

**ANALISIS TINGKAT SENSITIFITAS LINGKUNGAN PESISIR PULAU
MANDANGIN TERHADAP POTENSI TUMPAHAN MINYAK (*OIL SPILL*)
BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)**

**LAPORAN SKRIPSI
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

Oleh:
FICKY ADITYA ROMANSYA
NIM. 115080600111029



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

**ANALISIS TINGKAT SENSITIFITAS LINGKUNGAN PESISIR PULAU
MANDANGIN TERHADAP POTENSI TUMPAHAN MINYAK (OIL SPILL)
BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)**

**LAPORAN SKRIPSI
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan
Di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya

Oleh:
FICKY ADITYA ROMANSYA
NIM. 115080600111029



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

LAPORAN SKRIPSI

ANALISIS TINGKAT KEPEKAAN LINGKUNGAN PESISIR PULAU MANDANGIN TERHADAP POTENSI TUMPAHAN MINYAK (OIL SPILL) BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)

Oleh:
FICKY ADITYA ROMANSYA
NIM. 115080600111029

Dosen Penguji I

(Feni Iranawati, S.Pi, M.Si, Ph.D)
NIP. 19740812 200312 2 001

Tanggal: 13 MAY 2016

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

(Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi, M.T.)
NIP. 19780717 200502 1 004

Tanggal: 13 MAY 2016

Dosen Pembimbing II

(Andik Isdianto, S.T, M.T)
NIP. 20130982 0928 1 001

Tanggal: 13 MAY 2016

Dosen Pembimbing II

(M. A. Zainul Fuad, S.Kel, M.Sc)
NIP. 19801005 2005001 1 002

Tanggal: 13 MAY 2016

Mengetahui,
Ketua Jurusan

(Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP)
NIP. 19630608 198703 1 003

Tanggal: 13 MAY 2016



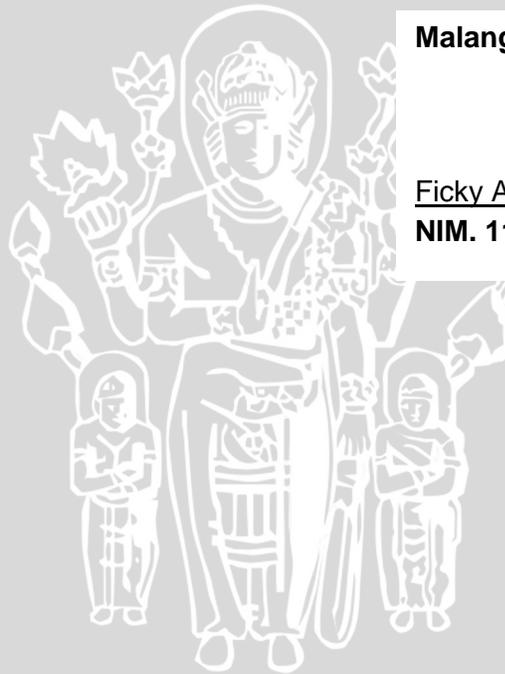
PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi 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 skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang,

Ficky Aditya Romansya
NIM. 115080600111029



UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian laporan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar besarnya kepada:

1. Bapak **Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi, M.T** dan Bapak **M. Arif Zainul Fuad, S.Kel, M.Sc** selaku dosen pembimbing atas bimbingan, waktu, arahan dan kesabaran yang telah diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
2. Ibu **Feni Iranawati, S.pi, M.Si, Ph.D** dan Bapak **Andik Isdianto, S.T, M.T** selaku dosen penguji atas saran-saran serta masukan-masukan yang membangun dan membuat laporan akhir ini menjadi lebih baik.
3. Terima Kasih kepada Keluarga terutama kepada kedua orang tua yang telah memberikan do'a, semangat serta motivasi untuk menyelesaikan kegiatan perkuliahan dengan sebaik-baiknya. Dan terima kasih atas kesabarannya selama ini.
4. Terima kasih yang spesial kepada rahayu puti mayang sari yang telah memberikan banyak bantuan, masukan, dorongan, dan dukungan dalam menyelesaikan laporan skripsi ini.
5. Warga Pulau Mandangin, terutama kepada saudara Mahmud, saudara Muchlas dan sekeluarga yang telah berbaik hati membantu pada saat saya berada di Pulau Mandangin.
6. Teman-teman jalinan kasih CP31B (yusak, habib, danang, daus, aay) yang telah berjuang bersama demi tercapainya jalan-kjalan ke Pulau Lombok dimasa mendatang dan semoga kalian pun bisa segera menyelesaikan tugas akhir kalian.

7. Saudara Resya dan saudara Qpow yang telah memberi semangat dan doa.
8. Teman seperjuangan gedung B lt. 5 yang tidak selalu memberi semangat, semoga dapat cepat menyusul.
9. Teman-teman, kakak-kakak tingkat, dan adik-adik tingkat serta keluarga besar Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan skripsi ini. Terima kasih atas bantuannya.



RINGKASAN

Ficky Aditya Romansya. 115080600111029. Analisa Tingkat Sensitivitas Lingkungan Pesisir Pulau Mandangin terhadap Potensi Tumpahan Minyak (*Oil Spill*) (Dibawah bimbingan Abu Bakar Sambah, S.Pi, M.T, Ph.D dan M. Arif Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc)

Pulau Mandangin adalah Pulau yang terdapat di Kabupaten Sampang Madura, Jawa Timur. Pulau yang terletak di perairan selat madura ini dinilai memiliki sumber daya pesisir yang sangat beragam dilihat dari sumber daya hayati pesisir maupun sumber daya pemanfaatannya. Pulau Madura dan Selat Madura memiliki potensi sumber daya minyak dan gas sehingga membuat banyak perusahaan Migas yang mengeksplorasi dan mengeksploitasi sumber minyak dan gas di Perairan Selat Madura. Karena adanya eksplorasi dan eksploitasi Minyak dan gas diperairan ini sehingga membuat Pulau Mandangin terkena potensi tumpahan minyak.

Metode penelitian ini yaitu dengan memanfaatkan metode Sistem Informasi Geografi (SIG) dengan menggunakan panduan dari IPIECA. Metode ini mengumpulkan informasi dari 3 kategori sehingga dapat menyusun dan menganalisis tingkat sensitifitas lingkungan atau ESI (*environmental sensitivity index*). 3 kategori yang dimaksud adalah 1. Klasifikasi Tipe garis Pantai, 2. *Biological Resources* (sumber daya hayati) dan 3. *Human-use Resources* (sumber daya pemanfaatan oleh manusia).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan tingkat kepekaan lingkungan pesisir di wilayah Pulau Mandangin dan menganalisis objek-objek yang akan terkena dampak potensi tumpahan minyak dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk dapat menyusun tingkat sensitifitas lingkungan pesisir Pulau Mandangin terhadap potensi tumpahan minyak.

Hasil tingkat sensitivitas lingkungan di pesisir di wilayah Pulau Mandangin pada bagian timur dan selatan memiliki tingkat sensitifitas yang lebih tinggi dari pada Pulau Mandangin bagian barat dan utara. Hal ini dikarenakan pada bagian timur dan selatan memiliki sumber daya hayati dan sumber daya pemanfaatan yang lebih banyak, dan dikarenakan pada bagian barat dan selatan Pulau Mandangin tidak memiliki bangunan pelindung pantai seperti pada bagian timur dan utara. Dengan demikian Pulau Mandangin bagian Timur dan Selatan merupakan wilayah prioritas dalam upaya penanggulangan dan penanganan tumpahan minyak.

DAFTAR ISI

UCAPAN TERIMA KASIH.....	i
RINGKASAN.....	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Kegunaan.....	3
1.5 Tempat dan Waktu.....	3
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kondisi Umum Wilayah.....	4
2.2 Sumber Tumpahan Minyak di Laut.....	4
2.2.1 Pertambangan Minyak Lepas Pantai.....	4
2.2.2 Aktivitas Kapal Tanker.....	5
2.2.3 Transportasi, Perbaikan dan Perawatan Kapal.....	6
2.3 Pengaruh Tumpahan Minyak di Laut.....	6
2.3.1 Hutan Mangrove.....	6
2.3.2 Terumbu Karang.....	7
2.3.3 Plankton.....	7
2.3.4 Rumput Laut dan Padang Lamun.....	8
2.3.5 Biota Laut dan Sumber daya Perikanan.....	8
2.4 <i>Environmental Sensitivity Index (ESI)</i>	9

2.5 Variabel dan Indikator ESI <i>Mapping</i>	10
2.5.1 Geomorfologi	10
2.5.2 Kemiringan Pantai.....	11
2.5.3 Pasang Surut.....	11
2.5.4 Gelombang dan Arus	11
2.5.5 Sumber daya Hayati (<i>Biological Resources</i>)	12
2.5.6 Sumber daya Pemanfaatan oleh Manusia (<i>Human-Use Resources</i>)	13
2.6 Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis.....	14
3. METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	16
3.2 Data Penelitian.....	17
3.3 Metode Penelitian.....	19
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Hasil.....	26
4.1.1 Klasifikasi Garis Pantai	26
4.1.2 Sumber daya Hayati	33
4.1.3 Sumber daya Pemanfaatan	37
4.1.4 Sumber Potensi Tumpahan Minyak Di Pulau Mandangin.....	39
4.2 Pembahasan	42
4.2.1 Tingkat Sensitifitas Lingkungan Berdasarkan Klasifikasi Garis Pantai	42
4.2.2 Tingkat Sensitifitas Lingkungan Berdasarkan <i>Biological Resources</i>	43
4.2.3 Tingkat Sensitifitas Lingkungan Berdasarkan <i>Human-use Resources</i>	44
4.2.4 Analisis Tingkat Sensitivitas Lingkungan Pulau Mandangin Terhadap Potensi Tumpahan Minyak	45
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	52

DAFTAR PUSTAKA..... 53
LAMPIRAN..... 56



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Simbol Sumber daya Hayati (IPIECA).....	13
Sumber daya Pemanfaatan (IPIECA)	14
Peta Lokasi Penelitian	16
Diagram Alur Penelitian	19
Diagram Alir Pengolahan Peta Tipologi	21
Diagram Alir Pengolahan Data <i>Biological Recourse</i>	21
Diagram Alir Pengolahan Data <i>Human-use Recourse</i>	22
Diagram Alir Pengolahan Peta Geomorfologi.....	22
Metode Pengukuran Kemiringan Pantai.....	23
Diagram Alir Pengolahan Peta Kemiringan Pantai.....	23
Diagram Alir Pengolahan Data Tinggi Gelombang.....	24
Diagram Alir Pengolahan Data Pasang Surut	25
Peta Tipologi.....	27
Peta gelombang signifikan	28
Peta pola sebaran arus (muson barat).....	30
Peta pola sebaran arus (muson timur)	30
Grafik Pendugaan Pasang Surut	31
Kondisi perairan pulau mandangin.....	32
Padang lamun	33
Terumbu karang dilokasi penelitian; (a) sthylophora (b) porites	34
Sekumpulan burunglaut.....	34
Biota Perairan; (a) ikan batu (b) kepiting (c) bintang mungular.....	35
Peta <i>Biological Resources</i>	36

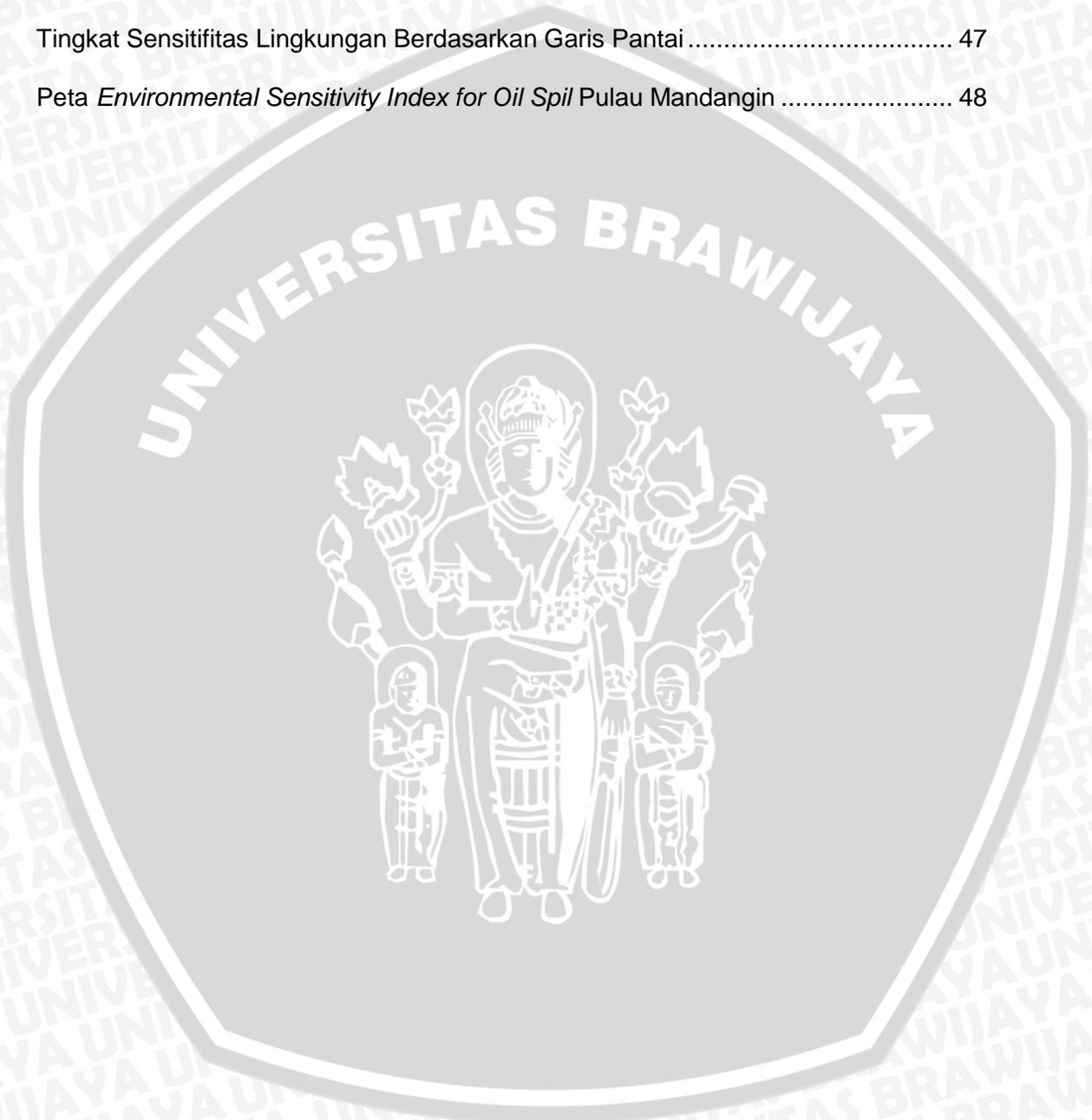
Instalasi air bersih 38

Tempat pembuatan, perbaikan, dan perawatan kapal 39

Peta *Human-use Resources* 41

Tingkat Sensitifitas Lingkungan Berdasarkan Garis Pantai 47

Peta *Environmental Sensitivity Index for Oil Spil* Pulau Mandangin 48



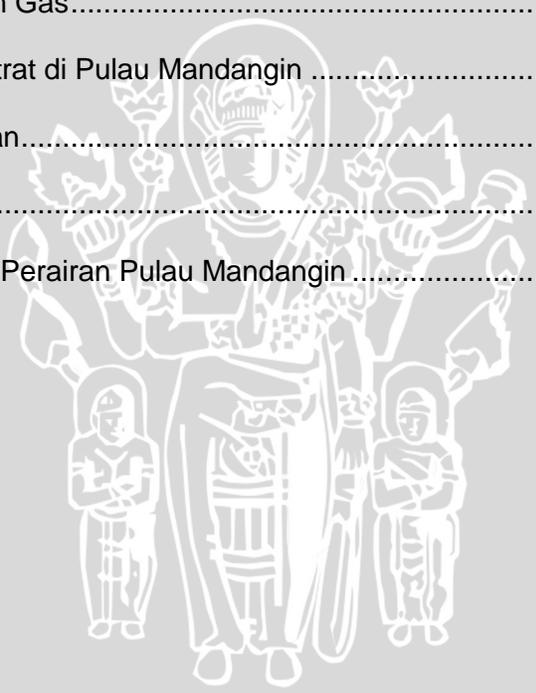
DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Transformasi Nilai Geomorfologi menjadi Nilai Numerik	11
Jenis dan sumber data spasial yang digunakan dalam penelitian	17
Jenis dan sumber data non spasial yang digunakan dalam penelitian	17
Tabel Klasifikasi Garis Pantai	20
Tingkat sensitifitas berdasarkan tipe garis pantai	42
<i>Biological Resources</i>	45
<i>Human use Resources</i>	45
Tipe Garis Pantai	46
Indeks dan Tingkat Sensitivitas Lingkungan Pulau Mandangin	46



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Simbol sumber daya hayati sensitif.....	56
Kode Warna Klasifikasi Garis Pantai.....	57
Klasifikasi garis pantai ESI.....	58
Tipe Pasang Surut.....	60
Ranking sensitivitas ESI	61
Data Kemiringan Pantai.....	62
Peta Potensi Minyak dan Gas.....	63
Dokumentasi Tipe Substrat di Pulau Mandangin	64
Hasil Koordinat Lapangan.....	65
Dokumentasi Lapang.....	66
Pertambangan Migas di Perairan Pulau Mandangin	67



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Suatu negara yang sedang berkembang seperti Indonesia memiliki kebutuhan yang sangat besar dari sektor energi. Sektor inilah yang menjadi salah satu penggerak utama bagi roda perekonomian serta kehidupan sehari-hari. Kebutuhan energi ini akan terus meningkat seiring dengan perkembangan yang ada. Oleh karena itu banyak perusahaan di bidang minyak dan gas yang melakukan eksplorasi untuk menemukan lokasi pertambangan minyak dan gas yang baru sehingga dapat melakukan proses eksploitasi atau proses produksi secara besar-besaran dari hasil bumi tersebut. Hal ini akan semakin meningkatkan kegiatan transportasi laut, proses produksi minyak dan gas di lepas pantai, tumpahan minyak, serta proses bongkar muat minyak dan gas di Indonesia, sehingga dapat menyebabkan kerusakan ekosistem laut dan pesisir. Permasalahan terbesar dari segala bentuk kegiatan proses produksi migas di lepas pantai adalah ketika terjadinya kebocoran ataupun tumpahan minyak di laut yang dapat berakibat buruk bagi lingkungan sekitar.

Kepulauan Madura adalah salah satu wilayah dengan potensi pertambangan minyak dan gas yang cukup besar di Indonesia. Menurut Satriyati dan Rahayu (2009), kegiatan pertambangan minyak di daerah sampang tepatnya di lepas pantai Camplong dilakukan oleh PT Santos. Santos sudah melakukan survei lokasi sejak tahun 2003. Namun baru melakukan operasional dan mengeluarkan minyak pada tahun 2008. Santos membuat kebijakan untuk memprioritaskan beberapa daerah yang menjadi fokus dari kegiatan CD (*community development*), yaitu : Desa Sejati,

Desa Taddan, Desa Oharma Camplong, Desa Dharma Tanjung, Desa Tambaan, Desa Banjar Talela, dan Kepulauan Mandangin.

Salah satu upaya untuk menanggulangi tumpahan minyak adalah dengan membuat prioritas penanganan pada daerah yang berpotensi tercemar. Prioritas ini membantu pengalokasian sumber daya sehingga penanganan pencemaran dapat efektif dan efisien sesuai tingkat resiko lokal. Penyusunan prioritas lokasi penanganan didasarkan pada kepekaan lingkungan (*environmental sensitivity*) yang merefleksikan tingkat reaksi suatu wilayah pesisir untuk dapat pulih kembali bila terjadi bencana tumpahan minyak.

Oleh karena itu dalam penelitian kali ini, penulis mencoba mengkaji tingkat sensitifitas lingkungan pesisir Pulau Mandangin terhadap sumber pencemar tumpahan minyak yang mencakup variabel tipe garis pantai, *biological resources*, dan *human-use resources*, selain itu ada data pendukung seperti variabel geologi (geomorfologi dan elevasi/kemiringan pantai) dan variabel hidro-oseanografi (pasang surut, gelombang, dan arus). Melalui penelitian ini diharapkan adanya kewaspadaan dan tindak penanggulangan secara cepat dan tepat apabila terjadi tumpahan minyak guna tetap menjaga potensi dan sumber daya pesisir yang terdapat di wilayah Pulau Mandangin.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah tingkat sensitifitas lingkungan di wilayah pesisir Pulau Mandangin terhadap tumpahan minyak ?
2. Objek apa sajakah yang akan terkena dampak potensi tumpahan minyak di wilayah pesisir Pulau Mandangin ?

1.3 Tujuan

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memetakan potensi sumber daya hayati pesisir dan sumber daya pemanfaatan oleh manusia di wilayah Pulau Mandangin
2. Menentukan tingkat kepekaan lingkungan pesisir di wilayah Pulau Mandangin terhadap potensi tumpahan minyak.
3. Menentukan objek apa saja yang akan terkena dampak potensi tumpahan minyak.

1.4 Kegunaan

Penelitian ini pada akhirnya diharapkan mampu memberikan kegunaan yang positif bagi pemerintah terkait, masyarakat, akademisi maupun peneliti. Hasil dari penelitian yang berupa peta indeks sensitivitas lingkungan beserta analisisnya diharapkan dapat memberikan informasi tentang tingkat sensitivitas lingkungan di Pulau Mandangin terhadap potensi tumpahan minyak sehingga dapat menjadi bahan masukan untuk menjadi bahan evaluasi manajemen dan cara penanggulangan jika terjadi tumpahan minyak.

1.5 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2015 dan berlokasi di Pulau Mandangin Kabupaten Sampang Madura, Jawa Timur.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Umum Wilayah

Pulau Mandangin berada di dalam daerah administratif Kabupaten Sampang Provinsi Jawa Timur, pada koordinat garis lintang $7^{\circ} 8' 49.60''$ S dan garis bujur $113^{\circ}13' 7.87''$ T sebelah selatan Pulau Madura. Untuk mencapainya diperlukan waktu tempuh lebih kurang dua jam menggunakan kapal kayu reguler milik masyarakat pulau yang sandar di dermaga Tanglog kota Sampang Madura. Luas Pulau Mandangin sekitar 1.650 Km^2 berbentuk penampang elips dengan garis tengah panjang sekitar 1.800 m dan lebar 800 m dihuni oleh 4.150 KK (2009) atau kepadatan penduduk 11.850 Jiwa/Km^2 (Ciptakarya, 2012)

Pulau Mandangin atau Pulau Kambing berpenghuni (15.975 jiwa dalam 3.762 KK) cukup padat (9.682 jiwa/Km^2 pada tahun 2009) di wilayah selatan. Dari Pelabuhan Tanglok, jarak menuju pulau seluas $1,650 \text{ Km}^2$ adalah $\pm 1,5$ jam menggunakan perahu (Kab. Sampang, 2013).

2.2 Sumber Tumpahan Minyak di Laut

Pencemaran akibat tumpahan minyak di laut Indonesia cukup sering terjadi. Menurut Sumadhidarga dan Moosa (1997), sumber pencemaran minyak dapat berasal dari beberapa kegiatan seperti dari terminal minyak, buangan dari kapal, tumpahan kapal tanker, penyulingan dan juga dari pengeboran minyak lepas pantai yang kesemuanya merupakan sumber pencemaran yang sangat potensial.

2.2.1 Pertambangan Minyak Lepas Pantai

Selain tumpahan minyak dari kapal tanker, perairan Indonesia juga rentan terhadap tumpahan minyak yang berasal dari eksploitasi minyak lepas pantai. Saat ini beroperasi sekitar 80 anjungan minyak lepas pantai dimana dalam operasionnya

memiliki resiko terjadinya tumpahan minyak. Kondisi ini dapat menimbulkan pencemaran atau perusakan yang tidak saja mengancam ekosistem laut tetapi juga dapat merugikan nelayan, pembudidaya ikan dan kesejahteraan masyarakat pesisir secara umum (Waluyo, 2014). Selain itu menurut Migas Indonesia (2004), salah satu sumber pencemar lingkungan dalam setiap produksinya yaitu kecelakaan dalam kegiatan pertambangan minyak dan gas yang hampir dipastikan selalu meyertai kegiatan pengembangan di kawasan pesisir maupun lepas pantai.

2.2.2 Aktivitas Kapal Tanker

Perairan laut di Indonesia merupakan jalur transportasi minyak yang strategis dan padat sehingga berisiko terjadi bencana tumpahan minyak (Utanto *et al*, 2003) dan aktivitas kapal tanker di jalur transportasi minyak inilah yang menjadi salah satu sumber terbesar terjadinya potensi tumpahan minyak ke laut. Menurut Sopiani (2014), berkaca pada sejarah, di Indonesia telah terjadi beberapa kasus kerusakan lingkungan laut yang diakibatkan oleh tumpahan minyak karena kecelakaan kapal tanker. Setidaknya telah terjadi sembilan kali kasus tumpahan minyak di Indonesia, sebagaimana daftar berikut :

1. Tanker Showa Maru, karam di Selat Malaka tahun 1975, menumpahkan 1 juta ton minyak mentah.
2. Choya Maru, karam di Bulebag, Bali (1975), menumpahkan 300 ton bensin.
3. Golden Win, bocor di Lhokseumawe, NAD (1979), menumpahkan 1.500 kiloliter minyak tanah.
4. Nagasaki Spirit, karam di Selat Malaka (1992), menumpahkan minyak mentah.
5. Maersk Navigator, karam di Selat Malaka (1993), menumpahkan minyak mentah.
6. Bandar Ayu, karam di Pelabuhan Cilacap (1994), menumpahkan minyak mentah.
7. Mission Viking, karam di Selat Makassar (1997), menumpahkan minyak mentah.

8. MT Natuna Sea, karam di Pulau Sambu (2000), menumpahkan 4.000 ton minyak mentah.
9. MT Kharisma Selatan, terbalik di Dermaga Mirah, Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya (2007), menumpahkan 500 kiloliter MFO (*marine fuel oil*)

2.2.3 Transportasi, Perbaikan dan Perawatan Kapal

Pencemaran yang disebabkan oleh kapal laut. Pencemaran jenis ini dapat dilakukan oleh kapal biasa dan kapal muatan. Akan tetapi, penyebab utamanya adalah tumpahan minyak di laut, yang disebabkan oleh kegiatan kapal seperti pembuangan air *ballast* atau karena adanya kecelakaan kapal di laut, terutama apabila kecelakaan itu melibatkan kapal tanker (Sopiani, 2014).

2.3 Pengaruh Tumpahan Minyak di Laut

Laut yang tercemar oleh tumpahan minyak akan membawa pengaruh negatif bagi berbagai organisme laut. Pencemaran air laut oleh minyak juga berdampak terhadap beberapa jenis burung. Air yang bercampur minyak itu juga akan mengganggu organisme akuatik pantai, seperti berbagai jenis ikan, terumbu karang, hutan mangrove, dan rusaknya wisata pantai. Pada akhirnya tentu saja nelayan dan petani juga akan mengalami kerugian secara ekonomis (Sopiani, 2014).

2.3.1 Hutan Mangrove

Pencemaran minyak di laut juga merusak ekosistem mangrove. Minyak tersebut berpengaruh terhadap sistem perakaran mangrove yang berfungsi dalam pertukaran CO₂ dan O₂, dimana akar tersebut akan tertutup minyak sehingga kadar oksigen dalam akar berkurang. Jika minyak mengendap dalam waktu yang cukup lama akan menyebabkan pembusukan pada akar mangrove yang mengakibatkan kematian pada tumbuhan mangrove tersebut. Tumpahan minyak juga akan

menyebabkan kematian fauna-fauna yang hidup berasosiasi dengan hutan mangrove seperti moluska, kepiting, ikan, udang, dan biota lainnya (Minasari,2014).

2.3.2 Terumbu Karang

Terumbu karang adalah salah satu ekosistem penting yang akan terkena dampak pencemaran minyak. Tumpahan minyak pada permukaan air akan menghalangi atau mengurangi intensitas cahaya matahari yang diperlukan oleh terumbu karang. Selain itu menurut O'Sullivan and Jacques (2001) dalam Kuncowati (2012) jika terjadi kontak secara langsung antara terumbu karang dengan minyak, maka akan terjadi kematian terumbu karang yang meluas.

2.3.3 Plankton

Minyak yang mengapung pada permukaan air tentu dapat menyebabkan air berwarna hitam dan akan mengganggu organisme yang berada pada permukaan perairan, tentu akan mengurangi intensitas cahaya matahari yang akan digunakan oleh fitoplankton untuk berfotosintesis, dan dapat memutus rantai makanan pada daerah tersebut, jika hal demikian terjadi, maka secara langsung akan mengurangi laju produktivitas primer pada daerah tersebut karena terhambatnya fitoplankton untuk berfotosintesis (Furkhon, 2010). Selain itu menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2015), Pertumbuhan fitoplankton laut akan terhambat akibat keberadaan senyawa beracun dalam komponen minyak bumi, juga senyawa beracun yang terbentuk dari proses biodegradasi. Jika jumlah fitoplankton menurun, maka populasi ikan, udang dan kerang juga akan menurun. Padahal hewan-hewan tersebut dibutuhkan manusia karena memiliki nilai ekonomi dan kandungan protein yang tinggi.

2.3.4 Rumput Laut dan Padang Lamun

Lapisan minyak yang tergenang tersebut juga akan mempengaruhi pertumbuhan rumput laut, lamun dan tumbuhan laut lainnya jika menempel pada permukaan daunnya, karena dapat mengganggu proses metabolisme pada tumbuhan tersebut seperti respirasi, selain itu juga akan menghambat terjadinya proses fotosintesis karena lapisan minyak di permukaan laut akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam zona euphotik, sehingga rantai makanan yang berawal pada phytoplankton akan terputus. Jika lapisan minyak tersebut tenggelam dan menutupi substrat, selain akan mematikan organisme benthos juga akan terjadi perbusukan akar pada tumbuhan laut yang ada (Fakhrudin 2004). Selain itu menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2015), pencemaran laut yang terjadi dapat mempengaruhi kehidupan lamun secara langsung. Seperti misalnya tumpahan minyak yang menyebabkan adanya lapisan minyak pada daun lamun yang dapat menghalangi proses fotosintesa. Pencemaran yang terjadi pada ekosistem padang lamun tidak hanya berpengaruh pada padang lamun saja, melainkan juga aktivitas biologi makhluk hidup / organisme laut yang hidupnya bergantung pada ekosistem padang lamun.

2.3.5 Biota Laut dan Sumber daya Perikanan

Tumpahan minyak sangat berbahaya bagi kehidupan biota laut dan sumber daya perikanan. Menurut Waluyo (2014), minyak yang mengapung dapat mengkontaminasi biota laut, burung dan penyu laut dan juga berdampak pada kegiatan perikanan. Dalam jangka waktu yang lama akan berdampak pada rantai makanan dan dapat berujung pada kematian biota secara masal. Suatu kasus tumpahan minyak dapat memberikan dampak fisik dan ekonomi langsung terhadap

aktivitas perikanan. Kontaminasi minyak dan bau pada daging ikan akan berdampak pada kerugian pemasaran ikan secara luas.

2.4 Environmental Sensitivity Index (ESI)

Indeks sensitivitas lingkungan (ESI) adalah kompilasi dari informasi tentang sensitivitas pesisir pantai, sumber daya hayati, dan sumber daya manusia. Informasi ini digunakan dalam perencanaan untuk membuat strategi pembersihan sebelum kecelakaan terjadi sehingga pemerintah siap untuk mengambil tindakan dalam hal tumpahan tersebut. Perencanaan sebelumnya mengurangi konsekuensi berbahaya daritumpahan minyak dan pembersihan (NOAA, 2014).

ESI (*Environmental Sensitivity Index*) saat ini telah dikembangkan secara digital dengan menggunakan perangkat lunak GIS (*Geographic Informatoin System*) yang mengandung tiga kategori informasi. Kategori pertama adalah klasifikasi garis pantai, kedua adalah sumber daya hayati, dan yang ketiga adalah sumber daya pemaanfaatan oleh manusia. Setiap kategori ini penting untuk menentukan sensitivitas suatu wilayah dan menggambarkan spesies, habitat, dan faktor ekonomi yang berpengaruh terhadap potensi tumpahan minyak (NOAA,2002).

ESI mapping for oil spill adalah salah satu metode untuk menilai tingkat sensitivitas lingkungan terhadap tumpahan minyak (*oil spill*) sehingga dapat merencanakan cara yang paling efektif untukantisipasi atau cara penanggulangan ketika terjadi tumpahan minyak (*oil spill*). Menurut Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2015), kategori lingkungan sangat sensitif atau paling sensitif merupakan kawasan yang sangat sensitif terhadap pencemaran minyak, yaitu wilayah dengan sumber daya pesisir yang mudah rusak akibat tercemar minyak. Selain itu sumber daya alamnya memiliki produktivitas yang tinggi dan memiliki

kontribusi besar terhadap ekosistem dan masyarakat di sekitarnya. Kategori Lingkungan Peka merupakan sumber daya pesisir yang peka terhadap pencemaran minyak, yaitu sumber daya yang mudah rusak dan memerlukan waktu yang lama untuk memperbaharainya, sehingga perlu mendapat respon tinggi apabila terkena pencemaran minyak. Sedangkan kategori Lingkungan Kurang Peka merupakan kawasan yang kurang peka terhadap akibat pencemaran minyak. Kategori ini umumnya dicirikan oleh tipe penutupan non mangrove dan pemukiman.

2.5 Variabel dan Indikator ESI Mapping

2.5.1 Geomorfologi

Ilmu yang mempelajari mengenai bentuk-bentuk dan kondisi permukaan bumi (*landscape*) disebut geomorfologi. Ilmu ini meliputi sifat dan karakteristik dari bentuk morfologi, klasifikasi dan pemberdayaannya serta proses yang bertanggung jawab terhadap pembentukan morfologi tersebut (Sakka dan Anggi, 2010).

Dalam indeks kerentanan pantai, parameter geomorfologi merupakan parameter yang tidak memiliki nilai dalam bentuk numerik, sehingga diperlukan perubahan nilai geomorfologi menjadi nilai numerik, yang disesuaikan dengan menggunakan tabel perubahan transformasi data geomorfologi, menjadi satuan numerik yang telah dibuat sebelumnya oleh banyak peneliti. Salah satu peneliti yang telah melakukan kajian mengenai kerentanan wilayah dengan memasukkan parameter geomorfologi yaitu Gornitz (1991) serta Pedleton *et al* (2004;2005). Berikut Tabel 1 yang merupakan salah satu contoh tabel transformasi nilai geomorfologi menjadi nilai numerik.

Tabel 1. Transformasi Nilai Geomorfologi menjadi Nilai Numerik

No	Variabel	Tidak Rentan (1)	Kurang Rentan (2)	Sedang (3)	Rentan (4)	Sangat Rentan(5)
1	Geomorfologi	Bertebing tinggi	Bertebing Sedang, Pantai Berlekuk	Bertebing Rendah, Daratan Aluvial	Bangunan Pantai, Pantai Estuari, Laguna	Penghalang Pantai, Pantai Berpasir, Berlumpur, Mangrove, Delta

2.5.2 Kemiringan Pantai

Kemiringan pantai mengacu pada ukuran ketinggian daerah tertentu yang berada di atas permukaan laut rata-rata. Kajian mengenai kemiringan pantai ini diperlukan untuk dipelajari mengingat informasi mengenai kemiringan pantai dapat digunakan untuk mengestimasi luas daratan yang terancam oleh adanya dampak kenaikan muka air laut pada waktu yang akan datang (Syahrir dkk., 2013).

2.5.3 Pasang Surut

Pasang surut laut merupakan suatu fenomena naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan karena adanya kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil (Adisaputra, 2010).

2.5.4 Gelombang dan Arus

Gelombang yang terbentuk di permukaan air pada umumnya disebabkan karena adanya hembusan angin yang bergerak mengenai permukaan air. Perpindahan energi dari angin ke permukaan laut itu akhirnya menciptakan suatu bentuk rambatan gelombang terus bergerak hingga akhirnya mencapai suatu

daratan atau pantai. Menurut Triatmodjo (2008), gelombang yang mendekati pantai akan mengalami perubahan yang disebut deformasi gelombang. Saat mendekati pantai, gelombang akan mengalami refleksi (pemantulan), difraksi (pembelokan arah), refraksi (pembelokan energi), *wave shoaling* (pendangkalan gelombang) dan juga gelombang pecah.

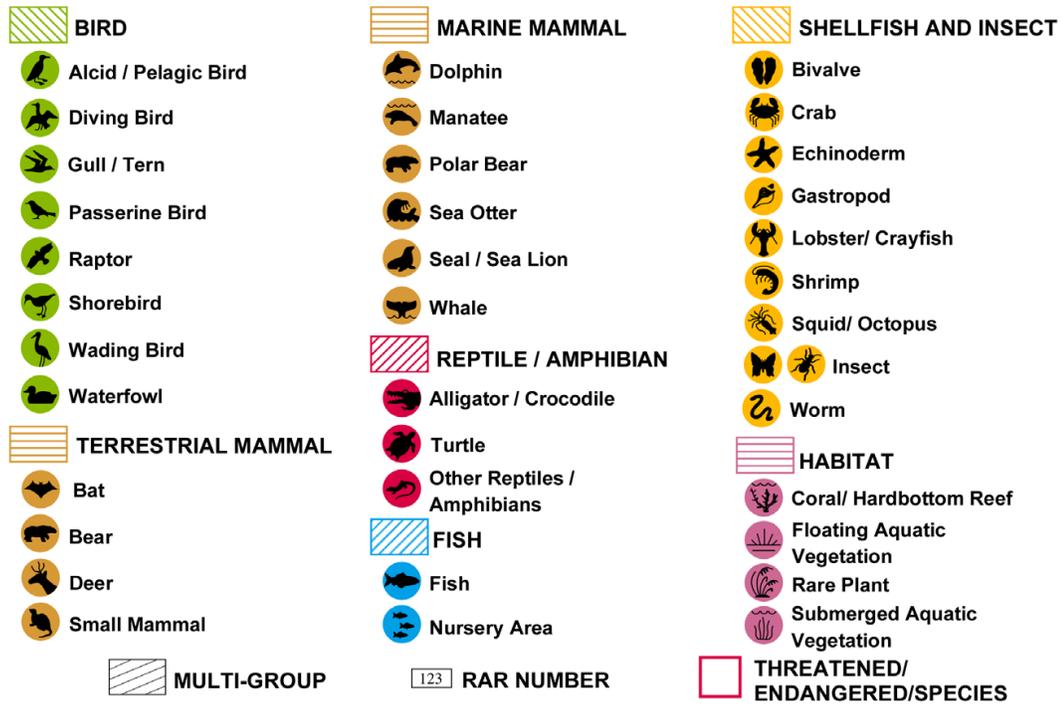
2.5.5 Sumber daya Hayati (*Biological Resources*)

Faktor Sumber daya hayati sangat penting untuk menilai tingkat sensitifitas suatu lingkungan terhadap potensi tumpahan minyak karena tumpahan minyak dapat beresiko bagi hewan, tumbuhan dan habitat-habitat biota. Menurut IPIECA (2007), sumber daya hayati yang dapat dibagi menjadi beberapa komponen utama sebagai berikut:

1. burung (burung laut, shorebird, migrasi, dan lain-lain);
2. mamalia laut (paus, lumba-lumba, singa laut, segel, walrus, manatee, dan lain-lain);
3. mamalia darat (yang dapat dipengaruhi oleh kontak dengan minyak terdampar atau dengan memberi makan padaspesies air yang terkontaminasi, misalnya berang-berang, mink, beruang, serigala);
4. ikan (pembibitan daerah, spesies pesisir, spesies pelagis komersial, dan lain-lain);
5. invertebrata (krustasea, lobster, udang, serangga langka, dan lain-lain);
6. reptil / amfibi terkait air (penyu, buaya, katak, dan lain-lain);
7. Tumbuhan dan habitat (lamun, rumput laut, terumbu karang, dan lain-lain)

Simbol sensitifitas sumber daya biologi menurut IPIECA (2007) disajikan pada Gambar 1.

SENSITIVE BIOLOGICAL RESOURCES



Gambar 1. Simbol Sumber daya Hayati (IPIECA)

2.5.6 Sumber daya Pemanfaatan oleh Manusia (*Human-Use Resources*)

Tumpahan minyak yang terjadi akan mengganggu sumber daya pemanfaatan dan aktifitas manusia yang menyebabkan kerugian. Menurut Noviani (2015) sumber daya yang digunakan manusia dapat dibagi menjadi empat komponen utama :

- 1) Lokasi rekreasi dan akses pantai (*Recreation*)
- 2) Daerah pengelolaan (*Management Areas*)
- 3) Daerah ekstraksi sumber daya (*Resource Extraction*)
- 4) Daerah situs bersejarah (*Cultural Resource*)

Simbol sensitifitas sumber daya pemanfaatan oleh manusia menurut IPIECA (2007) disajikan pada Gambar 2.



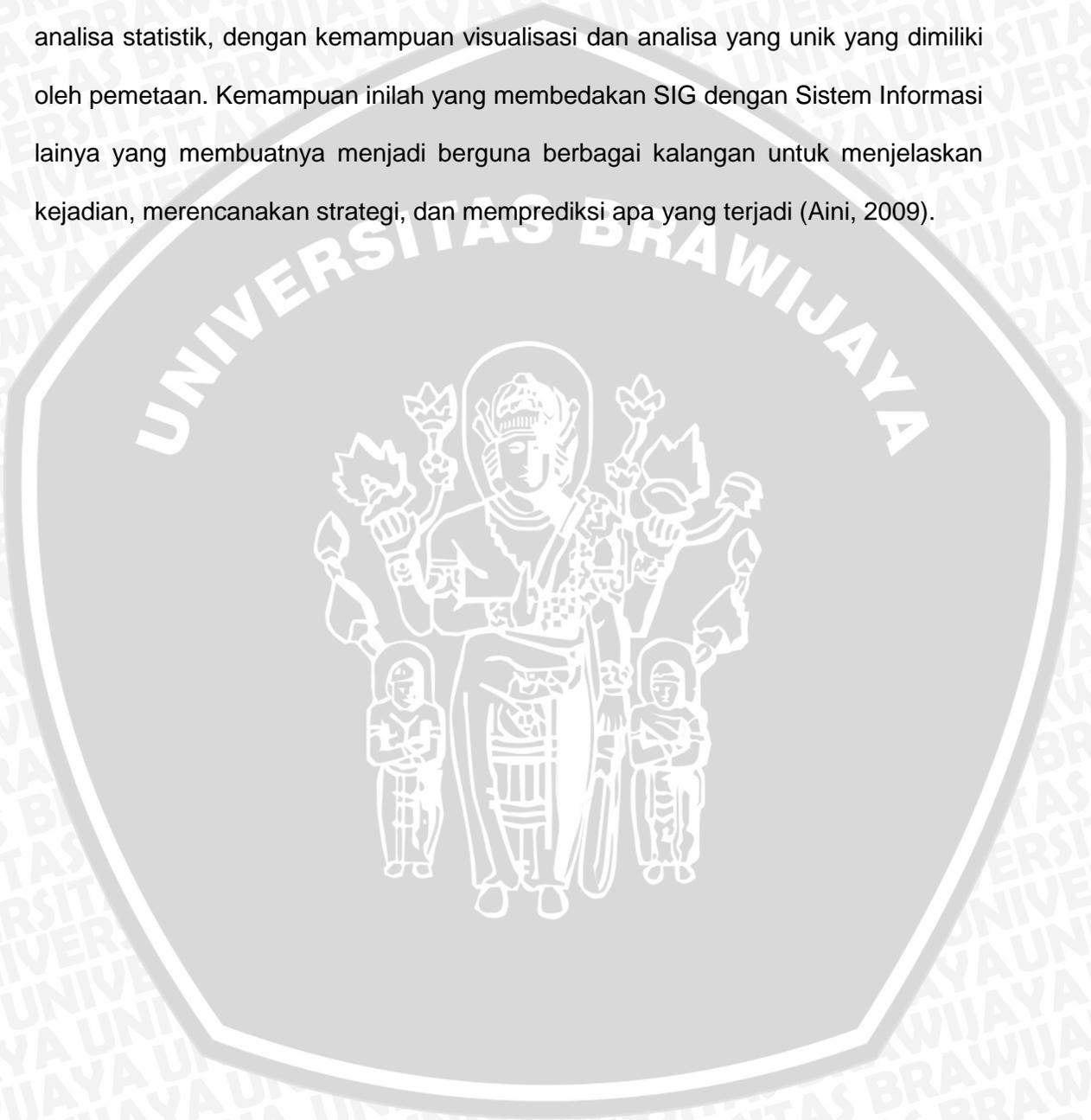
Gambar 2. Sumber daya Pemanfaatan (IPIECA)

2.6 Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis

Penginderaan jauh merupakan suatu teknik untuk mengumpulkan informasi mengenai obyek dan lingkungannya dari jarak jauh tanpa sentuhan fisik. Biasanya teknik ini menghasilkan beberapa bentuk citra yang selanjutnya diproses dan diinterpretasikan guna menghasilkan data yang bermanfaat untuk aplikasi-aplikasi di bidang pertanian, arkeologi, kehutanan, geografi, geologi, perencanaan dan bidang-bidang lainnya. Tujuan utama penginderaan jauh ialah mengumpulkan data sumber daya alam dan lingkungannya, informasi tentang obyek disampaikan ke pengamat melalui energi elektromagnetik yang merupakan pembawa informasi dan sebagai penghubung komunikasi (Handayani dan Setiyadi, 2003).

Sistem Informasi Geografis atau *Geographic Information System (GIS)* merupakan suatu sistem informasi yang berbasis komputer, dirancang untuk bekerja dengan menggunakan data yang memiliki informasi spasial (bereferensi keruangan).

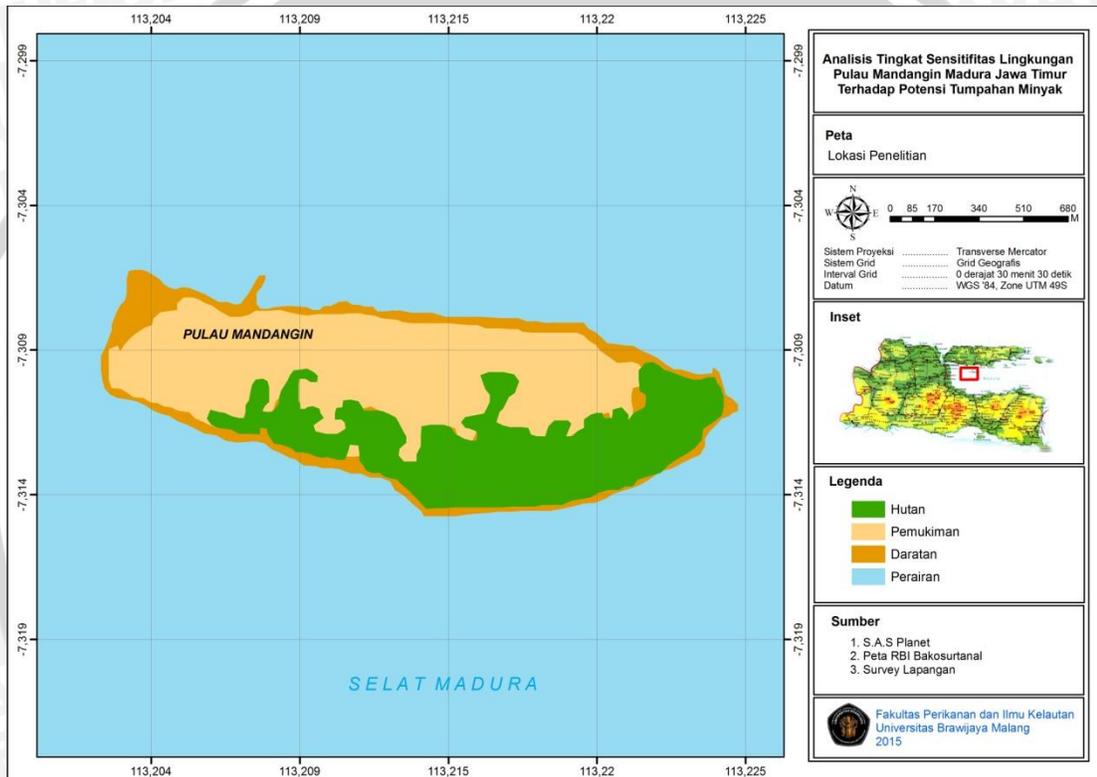
Sistem ini meng*capture*, mengecek, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisa, dan menampilkan data yang secara spasial mereferensikan kepada kondisi bumi. Teknologi SIG mengintegrasikan operasi-operasi umum database, seperti *query* dan analisa statistik, dengan kemampuan visualisasi dan analisa yang unik yang dimiliki oleh pemetaan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dengan Sistem Informasi lainnya yang membuatnya menjadi berguna berbagai kalangan untuk menjelaskan kejadian, merencanakan strategi, dan memprediksi apa yang terjadi (Aini, 2009).



3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini bertempat di Pulau Mandangin Kabupaten Sampang Madura, Jawa Timur (Gambar 3) dengan waktu pengambilan data lapangan yang dilaksanakan pada bulan September tahun 2015.



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari beberapa situs yang menyediakan data spasial yang dibutuhkan. Jenis dan sumber data spasial yang digunakan dijelaskan pada Tabel 2, sedangkan jenis dan sumber data non spasial yang digunakan dalam penelitian dijelaskan pada Tabel 3.

Tabel 2. Jenis dan sumber data spasial yang digunakan dalam penelitian

No	Jenis Data	Tahun	Resolusi Spasial	Sumber Data
1	Geomorfologi	2015	30 m	SAS Planet (http://www.earthexplorer.usgs.com)
2	<i>Biological resources</i>	2015	30 m	Landsat 8 OLI/TIRS (http://www.earthexplorer.usgs.com)
3	Tinggi Gelombang	2014	10 m	European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF) (http://ecmwf.int)
5	Pola Pergerakan Arus	2014	$\frac{1}{3}^{\circ} \times \frac{1}{3}^{\circ}$	OSCAR (http://podaac-ftp.jpl.nasa.gov)

Tabel 3. Jenis dan sumber data non spasial yang digunakan dalam penelitian

No.	Unsur	Sub Unsur
1.	Geofisik pantai atau pesisir	Substrat Kemiringan Pantai
2.	Sumber daya hayati	Invertebrata
		Burung
		Mamalia Laut
		Reptil dan Amphibi
		Ikan
	Ekosistem sumber daya pesisir, dan lain-lain.	
3.	Pemanfaatan Sumber daya pesisir	Kawasan Rekreasi
		Kawasan Pemanfaatan Umum

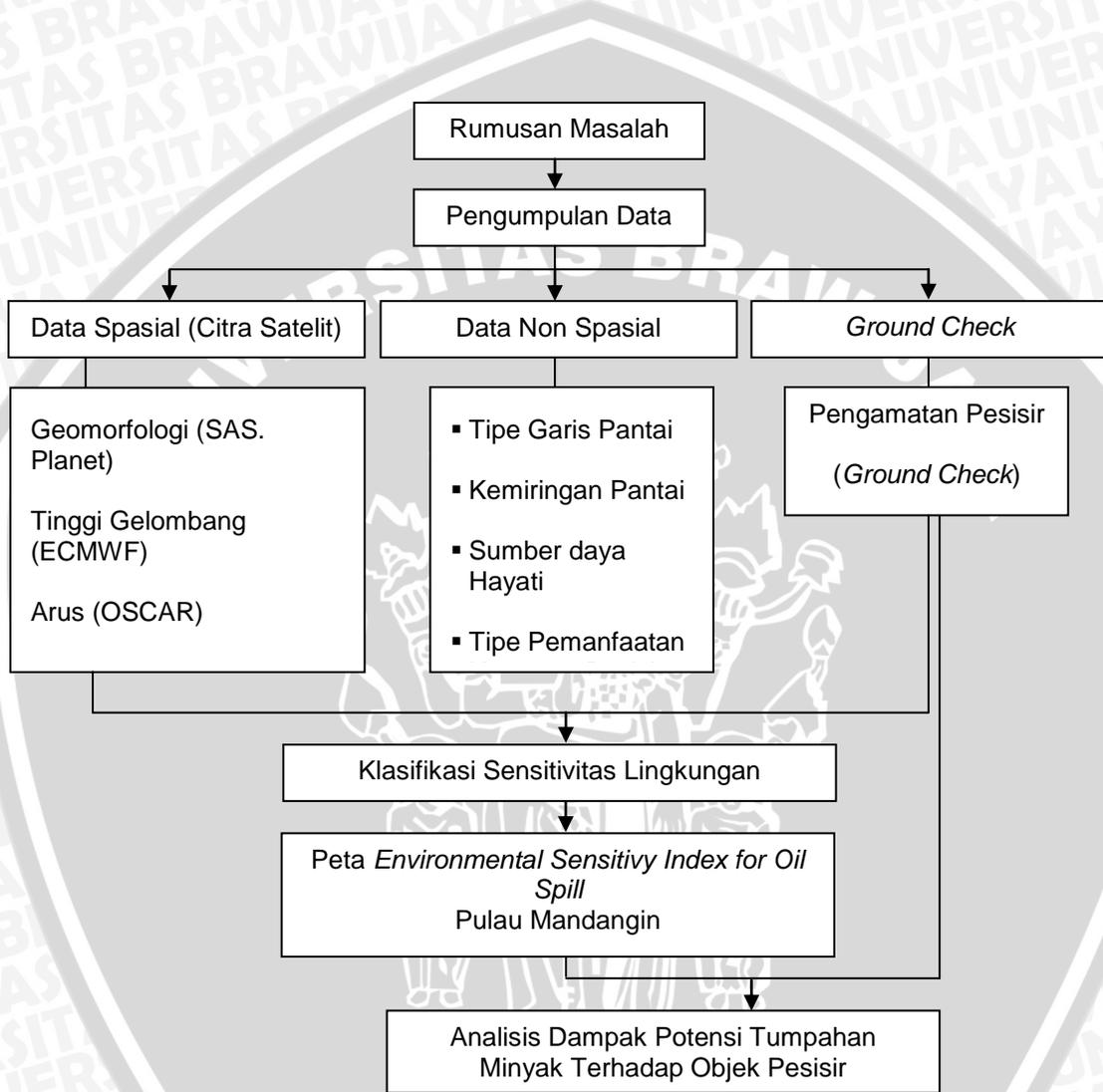
No.	Unsur	Sub Unsur
		Kawasan Konservasi
		Kawasan Penangkapan & Perikanan

Pengolahan data diatas dibantu oleh beberapa peralatan, termasuk perangkat lunak dan keras sebgai berikut :

1. *Personal computer* dengan spesifikasi : Processor Intel(R) 1.80GHz, Memory 2048 MB RAM, Current display mode 1366x768 (32bit) (60Hz).
2. Perangkat lunak berupa *Ocean Data View (ODV)* yang digunakan untuk mengekstrak data atau mengubah format data, *Tidal Model Driver* yang digunakan untuk mengolah data prediksi pasang surut, *Microsoft Excel 2007* yang digunakan untuk mengolah data gelombang dan dat numerik lainnya, *Global Mapper 10*, *Surfer 7* yang digunakan untuk mengolah data hidro-oseanografi, *ER Mapper 7* yang digunakan untuk mengolah data Landsat 8, dan *ArcGIS 9.3* yang digunakan sebagai pengolah data dan *layouting* data.
3. *Global Positioning System (GPS)* yang digunakan untuk menandai lokasi yang diamati.
4. Kamera yang digunakan sebagai alat dokumentasi saat berada di lapangan.

3.3 Metode Penelitian

Alur penelitian mengenai tingkat sensitivitas lingkungan Pulau Mandangin terhadap potensi tumpahan minyak ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alur Penelitian

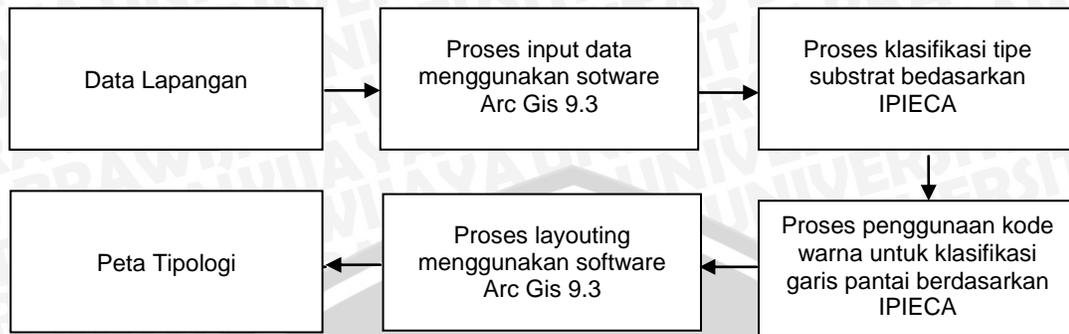
Berikut merupakan penjelasan diagram alir metode penelitian yang ditampilkan pada Gambar 4.

1. Klasifikasi Garis Pantai

Data sumber daya hayati (*biological resource*) berasal dari hasil *ground check* atau pengamatan dan visualisasi di lapangan. Data yang telah diperoleh akan di ubah ke dalam format spasial (*vector base*) sebagai salah satu indikator dalam ESI *Mapping*. Klasifikasi garis pantai tersaji pada Tabel 4, sedangkan diagram alir proses pembuatan peta tipologi disajikan pada Gambar 5.

Tabel 4. Tabel Klasifikasi Garis Pantai

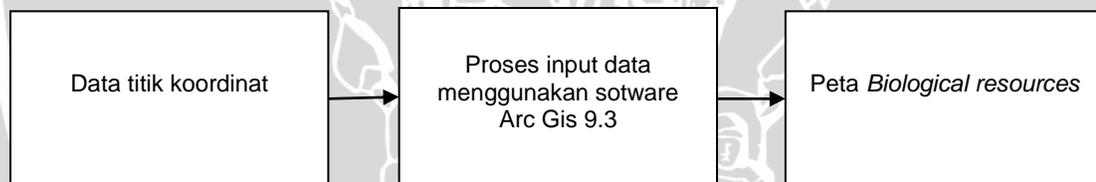
ESI NO.	Klasifikasi Garis Pantai
1A	Pantai berbatu terekspose
1B	Terekspose, struktur padat buatan manusia
1C	Tebing berbatu yang terekspose dengan batuan dasar talus
2A	Terekspose gelombang pecah dengan platforms batuan dasar, tanah liat, atau lumpur
2B	Scraps yang terekspose dan lereng curam berlumpur
3A	Pantai berpasir halus hingga sedang
3B	Scraps dan lereng curam di pasir
4	pantai berpasir kasar
5	Pantai campuran pasir dan kerikil
6A	Pantai kerikil
6B	Pantai dengan penghalang gelombang dari kerikil
7	Terekspose pasang surut
8A	Scraps terlindung dan pantai berbatu yang terlindungi
8B	Terlindung, struktur buatan manusia yang padat
8C	Pantai dengan penghalang gelombang terlindung
8D	Pantai terlindung dengan substrat pecahan batuan
8E	Garis pantai gambut
9A	Terlindung pasang surut
9B	Pinggiran rendah bervegetasi
9C	Hypersaline tidal flats
10A	Rawa asin dan payau
10B	Rawa air tawar
10C	Rawa
10D	Lahan basah bersemak, Mangrove
10E	Inundated low - lying tundra



Gambar 5. Diagram Alir Pengolahan Peta Tipologi

2. Sumber daya Hayati (*Biological Resource*)

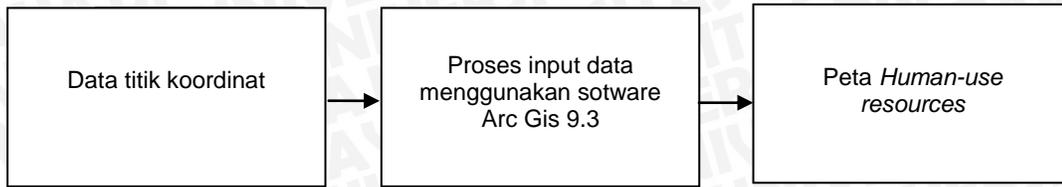
Data sumber daya hayati (*Biological Resource*) berasal dari hasil melakukan *ground check* atau melakukan pengamatan dan visualisasi di lapang. Data yang telah didapat kemudian akan di input melalui perangkat lunak Arc Gis 9.3. Diagram alir pengolahan data sumber daya hayati (*Biological Resource*) tersaji pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Pengolahan Data *Biological Recourse*

3. Pemanfaatan Sumber daya Pesisir (*Human-use Resource*)

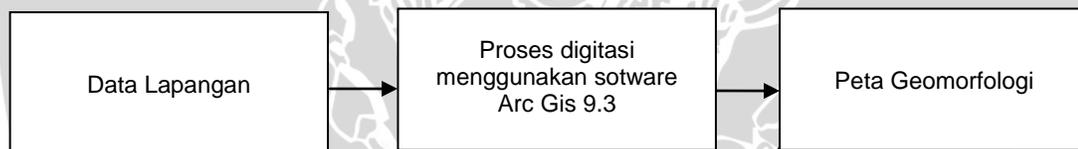
Data Pemanfaatan Sumber daya Pesisir (*Human-use Resource*) berasal dari hasil melakukan *ground check* atau melakukan pengamatan dan visualisasi di lapang. Data yang telah didapat kemudian di input melalui perangkat lunak Arc Gis 9.3. Diagram alir pengolahan data pemanfaatan sumber daya pesisir (*Human-use Resource*) tersaji pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Alir Pengolahan Data *Human-use Recourse*

4. Geomorfologi

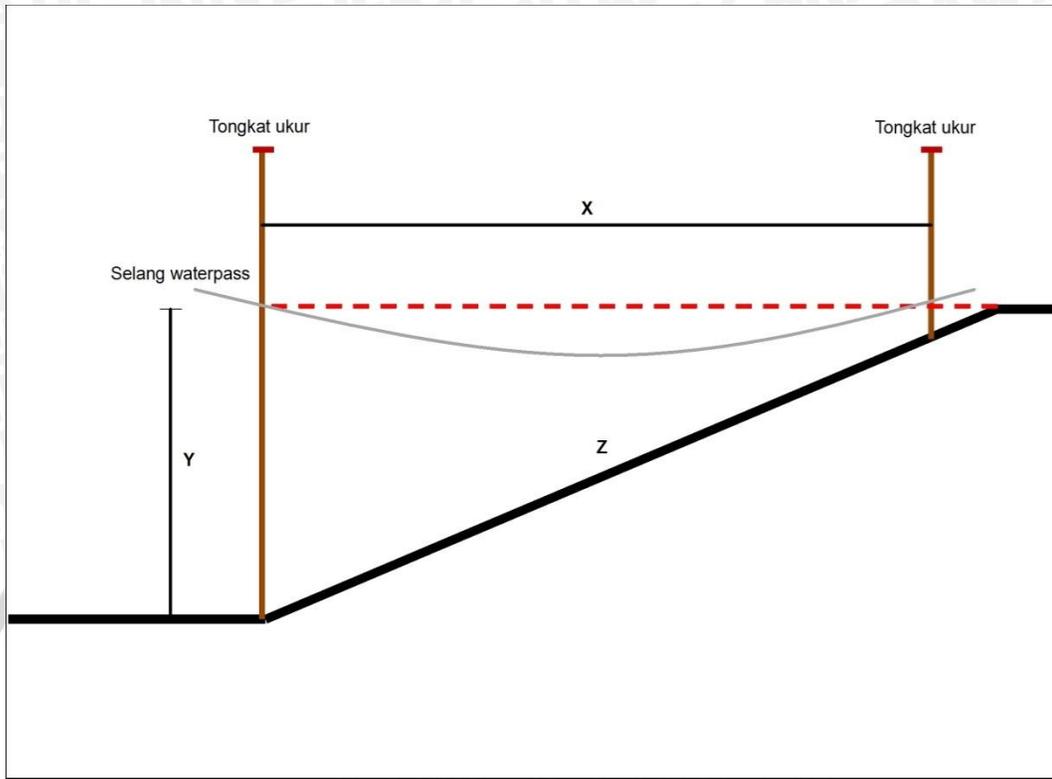
Data geomorfologi dalam penelitian ini berasal dari citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS pada tahun 2015 yang dapat di *download* melalui aplikasi S.A.S Planet. Data yang telah di *download* kemudian dibuka pada *software ER Mapper 7.3* untuk dilakukan proses pengklasifikasian dengan menggunakan digitasi sehingga didapatkan data geomorfologi wilayah penelitian. Diagram alir pengolahan data geomorfologi tersaji pada Gambar 8.



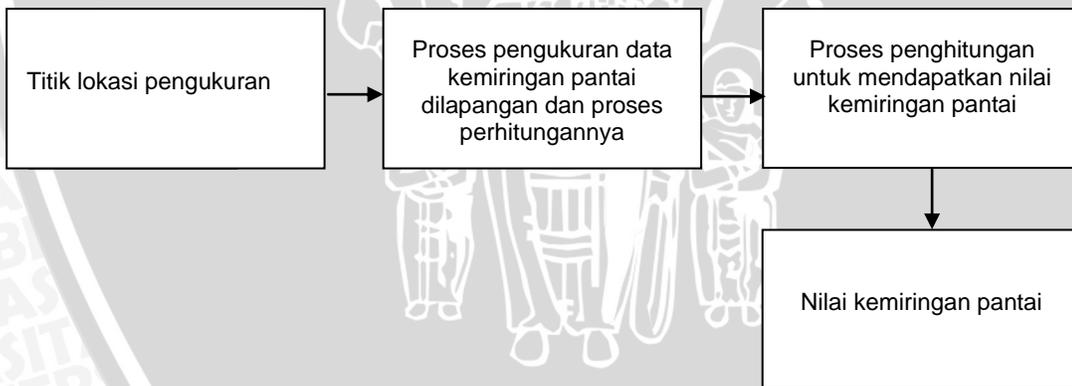
Gambar 8. Diagram Alir Pengolahan Peta Geomorfologi

5. Kemiringan pantai

Data kemiringan pantai didapatkan dengan cara pengamatan dan pengukuran dilapangan dengan menggunakan selang waterpass, tongkat, *roll meter*, dan tali. Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan nilai x (panjang) dan nilai y (tinggi) yang nantinya akan digunakan untuk mendapatkan nilai z (kemiringan), sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 9. Diagram alir pengolahan data kemiringan pantai tersaji pada Gambar 10.



Gambar 9. Metode Pengukuran Kemiringan Pantai

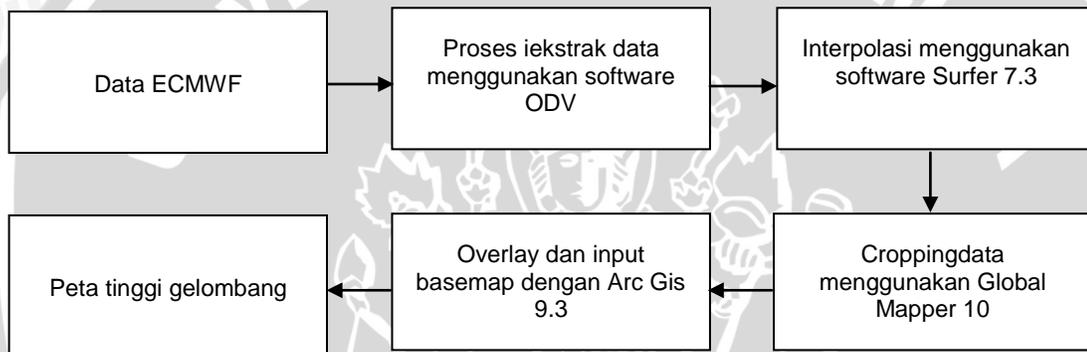


Gambar 10. Diagram Alir Pengolahan Peta Kemiringan Pantai

6. Tinggi gelombang

Data rata-rata tinggi gelombang dalam penelitian ini menggunakan data yang didapatkan dari ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecast*) yang dapat didownload melalui <http://ecmwf.int>. Data yang di-download memiliki

format (*.nc). Data selanjutnya diekstrak menggunakan *software ODV (Ocean Data View)* sehingga menghasilkan data yang berformat teks (*.txt). Kemudian dilakukan proses interpolasi menggunakan *Surfer 7*. Langkah berikutnya adalah proses *cropping* data untuk menghasilkan data hasil interpolasi dilokasi penelitian, yang dilakukan dengan menggunakan *software Global Mapper 10*. Langkah terakhir, dilakukan proses *overlay* menggunakan *Surfer 7* sehingga nantinya didapatkan data tinggi gelombang signifikan. Diagram alir pengolahan data tinggi gelombang tersaji pada Gambar 11.

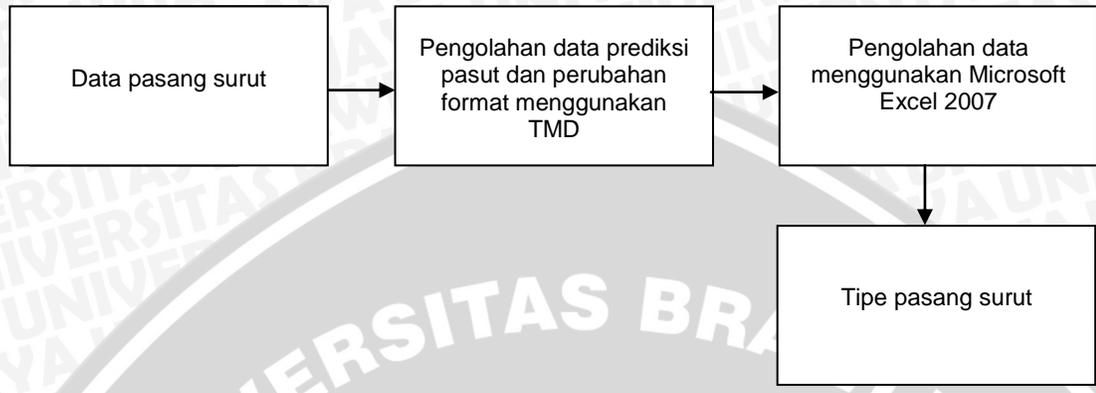


Gambar 11. Diagram Alir Pengolahan Data Tinggi Gelombang

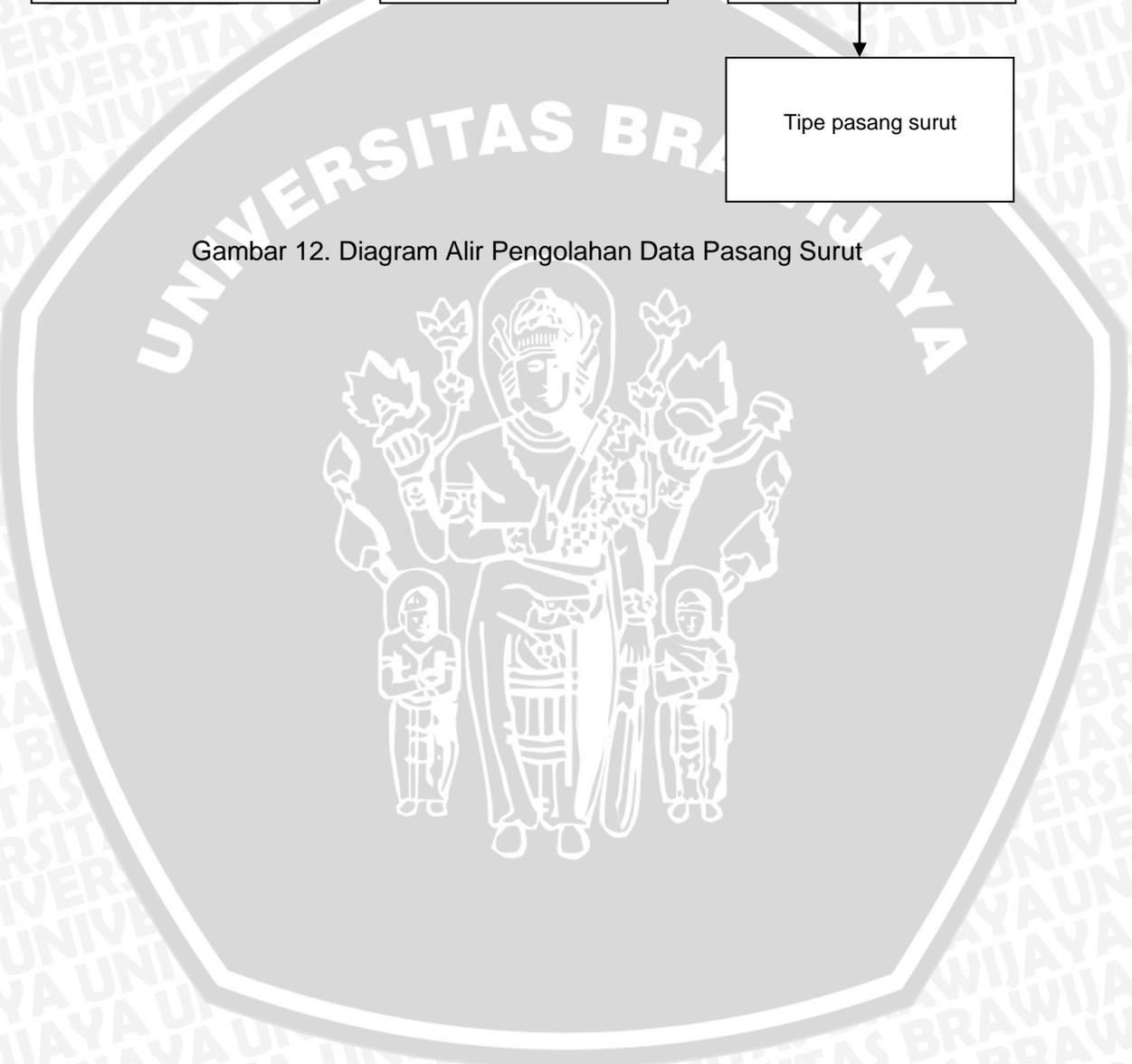
7. Pasang Surut

Data pasang surut didapatkan menggunakan hasil pemodelan perangkat lunak *Surfer 7.3* dan menggunakan *TMD*. Langkah berikutnya yaitu menentukan titik koordinat pada *TMD*. Hal ini perlu dilakukan karena input yang dibutuhkan dalam melakukan pengolahan prediksi pasang surut adalah titik koordinat. Berikutnya dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan nilai prediksi pasang surut dengan menggunakan *software TMD*. Selanjutnya data dirubah dengan menggunakan format *ASCII*. Data pasang surut yang sudah dirubah kedalam format *ASCII* kemudian dibuka menggunakan *Microsoft Excel* untuk mendapatkan nilai tunggang pasang surut atau nilai *formhzal* yang nantinya digunakan untuk mendapatkan tipe

pasang surut dilokasi penelitian. Diagram alir pengolahan data perubahan garis pantai dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Diagram Alir Pengolahan Data Pasang Surut



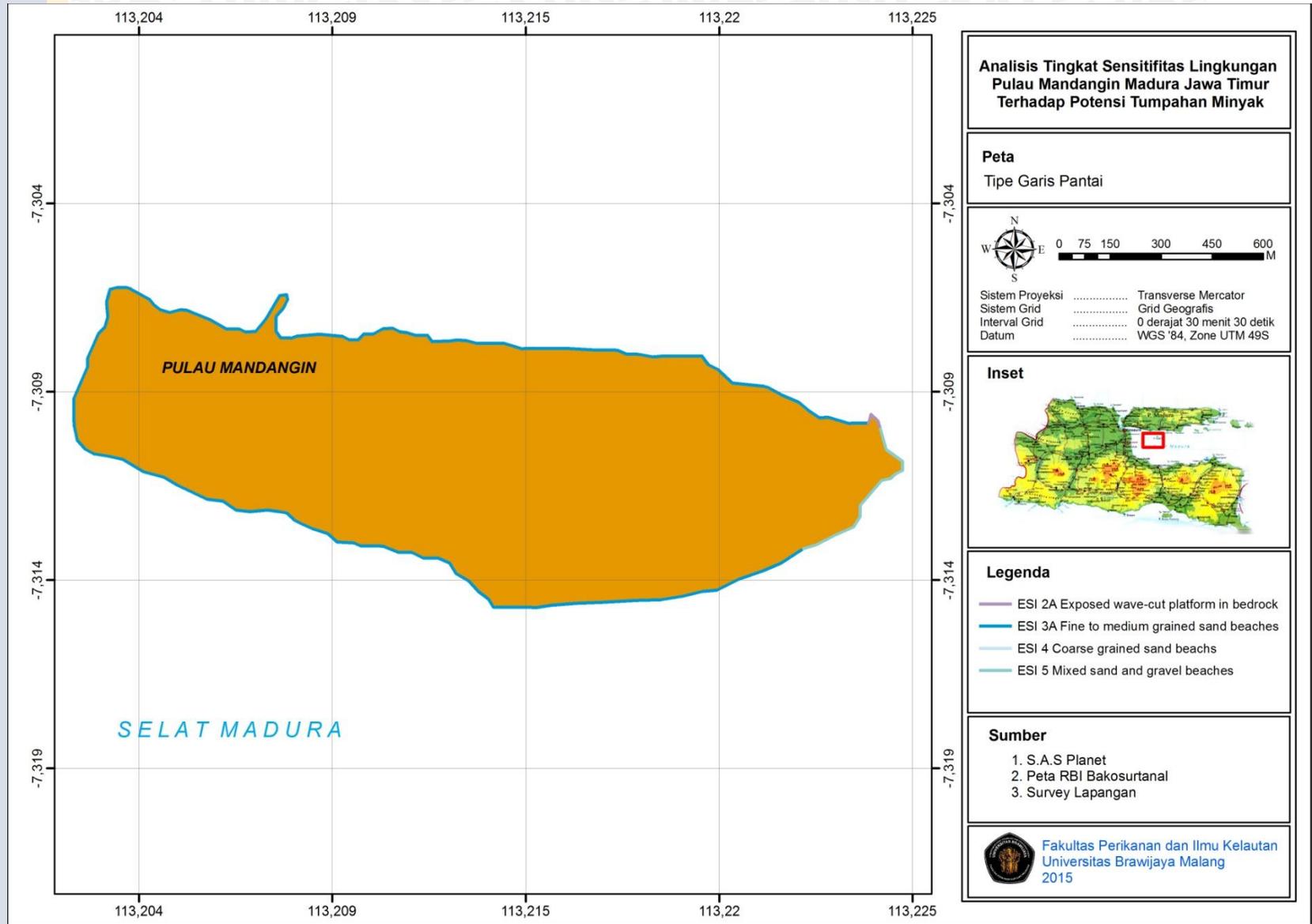
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Klasifikasi Garis Pantai

4.1.1.1 Tipe Garis Pantai

Berdasarkan hasil pengukuran pada peta yang disertai dengan verifikasi lapangan diperoleh total panjang garis pantai Pulau Mandangin kurang lebih adalah 6 km. Pesisir Pulau Mandangin pada umumnya merupakan pantai berpasir putih halus, sedang, bahkan campuran dan beberapa lokasi merupakan pantai dengan platform berbatu. Pada bagian utara Pulau Mandangin mayoritas tipe garis pantainya berupa pasir putih yang halus, dan pada bagian utara ini telah dibangun tembok batu yang difungsikan sebagai pelindung pantai dari terjangan ombak. Hal ini dikarenakan pada bagian utara Pulau Mandangin sangat padat dengan pemukiman warga dan karena di bagian utara Pulau Mandangin tidak terdapat ekosistem-ekosistem yang dapat menahan gelombang sehingga dibutuhkannya pelindung pantai buatan manusia. Pada bagian Barat masih didominasi tipe garis pantai berupa pasir putih halus hingga ukuran sedang, sedangkan pada bagian Selatan di dominasi oleh tipe garis pantai berupa substrat campuran yang terdiri dari pasir putih halus, bebatuan kecil atau sejenis kerikil dan pecahan-pecahan karang yang telah mati, Kemudian Pada bagian Timur terdapat sedikit tipe pantai bersubstrat platform bebatuan dan didominasi oleh tipe garis pantai berupa campuran sama seperti pada bagian selatan. Peta tipe garis pantai lokasi penelitian disajikan pada Gambar 13.

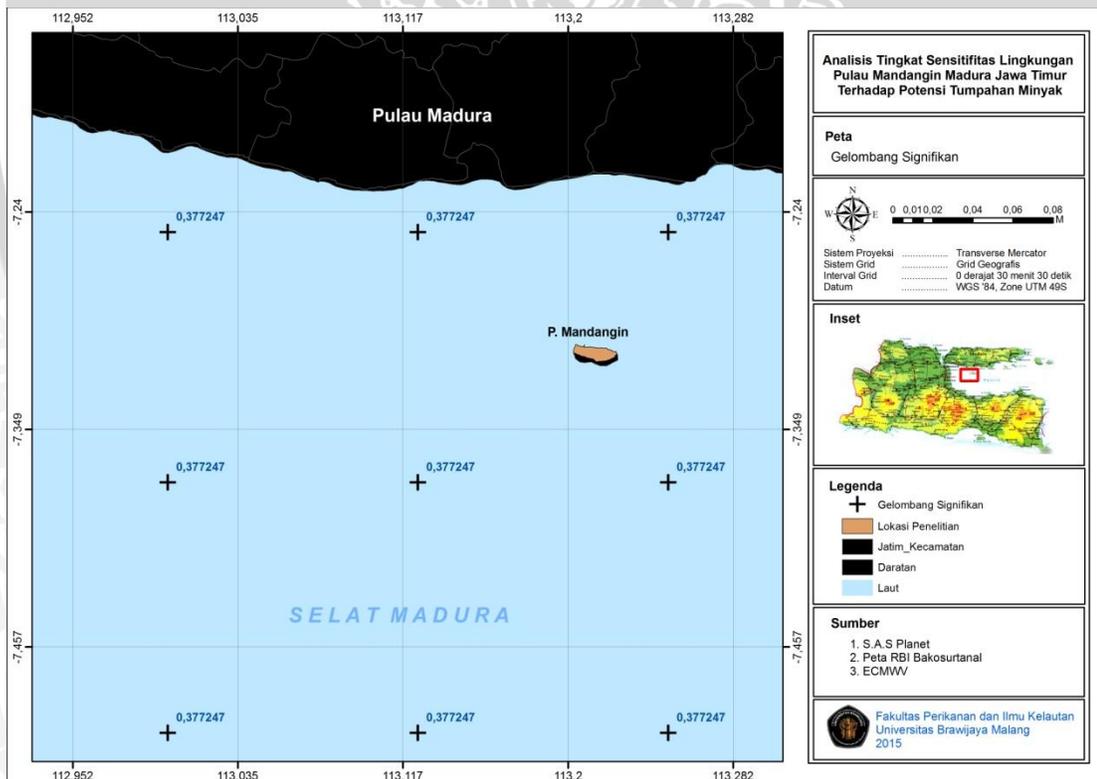


Gambar 13. Peta Tipologi

4.1.1.2 Karakteristik Hidro Oseanografi

4.1.2.1 Gelombang, Arus, dan Pasang Surut

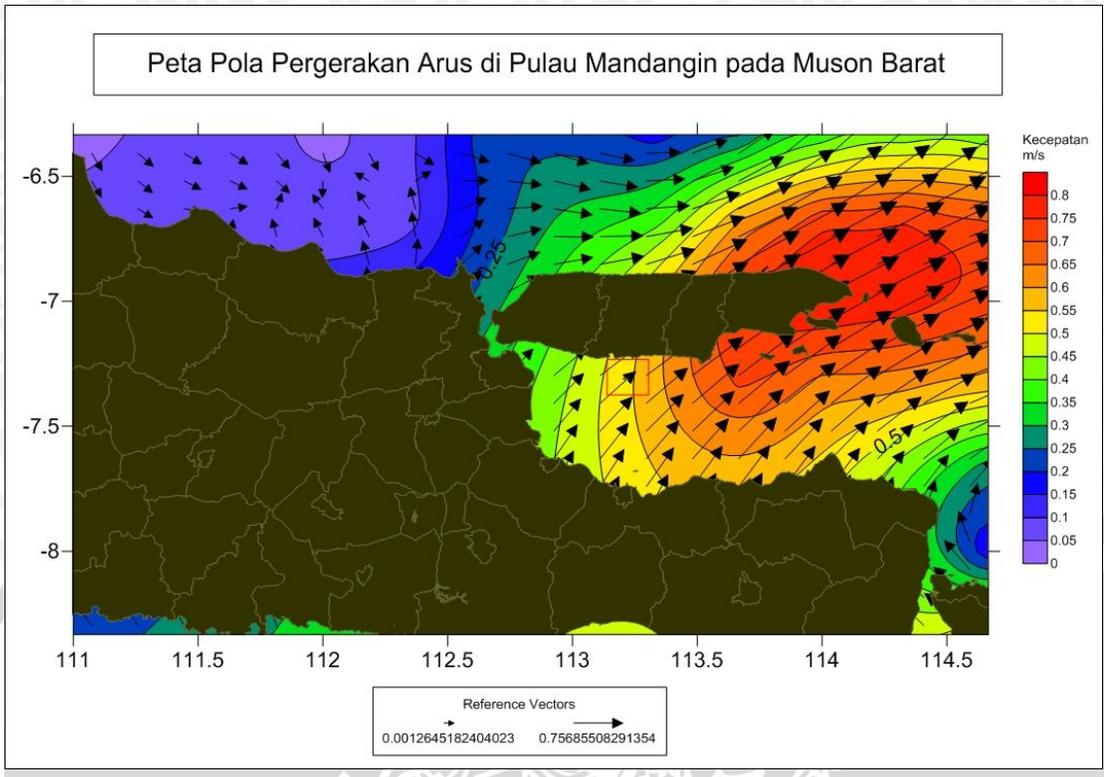
Besarnya tinggi gelombang yang terjadi disekitar wilayah Pulau Mandangin selama satu tahun terakhir diperoleh dengan menggunakan data yang didapatkan dari ECMWF. Wilayah perairan di sekitar pesisir Pulau Mandangin yang termasuk perairan Selat Madura diketahui rata-rata tinggi gelombang signifikan berada pada kisaran nilai 0,377 meter. Dengan kisaran nilai tinggi gelombang signifikan 0,377 meter dapat dikatakan bahwa Pulau Mandangin memiliki gelombang yang rendah, hal ini kemungkinan dikarenakan Pulau Mandangin yang berada di perairan Selat Madura sehingga tidak terpapar langsung dengan samudra. Peta gelombang signifikan perairan Pulau Mandangin disajikan pada Gambar 14.



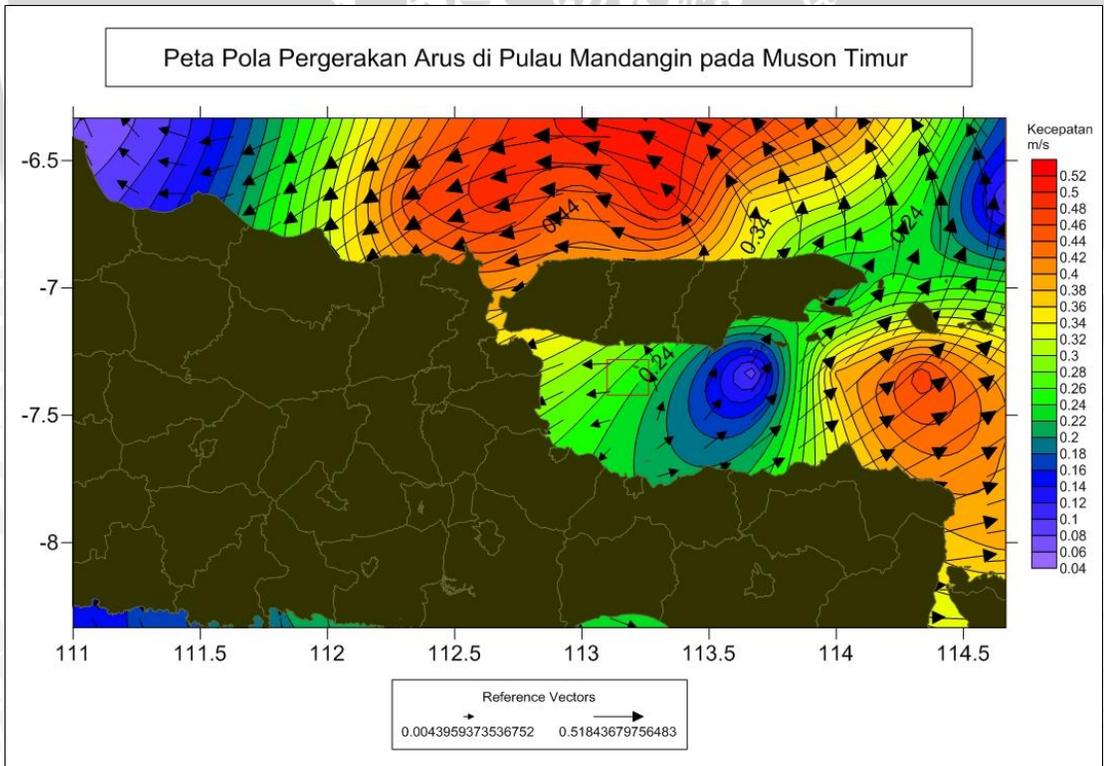
Gambar 14. Peta gelombang signifikan

Kondisi arus di perairan Pulau Mandangin dapat dibedakan menjadi arus pada saat muson barat dan arus pada saat muson timur. Hasil yang diperoleh dari pengolahan data yang didapatkan dari OSCAR menyatakan bahwa arus pada saat muson barat bergerak ke arah timur dan memiliki kecepatan 0,55 hingga 0,6 m/s. Sedangkan pada saat muson timur, arus bergerak ke arah barat dan memiliki kecepatan 0.24 hingga 0.26 m/s. Peta pola sebaran arus muson barat perairan Pulau Mandangin disajikan pada Gambar 15 dan peta pola sebaran arus muson timur perairan Pulau Mandangin disajikan pada Gambar 16.

Kedua parameter tersebut (gelombang dan arus) sangat penting untuk menentukan tingkatan sensitifitas lingkungan suatu lokasi terhadap potensi tumpahan minyak. Jika energi gelombang dan arus tinggi, akan lebih mudah menghilangkan minyak secara alami dan memiliki potensi pembersihan yang lebih cepat, sebaliknya bila energi gelombang dan arus rendah maka akan lebih susah menangani tumpahan minyak secara alami, minyak akan lebih lama tertahan di perairan ataupun akan lama berada dipesisir. Menurut Hayes (1993) tinggi gelombang laut kurang dari satu meter dan arus pasut nya mempunyai pola musiman dikatakan memiliki tingkatan sedang.

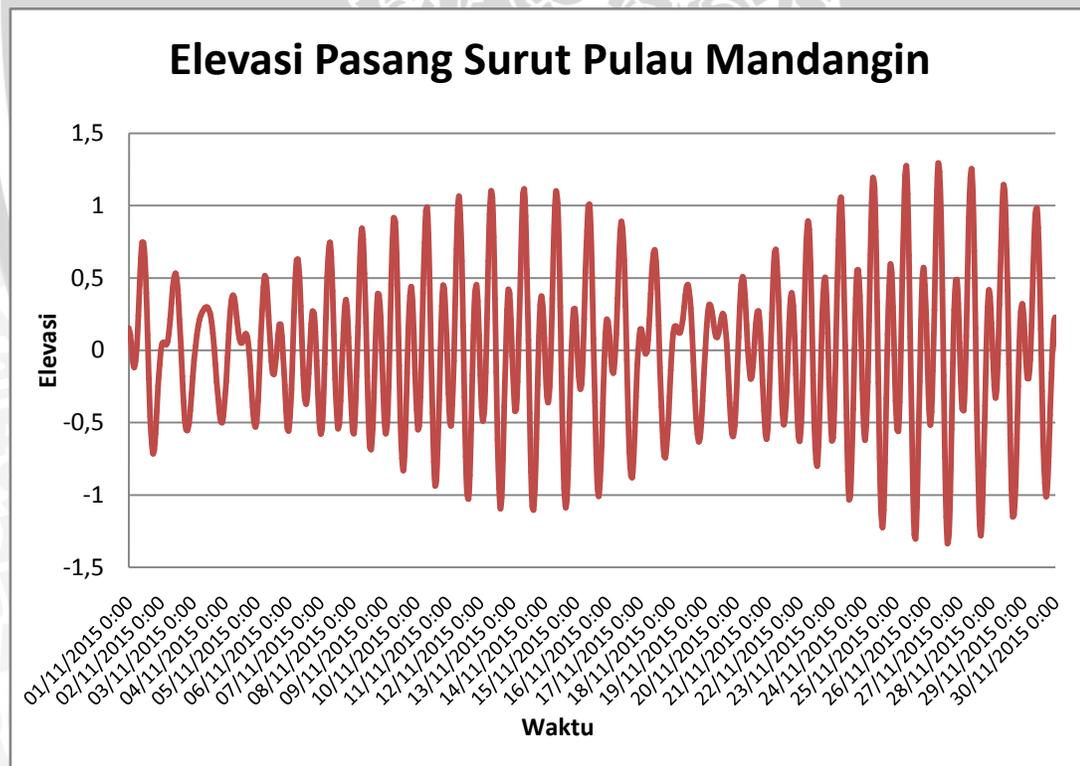


Gambar 15. Peta pola sebaran arus (muson barat)



Gambar 16. Peta pola sebaran arus (muson timur)

Menurut Fadilah et al (2013), tipe Pasang Surut dapat ditentukan berdasarkan bilangan Formzahl. Nilai $0,00 < F \leq 0,25$ adalah setengah harian (semidiurnal/ganda); $0,25 < F \leq 1,50$ adalah campuran dengan tipe ganda lebih menonjol (condong ganda); $1,50 < F \leq 3,00$ adalah campuran dengan tipe tunggal lebih menonjol (condong tunggal); $F > 3,00$ adalah harian (tunggal). Berdasarkan hasil pengolahan data pasang surut didapatkan hasil elevasi pasang surut di Pulau Mandangin seperti tersaji pada Gambar 17, dan diketahui Pulau Mandangin memiliki nilai bilangan formzahl sebesar 0,7060 dan tipe pasang surutnya merupakan tipe pasang surut campuran, dengan tipe ganda yang menonjol (*mixed, mainly diurnal*). Elevasi pasang surut Pulau Mandangin disajikan pada Gambar 17, sedangkan kondisi perairan Pulau Mandangin saat survey lapangan tersaji pada Gambar 18.



Gambar 17. Grafik Pendugaan Pasang Surut



Gambar 18. Kondisi perairan pulau mandangin

4.1.2.2 Kemiringan Pantai

Nilai kemiringan pantai didapatkan dengan cara mengukur langsung kemiringan pantai pada saat melakukan *ground check*. Peneliti mengambil 6 titik lokasi untuk pengukuran kemiringan pantai di Pulau Mandangin, Sampang Madura dan didapatkan hasil sebagai berikut :

Titik 1 : Y = 1,525 m dan X = 10 m

Titik2 : Y = 1,65 m dan X = 15,54 m

Titik3 : Y = 1,48 m dan X = 9,7 m

Titik4 : Y = 1,382 m dan X = 7,9 m

Titik5 : Y = 2,1 m dan X = 14,8 m

Titik6 : Y = 3,1 m dan X = 18,32 m

Dimana Y adalah tinggi dan X adalah panjang.

Nilai kemiringan pantai yang didapat pada titik 1 sebesar 15,25 %, titik 2 sebesar 10,61 %, titik 3 sebesar 15,25 %, titik 4 sebesar 17,49 %, titik 5 sebesar 14,19 %, dan titik 6 sebesar 16,92 %. Menurut Aqsar (2009), Kemiringan dikatakan

datar apabila memiliki nilai (0-8%), landai jika memiliki nilai (8%-15%), bergelombang jika memiliki nilai 15%-25%, curam jika memiliki nilai 25%-40%, dan dikatakan sangat curam jika memiliki nilai >40%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa Pulau Mandangin memiliki tingkat kemiringan yang landai hingga bergelombang.

4.1.2 Sumber daya Hayati

1. Padang Lamun

Perairan pesisir Pulau Mandangin memiliki ekosistem padang lamun yang cukup terjaga sehingga padang lamun di pulau ini masih cukup luas. Fungsi dari ekosistem lamun sendiri sangat penting, contohnya yaitu sebagai pengikat substrat, tempat berlindung dan mencari makan untuk ikan, dan masih banyak lainnya. Padang Lamun dapat ditemukan di wilayah perairan selatan dan timur dari Pulau Mandangin dan disajikan pada Gambar 19.

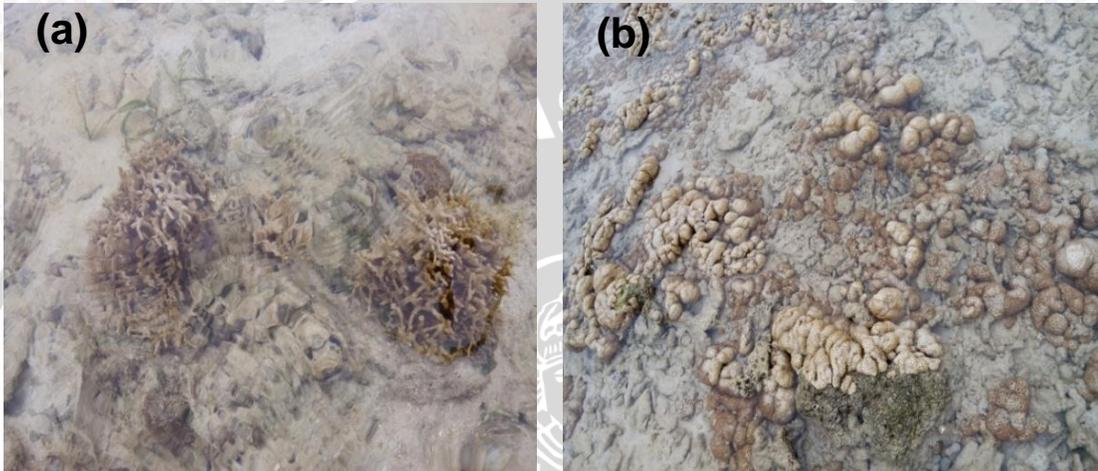


Gambar 19. Padang lamun

2. Terumbu Karang

Selain padang lamun, Pulau Mandangin dinilai sebagai salah satu pulau yang memiliki ekosistem terumbu karang yang cukup luas, tetapi kendala atau

masalah yang terjadi di Pulau Mandangin adalah kurangnya pengetahuan masyarakat lokal tentang arti pentingnya ekosistem terumbu karang bagi kehidupan perairan. Masih ada masyarakat yang menggunakan karang sebagai bahan bangunan dan sebagai hiasan pekarangan rumah. Dokumentasi terumbu karang dilokasi penelitian disajikan pada Gambar 20.



Gambar 20. Terumbu karang dilokasi penelitian; (a) sthylophora (b) porites

3. Burung Laut

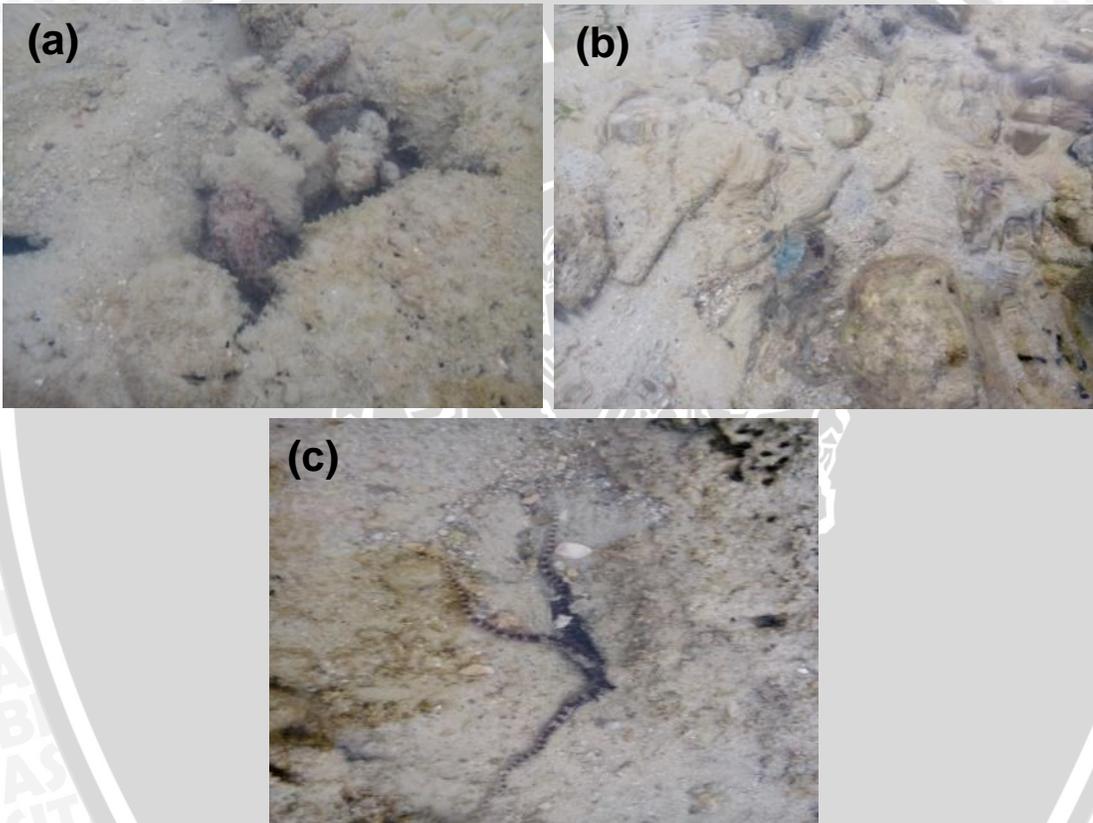
Burung laut banyak terlihat di sekitar perairan Pulau Mandangin, terlebih pada saat kondisi perairan surut. Burung laut terlihat berkoloni dan hinggap di bebatuan karang serta mencari makan pada wilayah timur Pulau Mandangin yang ditampilkan pada Gambar 21.



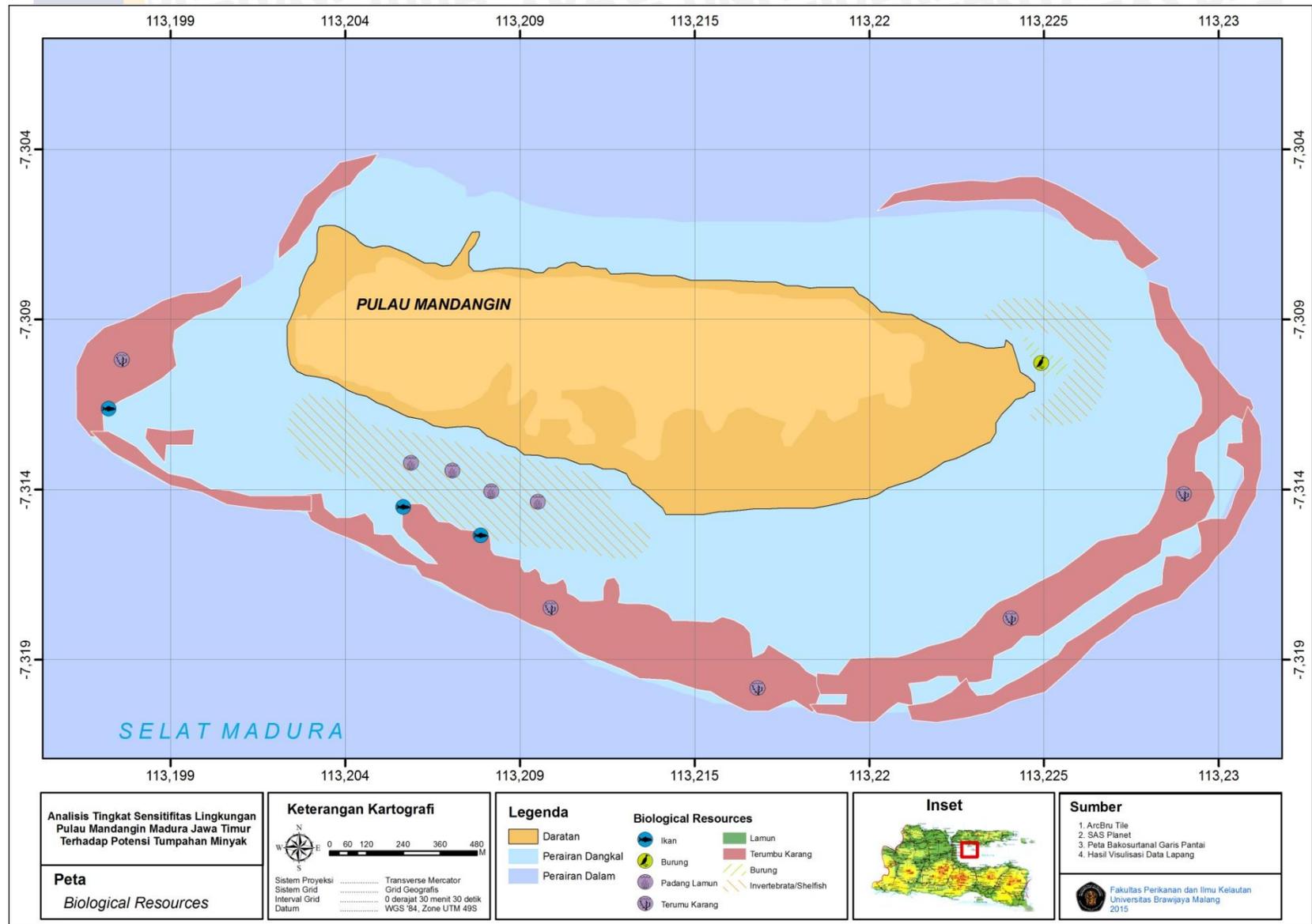
Gambar 21. Sekumpulan burunglaut

4. Biota Perairan

Dengan adanya ekosistem lamun dan ekosistem terumbu karang membuat biota air diperairan pulau mandaging cukup beragam, biota perairan terdiri dari berbagai jenis ikan, kepiting, bintang laut mungular, dan beragam bivalvia dapat ditemukan diperairan Pulau Mandaging. Beberapa biota perairan yang ditemukan pada saat dilapangan disajikan pada Gambar 22.



Gambar 22. Biota Perairan; (a) ikan batu (b) kepiting (c) bintang mungular



Gambar 23. Peta *Biological Resources*

4.1.3 Sumber daya Pemanfaatan

1. Kawasan Pelabuhan

Kawasan Pelabuhan di Pulau Mandangin berada pada bagian utara pulau, pelabuhan atau dermaga ini digunakan untuk kapal-kapal Transportasi penyebrangan ke pulau madura, dan sebagai tempat bersandarnya kapal-kapal pencari ikan milik nelayan Pulau Mandangin. Selain di Utara, bagian selatan juga biasa digunakan untuk tempat menyandarkan kapa-kapal nelayan di Pulau Mandangin.

2. Kawasan Perikanan

Kawasan Perikan adalah kawasan atau daerah strategis untuk melakukan segala aktifitas perikanan seperti perikanan tangkap ataupun budidaya perikanan. Potensi perikan di Pulau Mandangin cukup baik, tetapi beberapa tahun yang lalu para nelayan pernah memiliki sedikit kendala terhadap kapal-kapal milik PT Santos yang merusak jaring-jaring milik nelayan yang dipasang ditengah laut sehingga mengganggu aktifitas perikanan tangkap di sekitar perairan Pulau Mandangin.

3. Kawasan Pariwisata

Pulau Mandangin termasuk kawasan pariwisata yang diminati oleh banyak orang. Kawasan pariwisata yang sering dikunjungi adalah pantai pasir putih di bagian barat pulau mandangin serta pantai batu candin yang berada di Timur dari Pulau Mandangin. Pantai pasir Putih di wilayah barat Pulau Mandangin memiliki pasir putih yang lembut dan hamparan laut dan indah, dan biasa juga digunakan sebagai tempat melihat matahari terbenam di Pulau Mandangin, sedangkan di pantai batu candin memiliki garis pantai yang lebih beragam, disana terdapat batu karang besar yang dinamai dengan nama batu candin, disana kita dapat melihat

banyak burung laut, dan jika lebih dalam ke perairannya kita akan menjumpai Terumbu karang.

4. Kawasan Pemanfaatan Lainnya

a. Instalasi Air Bersih

Dipulau Mandangin terdapat bangunan instalasi air bersih dimana tempat ini adalah sebagai tempat penyulingan air laut atau air asin menjadi air bersih atau air tawar. Instalasi inilah yang menjadi sumber air bersih di Pulau Mandangin dan bangunan instalasi air bersih ini berada di wilayah Selatan Pulau Mandangin dan disajikan pada Gambar 24.



Gambar 24. Instalasi air bersih

b. Pembuatan dan Perawatan Kapal

Selain Bangunan instalasi air bersih, di Selatan Pulau Mandangin ini juga terdapat tempat untuk pembuatan, perbaikan, dan perawatan kapal. Tempat ini dikhususkan untuk membuat kapal-kapal baru, melakukan perbaikan kapal-kapal yang mengalami kerusakan, dan juga sebagai tempat perawatan kapal seperti pengecatan ulang pada kapal ataupun membersihkan bagian bagian pada kapal seperti yang disajikan pada Gambar 25.



Gambar 25. Tempat pembuatan, perbaikan, dan perawatan kapal

4.1.4 Sumber Potensi Tumpahan Minyak Di Pulau Mandangin

Berdasarkan pengamatan pada saat di lapang, Pesisir Pulau Mandangin cukup ramai dengan berbagai aktifitas aktifitas pelayaran untuk penyebrangan ke Kabupaten Sampang maupun pelayaran nelayan guna mencari ikan. Selain aktivitas tersebut, disekitar perairan pulau Mandangin juga terdapat aktivitas pertambangan MIGAS (pertambangan minyak dan gas). Aktivitas-aktivitas tersebut jelas membawa dampak positif bagi peningkatan ekonomi bagi Kabupaten Sampang maupun bagi masyarakat Pulau Mandangin itu sendiri. Akan tetapi aktivitas-aktivitas tersebut juga memiliki potensi memberikan dampak yang negatif, itu dikarenakan aktivitas tersebut memiliki potensi sebagai sumber pencemaran tumpahan minyak di perairan. Berikut adalah sumber potensi tumpahan minyak di perairan Pulau Mandangin berdasarkan skala dampak tumpahannya :

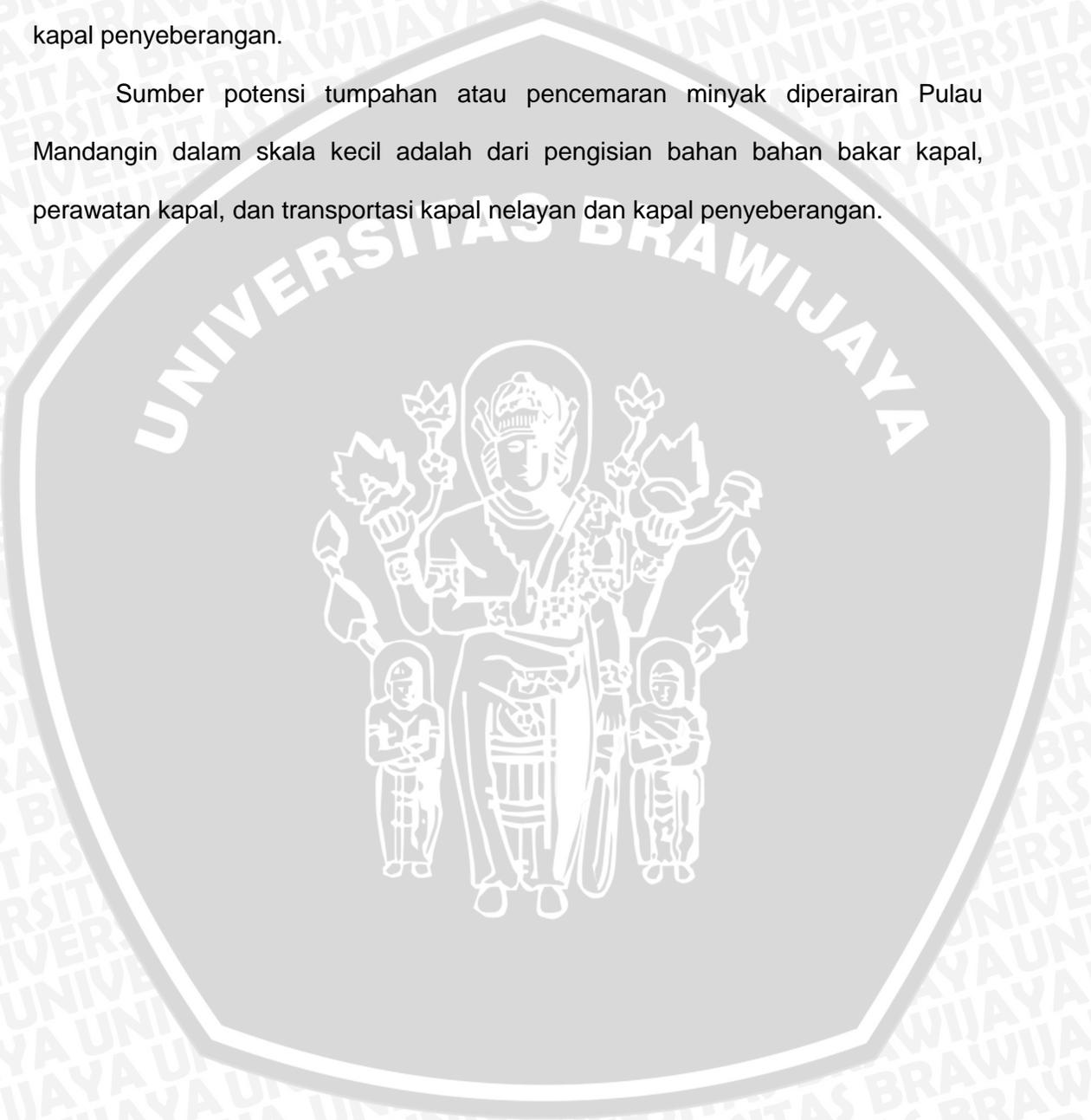
1. Pertambangan Minyak dan Gas Lepas Pantai

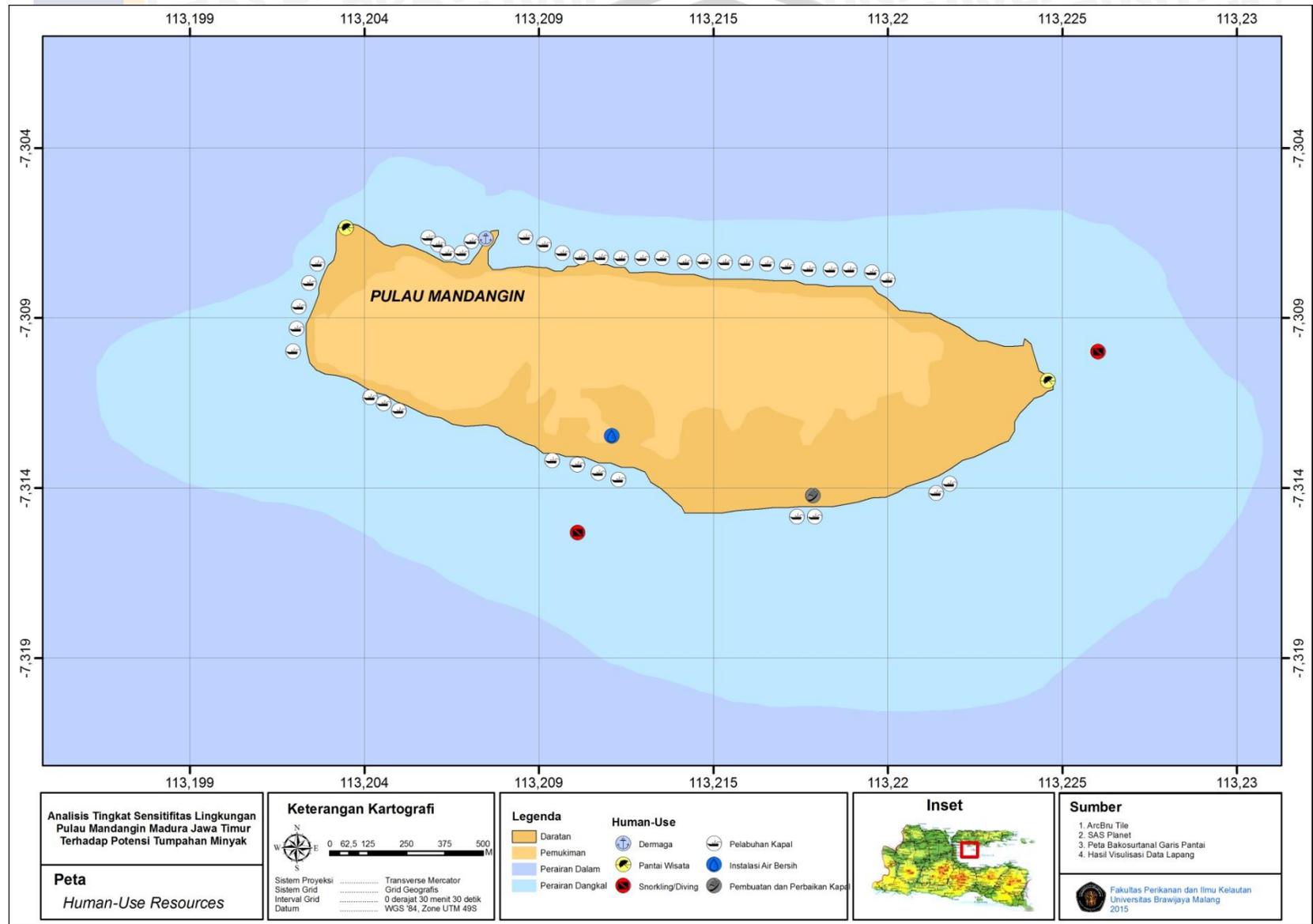
Sumber potensi tumpahan minyak yang utama dan dengan skala besar di Pulau Mandangin adalah pertambangan Migas di lepas pantai. Cukup Banyak Pertambangan Migas di perairan selatan kabupaten sampang, PT Santos adalah

salah satu Perusahaan Pertambangan Minyak dan eksplorasi migas terbaru dilakukan oleh PT. Husky Oil.

2. Pengisian bahan bakar, perawatan, dan transportasi kapal nelayan dan kapal penyeberangan.

Sumber potensi tumpahan atau pencemaran minyak diperairan Pulau Mandangin dalam skala kecil adalah dari pengisian bahan bakar kapal, perawatan kapal, dan transportasi kapal nelayan dan kapal penyeberangan.





Gambar 26. Peta *Human-use Resources*

4.2 Pembahasan

4.2.1 Tingkat Sensitifitas Lingkungan Berdasarkan Klasifikasi Garis Pantai

Menurut IPIECA (2007) tingkat sensitifitas lingkungan berdasarkan tipe garis pantai dapat dikategorikan menjadi tingkat sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan tingkat sangat tinggi seperti dijelaskan pada Tabel 6.

Tabel 5. Tingkat sensitifitas berdasarkan tipe garis pantai

ESI (1 - 10)		Simplified ESI
Indeks 1 dan 2	→	1 (Very low)
Indeks 3, 4, 5, dan 6	→	2 (Low)
Indeks 7	→	3 (Medium)
Indeks 8	→	4 (High)
Indeks 9 dan 10	→	5 (Very High)

Pulau Mandangin memiliki 3 tipe garis pantai. Menurut IPIECA (2007) pantai berpasir halus hingga pasir berukuran sedang termasuk tipe garis pantai dengan indeks 3, pantai dengan platform berbatu termasuk tipe garis pantai dengan indeks 2 dan pantai yang memiliki substrat campuran termasuk tipe garis pantai dengan indeks 5. Secara keseluruhan Pulau Mandangin memiliki tipe garis pantai berindeks 2, indeks 3, dan indeks 5, sehingga memiliki tingkat sensitifitas lingkungan yang sangat rendah hingga rendah terhadap potensi tumpahan minyak.

Menurut Sloan (1993), proses pembersihan tumpahan minyak akan menjadi lebih sulit dan minyak akan semakin sulit menghilang secara alami apabila berada pada kondisi wilayah yang memiliki energi gelombang kecil hingga sedang. Gelombang laut dengan tinggi ($h > 1\text{m}$) dan arus pasut kuat sepanjang musim

memiliki tingkat sensitifitas yang rendah, gelombang laut dengan tinggi ($h < 1\text{m}$) dan arus pasut mempunyai pola musiman memiliki tingkat sensitifitas yang sedang dan gelombang laut dan arus pasut terlindung morfologi pantai memiliki tingkat sensitifitas yang tinggi dan menurut (Wardhani *et al*, 2011), tipe pasang surut yang paling membantu pembersihan tumpahan minyak adalah wilayah yang memiliki tipe pasang surut *diurnal* (harian tunggal) karena pasang surut tipe ini terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari sehingga waktu bilas terhadap kawasan terdampak menjadi lebih banyak. Pulau Mandangin memiliki tinggi gelombang sebesar 0,377 meter, memiliki tipe arus musiman yaitu musim barat dengan kecepatan 0,55 hingga 0,6 m/s dan musim timur dengan kecepatan 0,24 hingga 0,26 m/s dan memiliki tipe pasang surut (campuran, condong harian ganda) *mixed tide, prevailing semi diurnal*. Dengan demikian Pulau Mandangin memiliki faktor hidro-oseanografi yang rendah hingga sedang.

Pulau Mandangin memiliki kemiringan pantai yang landai hingga bergelombang. Dan menurut (Wardhani *et al*, 2011), kawasan yang memiliki karakteristik fisik pantai dengan bentuk tipe pantai yang landai dan terbuka dengan substrat dasar penyusun pantai yang berbeda rentan terhadap adanya tumpahan minyak. Karena kondisi pantai yang landai ini menyebabkan waktu tinggal minyak menjadi lebih lama dengan daerah kontaminasi yang lebih luas.

4.2.2 Tingkat Sensitifitas Lingkungan Berdasarkan *Biological Resources*

Pulau Mandangin memiliki sumber daya hayati pesisir yang sangat beragam yaitu, terumbu karang, lamun, rumput laut, sumber daya ikan, hingga sumber daya invertebrata perairan. Maka wajar apabila wilayah perairan Pulau Mandangin dianggap rentan akan terjadinya pencemaran tumpahan minyak karena jika perairan

ini terjadi tumpahan minyak maka akan banyak ekosistem dan biota-biota perairan yang terganggu oleh zat pencemar minyak, dan dengan kondisi faktor hidro-oseanografi yang cukup rendah diperairan ini, sehingga membuat minyak akan tertahan cukup lama di perairan karena minyak tidak dapat terbawa secara cepat ke daratan. Lain halnya apabila kondisi faktor hidro-oseanografi nya tinggi, minyak yang terdapat pada suatu perairan akan lebih cepat terbawa ke daratan atau kemungkinan dapat dibersihkan secara alami.

4.2.3 Tingkat Sensitifitas Lingkungan Berdasarkan *Human-use Resources*

Selain sumber daya hayati, di Pulau Mandangin memiliki sumber daya pemanfaatan yang cukup beragam yaitu dermaga atau pelabuhan, instalasi air bersih, tempat bersandarnya kapal-kapal nelayan maupun kapal-kapal penyebrangan, tempat pembuatan, perbaikan, dan pemeliharaan kapal, dan tempat-tempat untuk mencari ikan dan sejenisnya. Jika terjadi tumpahan minyak di Pulau Mandangin ini jelas akan mengganggu dan akan merugikan masyarakat Pulau Mandangin, salah satu contohnya adalah terhadap instalasi air bersih. Instalasi air bersih di pulau Mandangin adalah tempat memproduksi air bersih dengan metode penyulingan air laut di sekitaran pulau, jika terjadi tumpahan minyak maka air bersih akan lebih sulit didapatkan dikarenakan air laut yang digunakan sebagai bahan baku untuk air bersih telah tercampur atau tercemari oleh minyak.

4.2.4 Analisis Tingkat Sensitivitas Lingkungan Pulau Mandangin Terhadap Potensi Tumpahan Minyak

Hasil dari pengamatan di lapangan, didapatkan data *biological resources*, *human-use resource* dan tipe garis pantai yang dijelaskan pada Tabel 6, Tabel 7 dan Tabel 8 berikut.

Tabel 6. *Biological Resources*

Lokasi	Biological Resources								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pulau Mandangin	√	√	-	√	√	√	√		-

Keterangan :

- | | | |
|-------------------|----------------|--|
| 1. Terumbu Karang | 4. Rumpun Laut | 7. <i>Ivertebrates (shelfish & insect)</i> |
| 2. Padang Lamun | 5. Ikan | 8. Mamalia Laut |
| 3. Mangrove | 6. Burung Laut | 9. Reptil / Amfibi |

Tabel 7. *Human use Resources*

Lokasi	Human-use Resources									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pulau Mandangin	√	√	√	√	√	√	√	-	-	-

Keterangan :

- | | |
|----------------------------------|-------------------------|
| 1. Dermaga | 6. Diving dan Snorkling |
| 2. Pendaratan Perahu | 7. Instalasi Air Bersih |
| 3. Pantai Wisata | 8. Depo BBM |
| 4. Kawasan Memancing | 9. Budidaya Perairan |
| 5. Pembuatan dan Perbaikan Kapal | 10. Situs Budaya |

Tabel 8. Tipe Garis Pantai

Lokasi	Tipe Garis Pantai									
	Index 1	Index 2	Index 3	Index 4	Index 5	Index 6	Index 7	Index 8	Index 9	Index 10
Pulau Mandangin	-	√	√	√	√	-	√	-	-	-

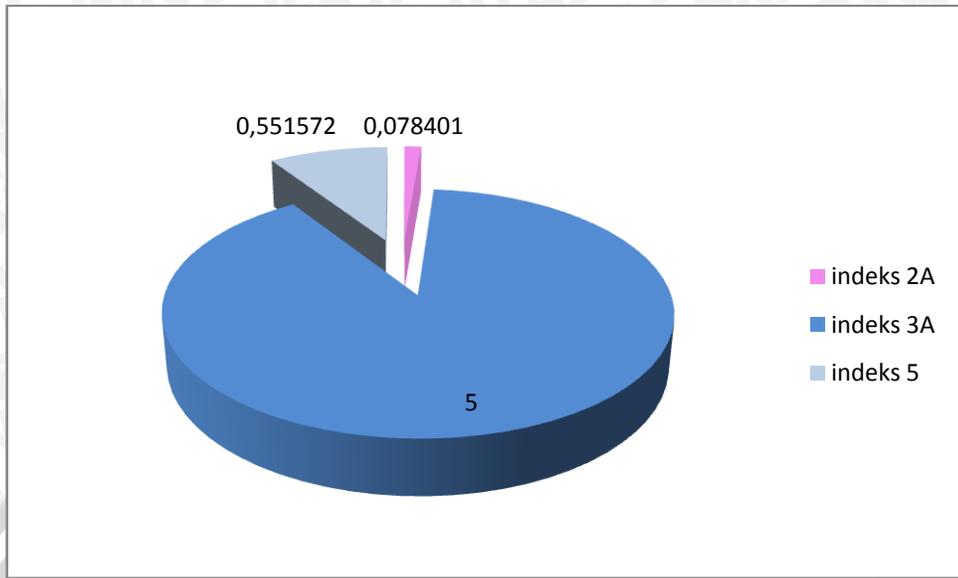
Keterangan :

- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Index 1 (1A, 1B, 1C) | 6. Index 6 (6A, 6B) |
| 2. Index 2 (2A, 2C) | 7. Index 7 |
| 3. Index 3 (3A, 3B) | 8. Index 8 (8A, 8B, 8C, 8D, 8E) |
| 4. Index 4 | 9. Index 9 (9A, 9B) |
| 5. Index 5 | 10. Index 10 (10A, 10B, 10C, 10D, 10E) |

Hasil tingkat sensitifitas lingkungan berdasarkan indeks ESI disajikan pada (Tabel 9), sedangkan diagram lingkaran tingkat sensitifitas lingkungan berdasarkan tipe garis pantai disajikan pada Gambar 27.

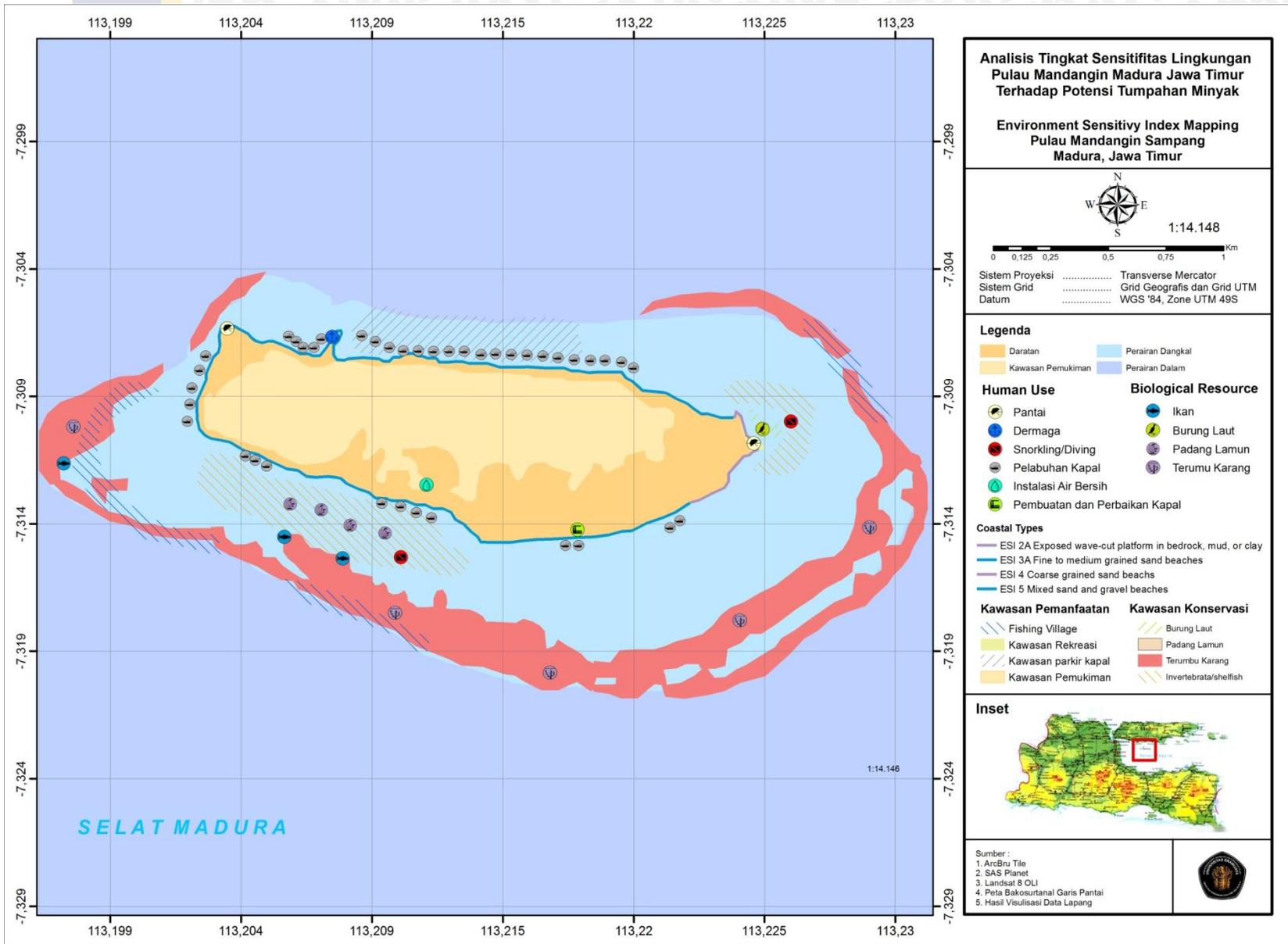
Tabel 9. Indeks dan Tingkat Sensitivitas Lingkungan Pulau Mandangin

Lokasi	Panjang Pantai	Indeks ESI	Nilai
Pulau Mandangin	6 Km	0,078401 Km	Index 2A Sangat Rendah
		5,377366 Km	Index 3A Rendah
		0,551572 Km	Index 5 Rendah



Gambar 27. Tingkat Sensitifitas Lingkungan Berdasarkan Garis Pantai

Peta *Environtmental Sensitivity Index for oil spill* di Pulau Mandangin Kabupaten Sampang Madura, Jawa Timur yang didalamnya terdapat informasi tipe garis pantai, *biological resources*, dan *human-use resources* tersaji pada Gambar 28.



Gambar 28. Peta *Environmental Sensitivity Index* for Oil Spil Pulau Mandangin

Berdasarkan peta indeks sensitivitas lingkungan pesisir di Pulau Mandangin (Gambar 28), diketahui bahwa Pulau Mandangin memiliki tingkat sensitivitas yang sedikit bervariasi. Wilayah yang memiliki tingkat sensitivitas sangat rendah dengan indeks 2A dikarenakan pada wilayah tersebut memiliki tipologi pantai platform batuan dasar. Jika terjadi tumpahan minyak dilokasi ini maka minyak akan terperangkap di platform berbatu dan dapat dibersihkan lebih cepat. Wilayah yang memiliki tingkat sensitivitas rendah dengan indeks 3A dan 4 hal ini dikarenakan pada wilayah tersebut memiliki tipologi pantai berpasir halus dan berpasir kasar serta ada beberapa titik yang merupakan pantai berpasir campuran kerikil. Jika terjadi tumpahan minyak dilokasi ini maka minyak yang berada dipasir akan lebih mudah dibersihkan karena pasir akan meniriskan air dan minyak yang menempel pada substrat kasar akan lebih mudah dibersihkan. Akan tetapi keberadaan sumber daya hayati dan sumber daya pemanfaatan di Pulau Mandangin sangat sensitif, ditambah dengan faktor hidro-oseanografi yang cukup rendah hingga sedang sehingga membuat faktor hidro-oseanografi tidak dapat berperan aktif dalam pembersihan secara alami dan tumpahan minyak yang tersebar di kawasan tersebut akan lebih lama untuk tinggal diperairan Pulau Mandangin.

Jika dilihat dari tipe garis pantai, Pulau Mandangin memiliki tipe indek 2A, indeks 3A, dan indeks 5 sehingga Pulau Mandangin memiliki tingkat sensitifitas lingkungan terhadap potensi tumpahan minyak yang rendah hingga sangat rendah. Selanjutnya jika dilihat dari faktor hidro-oceanografi, Pulau Mandangin memiliki nilai faktor hidro-oceanografi yang relatif kecil sehingga faktor hidro-oseanografi di Pulau Mandangin tidak dapat berperan aktif dalam penanggulangan atau pembersihan minyak secara alami. Apabila dilihat dari faktor kemiringan pantai, Pulau Mandangin memiliki nilai kemiringan pantai yang sedang yaitu berkisar antara 15-30%. Jika

dilihat dari sumber daya hayati dan sumber daya pemanfaatan, Pulau Mandangin memiliki sumber daya hayati dan sumber daya pemanfaatan yang cukup beragam dan memiliki peran penting bagi kelestarian lingkungan maupun bagi masyarakat Pulau Mandangin. Sumber daya hayati maupun sumber daya pemanfaatan memiliki tingkat sensitifitas yang berbeda-beda. Untuk menentukan tingkat sensitifitas suatu lingkungan tidak bisa hanya dengan satu atau dua parameter saja. Hal ini dikarenakan konsep sensitifitas merupakan suatu konsep relatif, dimana tidak ada metode tunggal untuk memprioritaskan suatu situs atau tempat-tempat yang sensitif maupun sumber daya yang beresiko terhadap potensi tumpahan minyak (IPIECA, 2012).

Dapat disimpulkan bahwa Pulau Mandangin memiliki tingkat sensitifitas lingkungan yang rendah hingga sedang terhadap potensi tumpahan minyak berdasarkan garis pantai (tipe garis pantai, faktor hidro-oseanografi, dan kemiringan pantai), dan memiliki tingkat sensitifitas lingkungan yang sedang hingga tinggi berdasarkan sumber daya hayati (*biological resources*) dan sumber daya pemanfaatan oleh manusia (*human-use resources*). Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2015), kategori lingkungan sangat sensitif atau paling sensitif merupakan kawasan yang sangat sensitif terhadap pencemaran minyak, yaitu wilayah dengan sumber daya pesisir yang mudah rusak akibat tercemar minyak. Selain itu sumber daya alamnya memiliki produktivitas yang tinggi dan memiliki kontribusi besar terhadap ekosistem dan masyarakat di sekitarnya. Kategori Lingkungan Peka merupakan sumber daya pesisir yang peka terhadap pencemaran minyak, yaitu sumber daya yang mudah rusak dan memerlukan waktu yang lama untuk memperbaharainya, sehingga perlu mendapat respon tinggi apabila terkena pencemaran minyak. Sedangkan kategori Lingkungan Kurang Peka

merupakan kawasan yang kurang peka terhadap akibat pencemaran minyak. Kategori ini umumnya dicirikan oleh tipe penutupan non mangrove dan pemukiman. Sehingga Pulau Mandangin pada bagian timur dan selatan memiliki tingkat sensitifitas yang lebih tinggi dari pada Pulau Mandangin bagian barat dan utara. Hal ini dikarenakan pada bagian timur dan selatan memiliki sumber daya hayati dan sumber daya pemanfaatan yang lebih kompleks jika dibandingkan dengan Pulau Mandangin pada bagian barat dan utara , dan juga bagian barat dan selatan Pulau Mandangin tidak memiliki bangunan pelindung pantai seperti pada bagian timur dan utara. Dengan demikian Pulau Mandangin bagian Timur dan Selatan merupakan wilayah prioritas dalam upaya penanggulangan dan penanganan tumpahan minyak.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil dari penelitian tentang tingkat sensitifitas lingkungan terhadap potensi tumpahan minyak, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Potensi sumber daya hayati (*biological resources*) yang dimiliki Pulau Mandangin adalah ekosistem terumbu karang, ekosistem lamun, populasi burung laut dan biota-biota perairan yang cukup beragam, sedangkan sumber daya pemanfaatan (*human-use resources*) yang dimiliki Pulau Mandangin meliputi dermaga kapal, instalasi air bersih, *spot snorkling/diving*, kawasan rekreasi dan lain-lain.
2. Tingkat sensitivitas lingkungan di Pulau Mandangin pada wilayah Timur dan Selatan memiliki tingkat sensitifitas yang lebih tinggi dibandingkan pada wilayah Barat dan Utara sehingga Pulau Mandangin wilayah Timur dan Selatan merupakan wilayah prioritas dalam upaya penanggulangan tumpahan minyak.
3. Ekosistem dan objek pesisir yang sensitif terhadap dampak potensi tumpahan minyak di pesisir Pulau Mandangin yaitu ekosistem lamun dan ekosistem terumbu karang, serta sumber daya pemanfaatan yaitu instalasi air bersih.

5.2 Saran

Perlu adanya penelitian yang lebih mendalam untuk mendapatkan lebih banyak metode tentang pemetaan kerentanan suatu wilayah beserta indeks sensitifitas lingkungan terhadap potensi tumpahan minyak. Disamping itu, kajian tentang analisis hubungan antara *ESI Mapping* dan pemetaan kerentanan fisik wilayah pesisir terhadap tutupan lahan maupun ekosistem wilayah pesisir merupakan sebuah ide penelitian yang dapat dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisaputra, A. 2010. Modul Pelatihan Pembangunan Indeks Kerentanan Pantai: Modul Pengolahan Data Rata-Rata Tunggang Pasut.
- Aini, A. 2009. SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS PENGERTIAN DAN APLIKASINYA. Staff Pengajar STMIK AMIKOM. Yogyakarta
- Aqsar, Z. E. 2009. Hubungan Ketinggian dan Kelerengan dengan Tingkat Kerapatan Vegetasi Menggunakan Sisem Informasi Geografis di Taman Nasional Gunung Leuser. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara Indonesia.
- Ciptakarya. 2012. Reverse Osmosis Hapus Dahaga Desa Nelayan Pulau Mandangin. Buletin Ciptakarya Kebayoran Baru. Jakarta.
- Fadilah, Suripin, dan D. P. Sasongko. 2013. Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty. Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia
- Fakhrudin. 2004. Dampak Tumpahan Minyak Pada Biota Laut. Jakarta : Kompas
- Furkhon. 2010. Analisis Pencemaran Laut Akibat Tumpahan Minyak di Laut. Bandung : Unpad
- Gornitz, V. 1991. Global Coastal Hazard from Future Sea Level Rise. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol (Global Planet. Change Section)*. 89:379-398.
- Handayani, D dan S. Agung. 2003. Remote Sensing Penginderaan Jauh. EDISI MEI 2003, Volume VIII, No.2. ISSN: 0854-9524
- IPIECA. 2012. *Sensitivity Mapping for Oil Spill Response. The global oil and Gas Industry Association for Environmental and Social issues*. London.
- Kabupaten Sampang. 2013. Potensi dan Produk Unggulan Jawa Timur.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2015. Penyusunan Peta Kepekaan Lingkungan Pesisir dan Laut Teluk Benoa, Bali. Direktorat Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Pesisir dan Laut - Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.
- Kuncowati. 2012. Pengaruh pencemaran minyak dilaut terhadap ekosistem laut. jurusan nautika program diploma pelayaran universitas Hang Tuah.
- Migas Indonesia. 2004. Potensi Kecelakaan di Pertambangan Migas Lepas Pantai. Jogja Pustaka Mandiri. Yogyakarta.
- Minasari, S. J. I. 2014. Dampak Pecemaran Air Laut Akibat Tumpahan Minyak.

NOAA. 2014. What is an environmental sensitivity index map?.An environmental sensitivity index map provides a concise summary of coastal resources that could be at risk in the event of an oil spill. Diakses dari <http://oceanservice.noaa.gov/facts/esimap.html>, pukul 18.00 WIB tanggal 27 Oktober 2015.

NOAA/National Oceanic and Atmospheric Administration. 2002. *Environmental Sensitivity Index Guidelines. Version 3.0*.NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 11.

Noviani, E. W. 2015. Analisa Tingkat Sensitivitas Lingkungan Pesisir Kabupaten Karangasem Bali Terhadap Potensi Tumpahan Minyak (*oil spill*). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang.

Pendleton, E A, E R Thielers, S J Williams. 2004. Coastal Vulnerability Assessment of Dry Tortugas National Park to Sea Level Rise. U.S. Department of the Interior dan U.S. Geological Survey. Virginia.

Sakka dan A. M. Anggi. 2010. Modul Pelatihan Pembangunan Indeks Kerentanan Pantai: Pengolahan Data Geomorfologi Pantai.

Satriyati, E. dan R. Devi. 2009. Upaya Pengentasan Kemiskinan di Madura sebagai Model Pengembangan Tanggung Jawab Sosial. Universitas Trunojoyo. Madura

Sloan, N.A. 1993. Effects of Oil on Marine Resources, Literature Study from the World Relevant for Indonesia. EMDI Project, Indonesia Ministry of Environment.

Sopiani, A. 2014. Menjaga Laut dari Pencemaran dan Perusakan. Mitra Edukasi Indonesia. Bandung

Sumadhidarga, K. dan M. K. Moosa. 1997. Program Rehabilitasi dan Pengelolaan Terumbu Karang. Oseanologi-LIPI.Jakarta

Syahrir, E W, Sakka, dan S. Arif. 2013. Analisis Kerentanan Pantai di Kabupaten Takalar.Program Studi Geofisika Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin.

Triatmodjo, B. 2008. Teknik Pantai. Beta Offset. Jakarta.

Utantyo, Hartono dan Sutikno. 2003. Aplikasi SIG untuk Pemetaan Indeks Kepekaan Lingkungan : Studi Kasus di Pesisir Cilacap dan Segara Anakan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Waluyo, H. 2014. Pedoman Penanggulangan Dampak Lingkungan Akibat Tumpahan Minyak di Laut. Jakarta.

Wardhani M. K, Sulistiono dan V. P. Siregar. 2011. Tingkat Kerentanan Lingkungan Pesisir Selatan Kabupaten Bangkalan Terhadap Potensi Tumpahan Minyak. Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan Vol. 3, No. 1



LAMPIRAN

Lampiran1.Simbol sumber daya hayati sensitif

birds	invertebrates (shellfish & insect)	terrestrial mammals
nesting bird	cephalopods (squid/octopus)	sea otter
diving bird	crab	seal/sea lion
gull/tern	lobster/crayfish	whale
alcid/pelagic bird	bivalves (oyster/clam/mussel)	dolphin
raptor	shrimp	manatee
shorebird	gastropods (conch/whelk/abalone)	marine mammals
wading bird	echinoderm	small mammals
waterfowl	insect	(polar) bear
passerine bird	insect	deer
flora and habitats	reptiles	bat
coral/hard bottom reef	alligator/crocodile	fish
submerged aquatic vegetation	turtle	fish
terrestrial plant	other reptiles/amphibians	nursery area
floating aquatic vegetation		
multi-group	threatened group of species	identification numbers
wildlife refuge, reserve, preserve	marine sanctuary	critical habitat
		national park



Lampiran 2. Kode Warna Klasifikasi Garis Pantai

Figure 3 Colour code of the Environmental Sensitivity Index

	1A Exposed rocky shore		8A Sheltered scarps in bedrock, mud or clay and sheltered rocky shore
	1B Exposed, solid man-made structures		8B Sheltered, solid man-made structures
	1C Exposed rocky cliffs with boulder talus base		8C Sheltered riprap
	2A Exposed wave-cut platforms in bedrock, mud or clay		8D Sheltered rocky rubble shores
	2B Exposed scarps and steep slopes in clay		8E Peat shorelines
	3A Fine- to medium-grained sand beaches		9A Sheltered tidal flats
	3B Scarps and steep slopes in sand		9B Vegetated low banks
	4 Coarse-grained sand beaches		9C Hypersaline tidal flats
	5 Mixed sand and gravel beaches		10A Salt and brackish water marshes
	6A Gravel beaches (granules and pebbles)		10B Freshwater marshes
	6B Riprap structures and gravel beaches (cobbles and boulders)		10C Swamps
	7 Exposed tidal flats		10D Mangroves



Lampiran 3. Klasifikasi garis pantai ESI



Index 1

- 1A Exposed rocky shore
- 1B Exposed, solid man-made structures
- 1C Exposed rocky cliffs with boulder talus base



Index 2

- 2A Exposed wave-cut platforms in bedrock, mud, or clay
- 2B Exposed scarps and steep slopes in clay



Index 3

- 3A Fine- to medium-grained sand beaches
- 3B Scarps and steep slopes in sand



Index 4

- Coarse grained sand beaches



Index 5

- Mixed sand and gravel beaches



Index 6

- 6A Gravel beaches (granules and pebbles)
- 6B Riprap structures and gravel beaches (cobbles and boulders)



ESI 7

Index 7

Exposed tidal flats (large sandy area often covered at high tide)



ESI 8A

Index 8

- 8A Sheltered scarps and sheltered rocky shores
- 8B Sheltered solid man-made structures (permeable)
- 8C Sheltered riprap
- 8D Sheltered rocky rubble shores
- 8E Peat shorelines



ESI 9A

Index 9

- 9A Sheltered tidal flats
- 9B Vegetated low banks
- 9C Hypersaline tidal flats



ESI 10D

Index 10

- 10A Salt and brackish water marshes
- 10B Freshwater marshes
- 10C Swamps
- 10D Mangroves
- 10E Inundated low-lying tundra



Lampiran 4. Tipe Pasang Surut.

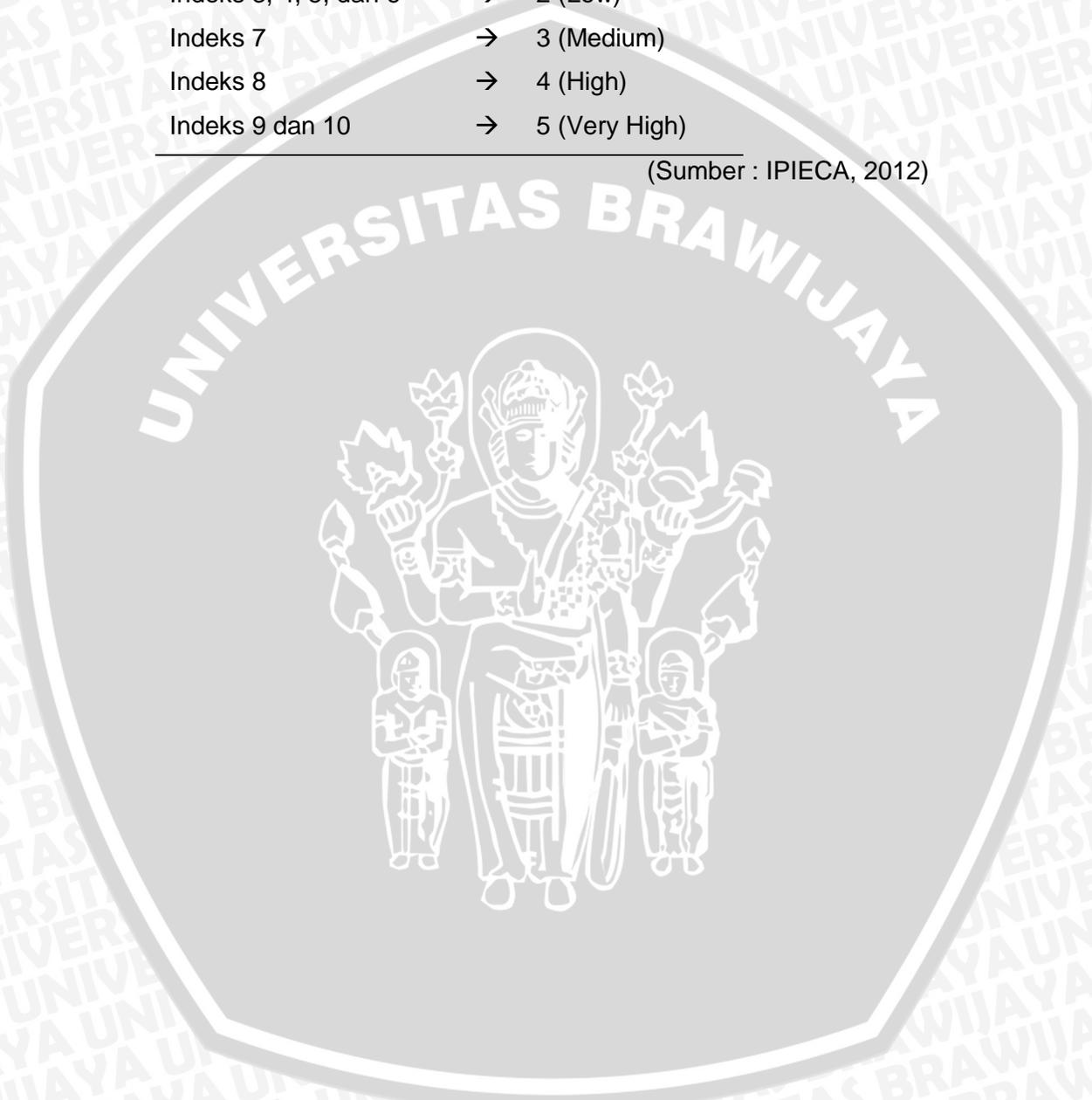
Lokasi	Koordinat	Nilai Formzhal
Pulau Mandangin	-7,31° LS 113,22° BT	0,7060

Nilai Formzhal	Tipe Pasang Surut	Keterangan
$0,00 < F \leq 0,25$	Setengah Harian (Semidiurnal/ Ganda)	Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. Bentuk gelombang simetris.
$0,25 < F \leq 1,50$	Campuran dengan tipe ganda lebih menonjol (Condong Ganda)	Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. Bentuk gelombang pasang pertama tidak sama dengan gelombang pasang kedua (asimetris) dengan bentuk condong semi diurnal.
$1,50 < F \leq 3,00$	Campuran dengan tipe tunggal lebih menonjol (Condong Tunggal)	Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. Bentuk gelombang pasang pertama tidak sama dengan gelombang pasang kedua (asimetris) dengan bentuk condong diurnal.
$F > 3,00$	Harian (Tunggal)	Dalam sehari terjadi sekali pasang dan sekali surut.

Lampiran 5. Ranking sensitivitas ESI

ESI (1 - 10)	Simplified ESI
Indeks 1 dan 2	→ 1 (Very low)
Indeks 3, 4, 5, dan 6	→ 2 (Low)
Indeks 7	→ 3 (Medium)
Indeks 8	→ 4 (High)
Indeks 9 dan 10	→ 5 (Very High)

(Sumber : IPIECA, 2012)



Lampiran 6. Data Kemiringan Pantai



Stasiun 1 : $(1,525/10) \times 100\% = 15,25 \%$

Stasiun 2 : $(1,65/15,54) \times 100\% = 10,61 \%$

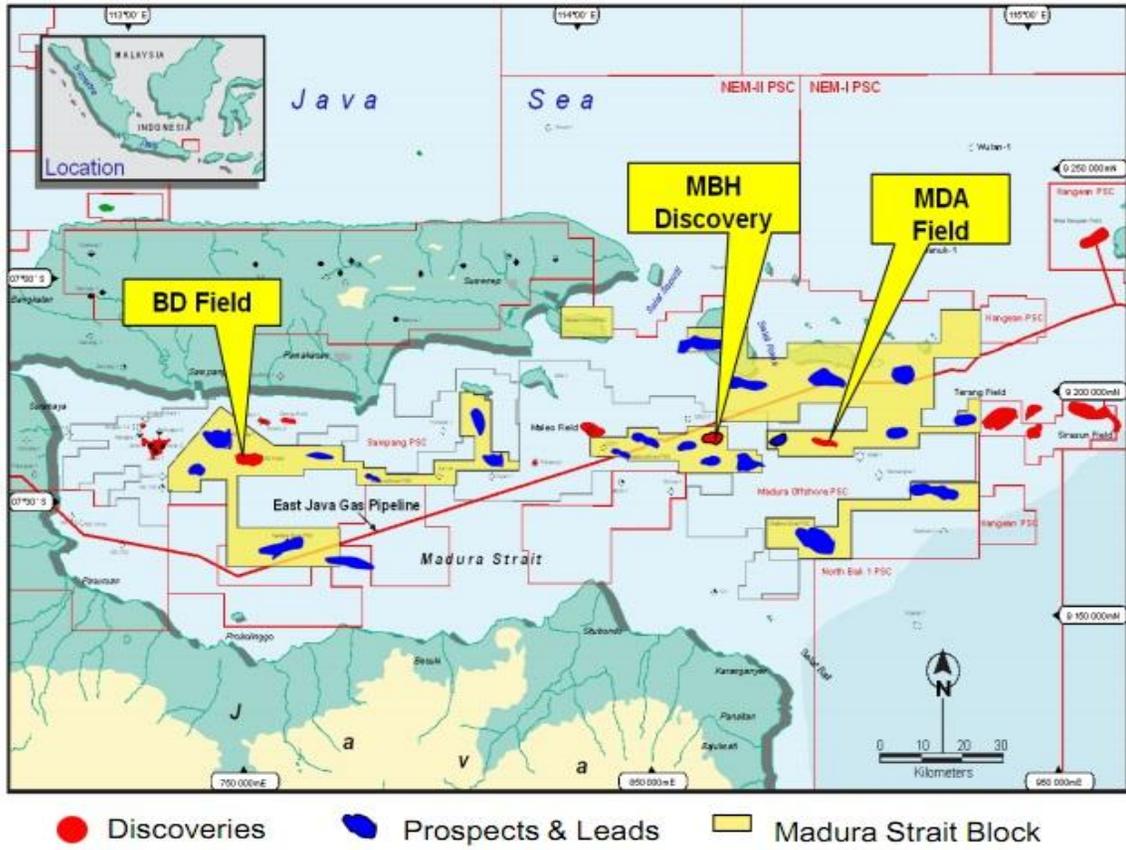
Stasiun 3 : $(1,48/9,7) \times 100\% = 15,25 \%$

Stasiun 4 : $(1,382/7,9) \times 100\% = 17,49 \%$

Stasiun 5 : $(2,1/14,8) \times 100\% = 14,19 \%$

Stasiun 6 : $(3,1/18,32) \times 100\% = 16,92 \%$

Lampiran 7. Peta Potensi Minyak dan Gas



(Sumber: 1derrick.com)



Lampiran 8. Dokumentasi Tipe Substrat di Pulau Mandangin



Keterangan :

- a. kerikil
- b. *plarform* berbatu
- c. campuran (*mixed*)
- d. campuran (*mixed*)



Ldampiran 9. Hasil Koordinat Lapangan

LintangSelatan (LS)	Bujur Timur (BT)	Lokasi
-7.310°	113.224°	Pantai Watu Candin
-7.310°	113.225°	Tempat Burung Laut
-7.310°	113.225°	Tempat Burung Laut
-7.307°	113.207°	Dermaga
-7.306°	113.203°	Pantai Pasir Putih
-7.312°	113.211°	Instalasi Air Bersih
-7.308°	113.215°	Pemukiman
-7.314°	113.208°	Padang Lamun
-7.317°	113.210°	Karang
-7.307°	113.212°	Kapal-kapal

Lampiran 10. Dokumentasi Lapangan



Lampiran 11. Pertambangan Migas di Perairan Pulau Mandangin

