pasut (*tidal range*) setiap tahun dirata-ratakan untuk mendapatkan nilai *Mean Tidal Range* (MTR) yang nantinya akan dimasukkan ke dalam tabel tingkat kerentanan. Nilai MTR pada wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya adalah sebesar 1,0734 meter yang masuk ke dalam kategori “Kurang Rentan” dengan kisaran nilai tunggang pasut 1,0-2,0 dan *score* 2.

**Tabel 26.** Klasifikasi Tunggang Pasut Rata-rata berdasarkan IKP

Variabel	Tidak Rentan (1)	Kurang Rentan (2)	Sedang (3)	Rentan (4)	Sangat Rentan (5)
Tunggang Pasut Rata-rata (m)	< 1,0	1,0 – 2,0	2,0 – 4,0	4,0 – 6,0	> 6,0

**Tabel 27.** Perhitungan Tunggang Pasut (*Tidal Range*)

Bulan Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	TR tahunan	MTR (m)
2005	2,2358	1,1541	1,1246	1,2904	1,2813	1,0678	1,1087	1,2206	1,0231	0,13793	1,0731	1,1083	1,1521	1,0734
2006	1,2672	1,1474	0,9966	1,2971	1,3958	1,3153	1,3912	1,1732	1,3244	1,4345	1,0512	1,2049	1,2499	
2007	1,1111	0,9627	0,8372	0,8267	1,0265	1,1933	1,2783	0,9559	1,02	1,3217	1,3652	1,1786	1,0898	
2008	1,0917	1,1735	1,2002	1,25	0,998	1,0723	1,2038	1,1321	0,9418	1,2432	1,2163	1,309	1,1527	
2009	1,4168	1,0389	1,0294	1,2136	1,2167	1,0368	1,1902	1,1419	1,0453	0,9737	1,1244	1,125	1,1294	
2010	1,1472	1,0287	0,9729	1,2077	1,2616	1,2362	1,2937	1,08459	1,1226	1,3636	1,0571	1,1067	1,1569	
2011	1,0859	0,8589	0,7437	0,8182	0,9467	1,081	1,2504	0,944	0,8945	1,1751	1,2255	1,1571	1,0151	
2012	0,8454	1,1274	1,1325	1,2372	0,9492	0,9868	1,0882	0,9895	0,7913	1,0401	1,0732	1,2437	1,0420	
2013	1,2288	0,8571	0,7542	1,0056	1,1199	0,945	1,0933	1,0538	0,9608	0,957	1,0458	1,1217	1,0119	
2014	0,9761	0,9287	0,7796	1,019	1,2125	1,1246	1,105	0,9638	0,7891	1,0643	1,027	0,9684	0,9965	
2015	1,024	0,8026	0,6053										0,8106	

#### 4.2.3 Gelombang

Data tinggi gelombang signifikan yang digunakan diperoleh dari dua sumber, yaitu data gelombang dari BMKG dan data tinggi gelombang dari ECMWF masing-masing pada tahun 2013 dan 2014 dengan titik koordinat yang berbeda. Penggunaan data dari ECMWF dilakukan karena adanya keterbatasan data gelombang yang diperoleh dari BMKG. Dari pengolahan data gelombang tahun 2013 dan 2014 di muara Sungai Porong dan sekitarnya yang diperoleh dari BMKG, diperoleh hasil tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) sebesar 1,123 meter. Sedangkan nilai tinggi gelombang signifikan yang berasal dari ECMWF sebesar 1,069 meter. Nilai kedua tinggi gelombang tersebut diberi bobot sesuai dengan klasifikasi pada Tabel 29.

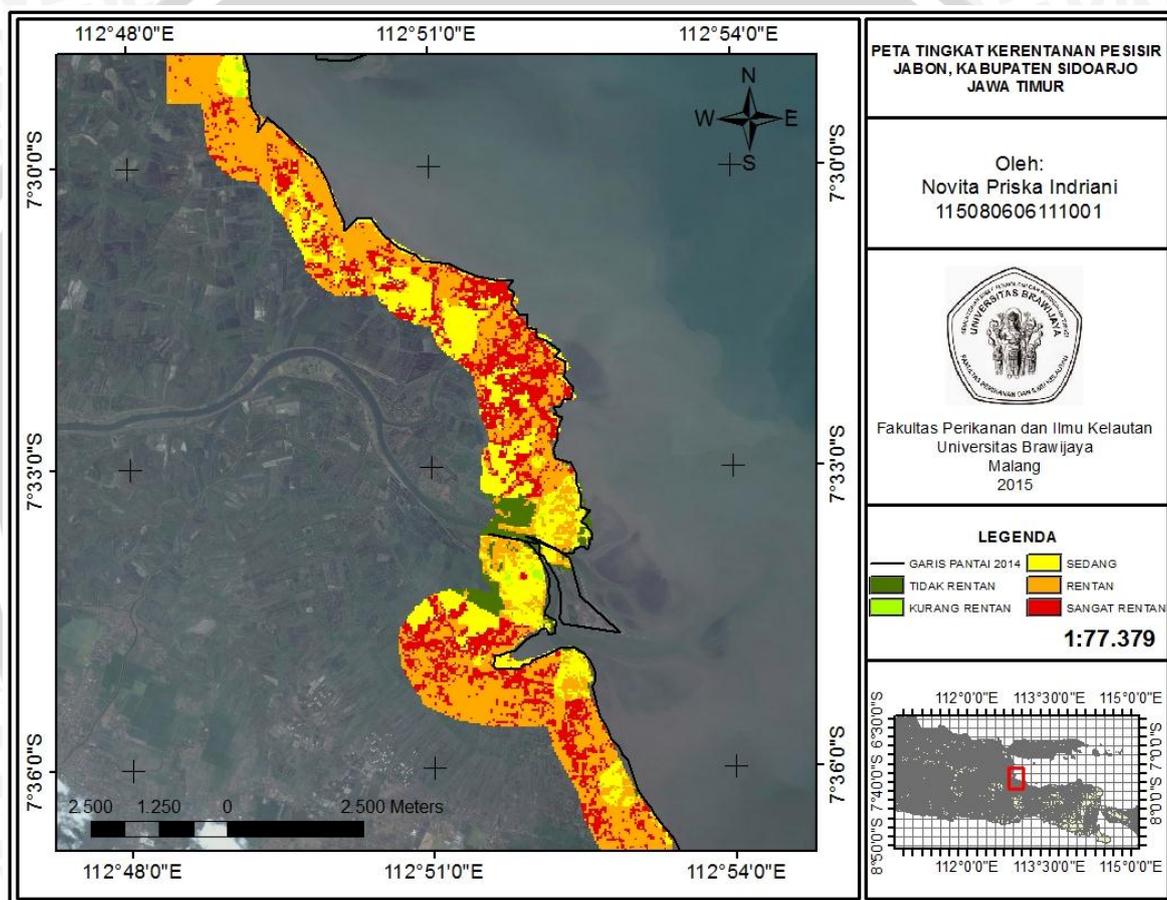
**Tabel 28.** Klasifikasi Tinggi Gelombang Signifikan berdasarkan IKP

Variabel	Tidak Rentan (1)	Kurang Rentan (2)	Sedang (3)	Rentan (4)	Sangat Rentan (5)
Tinggi Gelombang (m)	< 0,55	0,55 – 0,85	0,85 – 1,05	1,05 – 1,25	> 1,25

Nilai kedua tinggi gelombang signifikan masuk ke dalam kategori “Rentan” dengan bobot 4. Semakin besar tinggi gelombang akan semakin mempengaruhi perubahan garis pantai dan kondisi geomorfologi suatu wilayah yang akan menambah tingkat kerentanan pada wilayah pesisir tersebut. Nilai tinggi gelombang yang cukup besar ini dapat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi kemunduran garis pantai yang terjadi di beberapa wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya.

### 4.3 Tingkat Kerentanan Pesisir

Nilai setiap parameter kerentanan pesisir pada lokasi penelitian di wilayah Muara Sungai Porong dan sekitarnya dengan batas penelitian 1 km dari garis pantai yang telah diperoleh pada setiap perhitungan, divisualisasikan kembali kedalam bentuk peta (Gambar 20) dengan menggunakan aplikasi *ArcGIS 10* melalui metode *Weighted Sum*.



**Gambar 20.** Peta Kerentanan Pesisir berdasarkan 6 Parameter

Pengolahan peta kerentanan pesisir (Gambar 20) dengan menggunakan *Weighted Sum* akan menghasilkan penjumlahan nilai dari setiap piksel sehingga akan menampilkan satu nilai pada setiap piksel yang telah dilakukan tumpang tindih (*overlay*) dan akan dapat diketahui bagaimana persebaran kelas kerentanan pesisir di wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya, Kabupaten

Sidoarjo, Jawa Timur. Nilai pada setiap piksel tersebut dihitung untuk mencari luas lahan sesuai dengan tingkat kerentanannya masing-masing (Tabel 29) yang merupakan wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya dengan batas wilayah penelitian sebesar 1 km dari garis pantai.

**Tabel 29.** Luas lahan berdasarkan tingkat kerentanan

Bobot	Tingkat Kerentanan	Luas Lahan (Ha)	Persentase (%)
1	Tidak Rentan	326,61	10,42
2	Kurang Rentan	700,36	22,36
3	Sedang	732,35	23,38
4	Rentan	1.268,01	40,48
5	Sangat Rentan	104,84	3,34

Dari hasil penelitian, terlihat bahwa muara sungai Porong mengalami akresi di wilayah utara (Stasiun A) sebesar 2,5 m/th dan erosi sebesar -1,1 m/th. Hal tersebut tercermin dari nilai perubahan garis pantai maju dan pantai mundur yang dihitung melalui pergeseran garis pantai yang terjadi selama kurun waktu 10 tahun sejak tahun 2000 hingga 2014. Hal yang sama terjadi pada wilayah Stasiun B yang mengalami akresi sebesar 6,2 m/th dan erosi sebesar -0,5 m/th, Stasiun C mengalami akresi sebesar 4,2 m/th dan erosi sebesar -2,7 m/th. Stasiun D mengalami akresi sebesar 19,7 m/th, stasiun F mengalami akresi sebesar 4,7 m/th dan erosi sebesar -1,7 m/th. Untuk wilayah Stasiun E tidak dimasukkan ke dalam perhitungan laju perubahan garis pantai karena wilayah ini merupakan bangunan artifisial atau pulau buatan yang sengaja dibuat oleh BPLS untuk menangani kasus dialirkannya Lumpur Lapindo ke laut melalui Sungai Porong yang mengakibatkan adanya pendangkalan muara sungai. Perolehan nilai laju perubahan garis pantai yang cukup besar diakibatkan oleh adanya sedimentasi dilihat dari kawasan penelitian merupakan wilayah Daerah Aliran

Sungai (DAS) dan ditambah dengan dialirkannya Lumpur Lapindo yang menjadikan kawasan ini mengalami sedimentasi dan pendangkalan yang mengakibatkan perubahan garis pantai yang cukup besar.

Analisis kerentanan pesisir yang dilakukan meliputi pengolahan enam variabel kerentanan pesisir, yaitu perubahan garis pantai, elevasi, geomorfologi, kenaikan muka air laut, tunggang pasang surut rata-rata dan tinggi gelombang signifikan. Hasil dari pengolahan data menunjukkan kecenderungan wilayah pesisir sekitar muara sungai Porong masuk ke dalam kategori “Sedang” hingga “Sangat Rentan”. Tabel dari USGS (1999) yang digunakan sebagai acuan pembobotan setiap variabel kerentanan pesisir pada penelitian ini memiliki ketidakcocokandengan keadaan lapang yang terletak pada pembobotan variabel perubahan garis pantai. Pada tabel tersebut (Tabel 6) disebutkan bahwa nilai akresi (sedimentasi) pada perubahan garis pantai masuk ke dalam kategori “Tidak Rentan”. Hal ini mengakibatkan variabel yang paling mempengaruhi tingkat kerentanan wilayah pesisir sekitar muara sungai Porong adalah nilai dari elevasi dan kenaikan muka air laut. Perhitungan kerentanan pesisir yang telah dilakukan umumnya memang melihat dari keadaan kenaikan muka air laut dan erosi yang terjadi di suatu kawasan pesisir sehingga nilai sedimentasi pada kriteria pembobotan tingkat kerentanan dianggap masuk kedalam kategori “Tidak Rentan”. Melihat wilayah pesisir sekitar muara sungai Porong telah mengalami sedimentasi yang cukup tinggi, maka kategori yang diperoleh dari hasil pembobotan dengan Tabel 6 dapat dikesampingkan mengingat resiko pendangkalan yang terjadi dapat menjadi sumber adanya kerusakan di kawasan tersebut.

## 5. PENUTUP

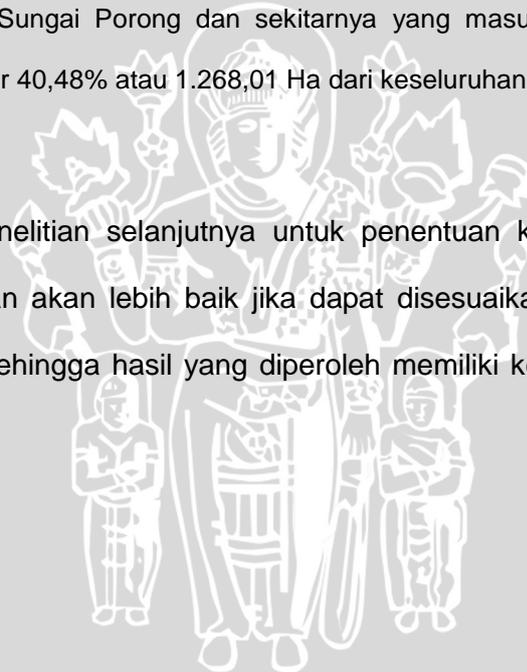
### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian analisis kerentanan pesisir di wilayah Muara Sungai Porong dan sekitarnya adalah sebagai berikut:

1. Parameter yang paling mempengaruhi wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur terhadap kerentanan pesisir adalah parameter elevasi dan kenaikan muka air laut dengan kategori "Sangat Rentan".
2. Persentase luas wilayah terbesar berdasarkan tingkat kerentanan pesisir di wilayah muara Sungai Porong dan sekitarnya yang masuk kedalam kategori "Rentan" sebesar 40,48% atau 1.268,01 Ha dari keseluruhan wilayah penelitian.

### 5.2 Saran

Agar pada penelitian selanjutnya untuk penentuan kriteria kerentanan pesisir yang digunakan akan lebih baik jika dapat disesuaikan dengan kondisi lapang sebenarnya, sehingga hasil yang diperoleh memiliki kesesuaian dengan kondisi aslinya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Azis, M. F. 2006. *Gerak Air di Laut*. Jurnal Oseana. Vol. XXXI No. 4 hal: 9 – 21.
- Baharuddin, John I.P., I.W. Nurjaya. 2009. *Pola Transformasi Gelombang dengan Menggunakan Model RCPWave pada Pantai Bau-Bau, Provinsi Sulawesi Tenggara*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis. Vol. 1, No. 2.
- Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah Propinsi Jawa Barat. 2004. *Beberapa Permasalahan Lingkungan dan Rekomendasi Penanganan Wilayah Pesisir Pantai Jawa Barat*. Bandung.
- Farida H., M. Taufik dan Bangun M. S. 2005. *Analisis Genangan Air Hujan di Kawasan Delta dengan menggunakan Penginderaan Jauh dan SIG*. Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 14-15 September 2005
- Gornitz, V. 1991. *Global Coastal Hazards from Future Sea Level rise. Palaeogeography. Palaeoclimatology. Palaeocology (Global and Planetary Change Section)*. Elsevier Science Publisher B.V, Amsterdam
- Hermanto, B. 1986. *Pemantauan Garis Pantai Dengan Menggunakan Citra Landsat*. Jurnal Oseano. Vol XINo.4hal.163-170.
- Kabupaten Sidoarjo. 2010. *Kecamatan Muara Sungai Porong dan sekitarnya*. <http://porong.sidoarjokab.go.id/> Diakses 14 Maret 2014 pukul 20.00 WIB
- Kaiser, G. 2007. *Coastal Vulnerability to Climate Change and Natural Hazards*. Forum DKKV/CEDIM: *Disaster Reduction in Climate Change*. Karlsruhe University.

- Kasim, F. Dan V.P. Siregar. 2012. *Penilaian Kerentanan Pantai menggunakan Metode Integrasi CVI-MCA Studi Kasus Pantai Indramayu*. Institut Pertanian Bogor.
- Kumar, T.S., R. S. Mahendra, S. Nayak, K. Radhakrishnan dan K. C. Sahu. 2010. Coastal Vulnerability Assessment for Orissa State. East Coast of India. *Journal of Coastal Research*. 26( 3):523-534.
- Kurniawan, Danu Tri, Haryo D. A. dan Mahmud M. 2011. *Evaluasi Beach Recreational Index Untuk Pantai Wisata pada Pantai Kenjeran, Pantai Delegan, dan Wisata Bahari Lamongan*. Jurnal Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Mahatmawati, D.A. 2009. *Perbandingan Fluktuasi Muka Air laut Rerata (MLR) di Perairan Pantai Utara Jawa Timur dengan Perairan Pantai Selatan Jawa Timur*. Jurnal Kelautan. Universitas Trunojoyo, ISSN : 1907-9931.
- Paharuddin. 2011. *Aplikasi Sistem Informasi Geografi untuk Kajian Kerentanan Pantai Utara Jakarta*. Tesis. Institut Pertanian Bogor
- Ramieri E, Hartley A, Barbanti A, Santos FD, Laihonen P, Marinova N, Santini M. 2011. *Methods for assesing coastal vulnerability to climate change*. ETC CCA Background Paper Copenhagen.
- Sakka, M. Purba, I.W. Nurjaya, H. Pawitan dan V.P. Siregar. 2010. *Tranformasi Gelombang di Sepanjang Pantai Delta Sungai Jeneberang, Makassar*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Siswanto, Aries D. 2011. *Kajian Sebaran Substrat Sedimen Permukaan Dasar di perairan Pantai Kabupaten Bangkalan*. EMBRYO Vol. 8 No. 1
- Sostrodarsono, S. dan M. Takasaki. 2005. Pengukuran Topografi dan Teknik Pemetaan. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sulma, S., Eko Kusratmoko dan Ratna Saraswati. 2012. *Coastal Physical Vulnerability of Surabaya and its Surrounding Area to Sea Level Rise*. Jurnal Makara Vol. 16 No.2, 163:170



Syahrir, Eka W., M. Purba Sakka dan Samsu Arif. 2013. *Analisis Kerentanan Pantai di Kabupaten Takalar*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar.

Tarigan, M. Salam. 2007. *Perubahan Garis Pantai Di Wilayah Pesisir Perairan Cisadane, Provinsi Banten*. Makara Sains.

Triadmojo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset: Jakarta.

Triutomo, S., B.W. Widjaja, M.R. Amri. 2007. *Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya di Indonesia*. Pelaksana Harian Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana Direktorat Mitigasi BAKORNAS PB: Jakarta.

Wahyudi, Teguh Hariyanto dan Suntoyo. 2009. *Analisa Kerentanan Pantai di Wilayah Pesisir Pantai Utara Jawa Timur*. Jurnal SENTA. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.

Wicaksana, Taufan Febry, Suntoyo dan Kriyo Sambodho. 2013. *Analisa Kerentanan Pantai terhadap Erosi Akibat Kenaikan Muka Air Laut di Pantai Kuta dengan Modifikasi Model Bruun*. Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya



LAMPIRAN

1. Pengambilan Sampel Sedimen



2. Pengukuran Sedimen di Laboratorium

