

**SEBARAN TERUMBU KARANG DAN KESESUAIAN EKOWISATA BAHARI DI  
PERAIRAN PULAU MANDANGIN SAMPANG**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**YUDHA PRAWIRA MAULANA**

**NIM. 135080600111057**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN**

**JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KEALAUTAN**

**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2019**

**SEBARAN TERUMBU KARANG DAN KESESUAIAN EKOWISATA BAHARI DI  
PERAIRAN PULAU MANDANGIN SAMPANG**

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana**

**Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan**

**Universitas Brawijaya**

**Oleh:**

**YUDHA PRAWIRA MAULANA**

**NIM. 135080600111057**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN**

**JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**JULI, 2019**

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

SEBARAN TERUMBU KARANG DAN KESESUAIAN EKOWISATA BAHARI DI PERAIRAN PULAU MANDANGIN SAMPANG

Oleh:  
YUDHA PRAWIRA MAULANA  
NIM. 135080600111057

Telah dipertahankan didepan penguji  
Pada tanggal 4 Juli 2019  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Pembimbing 1

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing 2

  
Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.D  
NIP. 19621220 198803 1 004  
Tanggal : 18 JUL 2019

  
Andik Isdianto, ST., MT.  
NIP. 201309820928 1 001  
Tanggal : 18 JUL 2019

Mengetahui :  
Kepala Jurusan PSPK



  
Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi., MT  
NIP. 19780717 200502 1 004  
Tanggal 18 JUL 2019



Judul : **SEBARAN TERUMBU KARANG DAN KESESUAIAN EKOWISATA  
BAHARI DI PERAIRAN PULAU MANDANGIN**

Nama Mahasiswa : YUDHA PRAWIRA MAULANA

NIM : 135080600111057

Program Studi : Ilmu Kelautan

PENGUJI PEMBIMBING :

Pembimbing 1 : Ir. BAMBANG SEMEDI, M.Sc., Ph.D

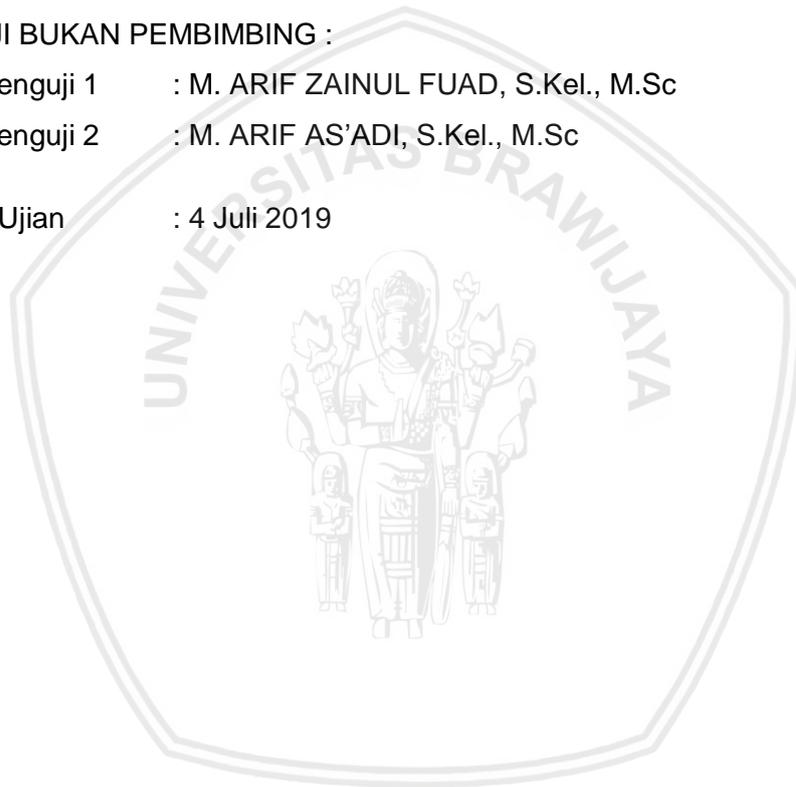
Pembimbing 2 : ANDIK ISDIANTO, ST., MT.

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING :

Dosen Penguji 1 : M. ARIF ZAINUL FUAD, S.Kel., M.Sc

Dosen Penguji 2 : M. ARIF AS'ADI, S.Kel., M.Sc

Tanggal Ujian : 4 Juli 2019



## UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memotivasi penulis, memberikan bantuan baik dalam tenaga dan materi, kritik dan saran serta doanya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala rahmat, karunia serta hidayah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Manusia hanya mampu untuk berencana, sedangkan Allah lebih mengetahui mana yang lebih baik untuk makhluk-Nya.
2. Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad Shallallahu 'alaihi wa Sallam yang telah membawa umat islam dari zaman jahiliyah menuju zaman yang di ridhai oleh Allah yaitu Islam.
3. Kedua orang tua tercinta, yakni Ayahanda Sunarjo dan Ibunda Istiharoh yang telah memberikan motivasi kepada penulis. Penulis sadar keterlambatan kelulusan ini merupakan kesalahan penulis, tetapi tidak pernah sedikit pun kalian lupa untuk memberikan semangat dan doa kepada penulis.
4. Kedua dosen pembimbing yakni Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.D dan Andik Isdianto, ST., MT. yang telah membimbing dan memberikan arahan penulis selama 2 tahun ini sehingga penulis bisa menyelesaikan laporan skripsi.
5. Seluruh tenaga pendidik Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya yang telah memberikan ilmunya selama penulis duduk di bangku perkuliahan.

6. Dinas Kelautan dan Perikanan Sampang, perangkat Desa Mandangin dan masyarakat mandangin yang telah membantu memfasilitasi dan memberikan ijin untuk melakukan penelitian di Pulau Mandangin.
7. Ali Rahmatullah dan Dany Fachrun yang telah membantu dalam pengambilan data di lapang. Rangga Pangestu, Gezza Anggara, Guntoro Algadri, dan Ihya Ulumuddin yang telah membantu dalam penyusunan laporan skripsi.
8. Mahasiswa bimbingan Pak Bambang angkatan 2012 dan 2013 yang sedang mengurus laporan skripsinya. Semoga kita semua dimudahkan dalam penyusunan dan ujian skripsi.



## RINGKASAN

**YUDHA PRAWIRA MAULANA.** Skripsi tentang Sebaran Terumbu Karang dan Kesesuaian Ekowisata Bahari di Perairan Pulau Mandangin Sampang. (dibawah bimbingan Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.D dan Andik Isdianto, ST., MT)

---

---

Destinasi wisata di Pulau Madura mengalami peningkatan terutama untuk wisata bahari. Kabupaten Sumenep telah memanfaatkan Pulau Gili Labak untuk dikembangkan wisata bahari. Pulau Mandangin merupakan satu-satunya pulau yang dimiliki oleh Kabupaten Sampang. Potensi yang dimiliki Pulau Mandangin berupa wisata pantai dan keberadaan terumbu karang. Keberadaan Pulau Mandangin bisa dijadikan sebagai destinasi wisata lain di Madura, sehingga perlu adanya penelitian tentang kelayakan Pulau Mandangin untuk dimanfaatkan sebagai daerah wisata.

Tujuan dalam penelitian ini adalah mengetahui perubahan luasan terumbu karang berdasarkan citra satelit Landsat-8 pada tahun 2013 – 2017 dan persentase tutupan terumbu karang, serta kesesuaian habitat ekosistem terumbu karang untuk ekowisata bahari.

Penelitian ini menggunakan metode penginderaan jauh dan survei. Observasi terumbu karang menggunakan metode *Line Intercept Transect* (LIT) dan analisis kesesuaian untuk wisata menggunakan matriks kesesuaian.

Berdasarkan interpretasi data hasil citra satelit, menunjukkan bahwa luasan karang hidup pada tahun 2015 mengalami kenaikan yang signifikan dan pada tahun 2017 mengalami penurunan, sehingga dari 2013 sampai 2017 luasan terumbu karang mengalami kenaikan. Hasil observasi data lapang menunjukkan bahwa tutupan terumbu karang pada Perairan Pulau Mandangin nilai yang sangat rendah dibawah 25%, sehingga dikategorikan rusak (buruk). Hasil Indeks Kesesuaian Wisata (IKW) untuk ekowisata pantai mendapatkan nilai rata-rata sebesar 90.625% sehingga termasuk dalam kategori S1 (sesuai). Untuk kategori ekowisata *snorkeling* mendapatkan nilai rata-rata sebesar 35.09% sehingga termasuk dalam kategori N (tidak sesuai), sedangkan ekowisata *diving* mendapatkan nilai rata-rata sebesar 32.87% sehingga termasuk dalam kategori N (tidak sesuai).

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'ala. Berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan skripsi yang berjudul **“Inventarisasi dan Kesesuaian Habitat Ekosistem Terumbu Karang untuk Ekowisata Bahari di Perairan Pulau Mandangin”**. Skripsi ini sebagai tugas akhir untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.

Dalam penyusunan skripsi in, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan yang perlu dibenahi. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya masukan berupa kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih dan semoga Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Malang, 17 Juni 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
RINGKASAN .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Kegunaan .....	4
1.5 Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	5
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Pulau Mandangin.....	6
2.2 Terumbu Karang.....	7
2.2.1 Deskripsi Terumbu Karang .....	7
2.2.2 Fungsi dan Manfaat Terumbu Karang.....	8
2.2.3 Faktor Pembatas.....	9
2.2.4 Kerusakan Terumbu Karang.....	12
2.3 Penginderaan Jauh Kelautan untuk Terumbu Karang .....	13
2.3.1 Sejarah Penginderaan Jauh .....	13
2.3.2 Karakteristik Spektral Terumbu Karang.....	14
2.3.3 Landsat-7 dan Landsat-8 OLI .....	16
2.4 Kesesuaian Kawasan Ekowisata Bahari .....	17
3. METODE PENELITIAN .....	18
3.1 Lokasi Penelitian .....	18
3.2 Alat dan Bahan .....	19
3.2.1 Lapang .....	19
3.2.2 Laboratorium .....	20
3.3 Jenis dan Sumber Data Penelitian.....	21
3.3.1 Data Primer .....	21
3.3.2 Data Sekunder .....	21



3.4	Pengolahan Data.....	22
3.4.1	Sebaran Terumbu Karang .....	22
3.4.2	Kesesuaian Ekowisata Bahari .....	28
3.5	Analisis Data.....	28
3.5.1	Analisis Data Kualitas Perairan .....	28
3.5.2	Analisis Persentase Tutupan Karang Hidup.....	29
3.5.3	Analisis Kesesuaian Ekowisata Bahari.....	32
3.6	Skema Kerja Penelitian .....	36
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1	Kondisi Lapang.....	37
4.2	Kualitas Perairan Pulau Mandangin.....	38
4.3	Hasil Pengolahan Data Citra Satelit.....	40
4.4	Hasil Uji Akurasi Data Citra Satelit.....	43
4.5	Kondisi Terumbu Karang.....	44
4.5.1	Persentase Tutupan.....	44
4.5.2	Persentase <i>Life Form</i> .....	45
4.6	Kesesuaian Ekowisata Pantai.....	48
4.7	Kesesuaian Ekowisata <i>Snorkeling</i> .....	50
4.8	Kesesuaian Ekowisata <i>Diving</i> .....	53
4.9	Peta Kesesuaian Ekowisata Bahari.....	56
5.	PENUTUP.....	57
5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran .....	58
	DAFTAR PUSTAKA.....	59
	LAMPIRAN.....	62

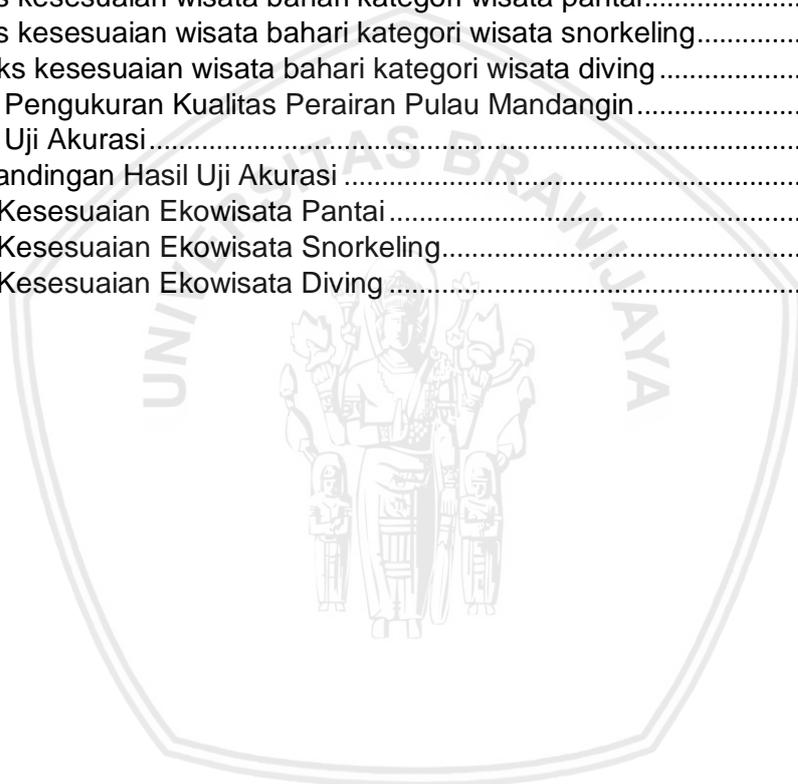
## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta Lokasi Penelitian di Perairan Pulau Mandangin, Sampang Jawa Timur....	5
2. Faktor pembatas terumbu karang (Giyanto et. al., 2017).....	11
3. Panjang gelombang reflektansi terumbu karang (Xu and Zhao, 2014).....	15
4. Peta Lokasi Pengambilan Data Penelitian .....	18
5. Titik Validasi Survei Lapangan.....	28
6. Skema diagram transek (English et. al., 1997) .....	32
7. Skema Kerja Penelitian .....	36
8. Luasan Ekosistem Laut Dangkal Pulau Mandangin.....	40
9. Peta Sebaran Terumbu Karang.....	42
10. Persentase Tutupan Tiap Stasiun .....	45
11. Persentase Life Form.....	46
12. Peta Kesesuaian Ekowisata Bahari di Perairan Pulau Mandangin.....	56



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat Lapang dan kegunaan.....	19
2. Bahan Lapang dan kegunaan .....	20
3. Alat Laboratorium dan kegunaan.....	20
4. Data primer dan keterangan.....	21
5. Data Sekunder dan keterangan .....	22
6. Baku Mutu Air Laut untuk Wisata Bahari .....	29
7. Kategori dan Kode Life form.....	30
8. Matriks kesesuaian wisata bahari kategori wisata pantai.....	33
9. Matriks kesesuaian wisata bahari kategori wisata snorkeling.....	34
10. Matriks kesesuaian wisata bahari kategori wisata diving .....	35
11. Hasil Pengukuran Kualitas Perairan Pulau Mandangin .....	39
12. Hasil Uji Akurasi.....	43
13. Perbandingan Hasil Uji Akurasi .....	44
14. Nilai Kesesuaian Ekowisata Pantai .....	48
15. Nilai Kesesuaian Ekowisata Snorkeling.....	51
16. Nilai Kesesuaian Ekowisata Diving .....	54



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dokumentasi Hasil Penelitian.....	62
2. Uji Akurasi Data Citra Satelit .....	63
3. Data Pengukuran LIT .....	66
4. Persentase <i>Life Form</i> .....	72



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Terumbu karang merupakan kumpulan dari deposit kalsium karbonat di laut sehingga membentuk struktur yang dihasilkan oleh hewan karang, sedangkan karang merupakan hewan berongga yang tak bertulang belakang dan termasuk ke dalam filum *Coelenterata* atau *Cnidaria* (Timotius, 2003). Keberlangsungan kehidupan habitat terumbu karang ini perlu diperhatikan karena banyak dijadikan sebagai habitat ikan yang bersimbiosis, baik untuk mencari makanan maupun sebagai tempat asuh (*nursery ground*) ikan ikan kecil (*juvenile*). Terumbu karang memiliki produktivitas primer yang cukup tinggi hasil dari fotosintesis hewan simbion *zooxanthellae*, sehingga dijadikan tempat untuk ikan karang memijah (Solihin *et.al.*, 2013). Fungsi keberadaan ekosistem terumbu karang sangat penting untuk ikan-ikan yang menjadikannya sebagai habitat. Keberadaan terumbu karang tidak hanya dimanfaatkan oleh ikan-ikan simbion, tetapi juga dapat dimanfaatkan oleh manusia sebagai kawasan ekowisata. Pemanfaatan habitat terumbu karang untuk ekowisata di Indonesia sudah dilakukan di beberapa kawasan seperti wisata bawah laut Bangsring *Underwater* di Banyuwangi, wisata bawah laut Pulau Gili Ketapang di Probolinggo dan lain-lain.

Dewasa ini, penggunaan teknologi penginderaan jauh untuk mengidentifikasi keberadaan ekosistem terumbu karang banyak digunakan. Tidak hanya terumbu karang tetapi ekosistem perairan laut dangkal lainnya dapat diidentifikasi atau mengamati perubahan yang terjadi dari tahun ke tahun. Identifikasi ekosistem terumbu karang untuk pemetaan dilakukan dengan menggunakan data satelit Landsat (*Land Satellite*) ataupun data satelit yang lain. Satelit Landsat adalah salah satu satelit yang dimanfaatkan untuk pengamatan permukaan bumi secara lebih luas. Seri Landsat yang telah banyak digunakan dalam penelitian adalah

seri Landsat-7 ETM dan merupakan seri Landsat yang terakhir beroperasi (Suwargana, 2014). Perkembangan Satelit Landsat terbaru yaitu seri Landsat-8 yang membawa dua sensor yaitu sensor *Operational Land Imager* (OLI) dan sensor *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) (Rahayu, 2014). Penginderaan jauh ini memanfaatkan gelombang elektromagnetik yang mana akan dipancarkan oleh citra satelit lalu akan diterima kembali berdasarkan pantulan yang diterima.

Pulau Madura, terutama kawasan Madura Kepulauan memiliki potensi sumber daya alam laut yang sangat besar, khususnya terumbu karang yang keanekaragamannya tinggi. Keberadaan terumbu karang tidak hanya berada di Madura Kepulauan, tetapi di Pulau Mandangin, Kabupaten Sampang juga memiliki terumbu karang. Aktivitas manusia di wilayah Pulau Mandangin yang berlebihan sangat mempengaruhi kualitas perairan, sehingga menyebabkan kondisi terumbu karang mulai terancam rusak terutama pada bagian timur laut, yang mana banyak pecahan karang serta *bleaching* yang terjadi (Rosi *et al.*, 2016). Kawasan lindung pada terumbu karang boleh dimanfaatkan untuk budidaya perairan laut (rumput laut dan mutiara) dan aktivitas wisata (seperti berenang, *snorkeling*, *diving*) selama tidak mengganggu kelangsungan hidup dari terumbu karang tersebut (Muhsoni, 2016).

Penelitian tentang terumbu karang di perairan Pulau Mandangin sudah pernah dilakukan. Penelitian-penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa ekosistem terumbu karang memiliki tipe *life form* yang bervariasi dengan dominasi oleh karang tipe *Coral Massive* (CM) dan *Coral Submassive* (CS) (Rosi *et al.*, 2016). Tutupan karang hidup pada perairan Pulau Mandangin berkisar antara 7,8-16,5% dengan menggunakan metode LIT dan kesesuaian ekowisata untuk selam yaitu sesuai (S2) dengan nilai Indeks Kesesuaian sebesar 69% (Muhsoni, 2016). Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, masih perlu

dilakukan kajian untuk melihat tutupan ekosistem terumbu karang dan penggunaan perairan untuk ekowisata pantai, *snorkeling*, dan *diving*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang perlu dikaji pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan luasan terumbu karang berdasarkan hasil data citra satelit Landsat-8 pada tahun 2013 – 2017 di Perairan Pulau Mandangin Sampang?
2. Bagaimana tutupan ekosistem terumbu karang di Perairan Pulau Mandangin Sampang?
3. Bagaimana kesesuaian habitat ekosistem terumbu karang untuk ekowisata bahari di Perairan Pulau Mandangin Sampang?

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan dilaksanakannya penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui perubahan luasan terumbu karang berdasarkan citra satelit Landsat-8 pada tahun 2013 – 2017 di Perairan Pulau Mandangin Sampang
2. Mengetahui persentase tutupan ekosistem terumbu karang di Perairan Pulau Mandangin Sampang.
3. Mengetahui kesesuaian habitat ekosistem terumbu karang untuk ekowisata bahari di Perairan Pulau Mandangin Sampang.

## 1.4 Kegunaan

Adapun manfaat dari hasil penelitian ini sebagai berikut:

### 1. Bagi Masyarakat

Hasil dari penelitian tentang kesesuaian habitat ekosistem terumbu karang ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan bagi masyarakat tentang pentingnya menjaga kelestarian ekosistem terumbu karang serta dapat dimanfaatkan sebagai tempat ekowisata bagi para wisatawan.

### 2. Bagi Mahasiswa

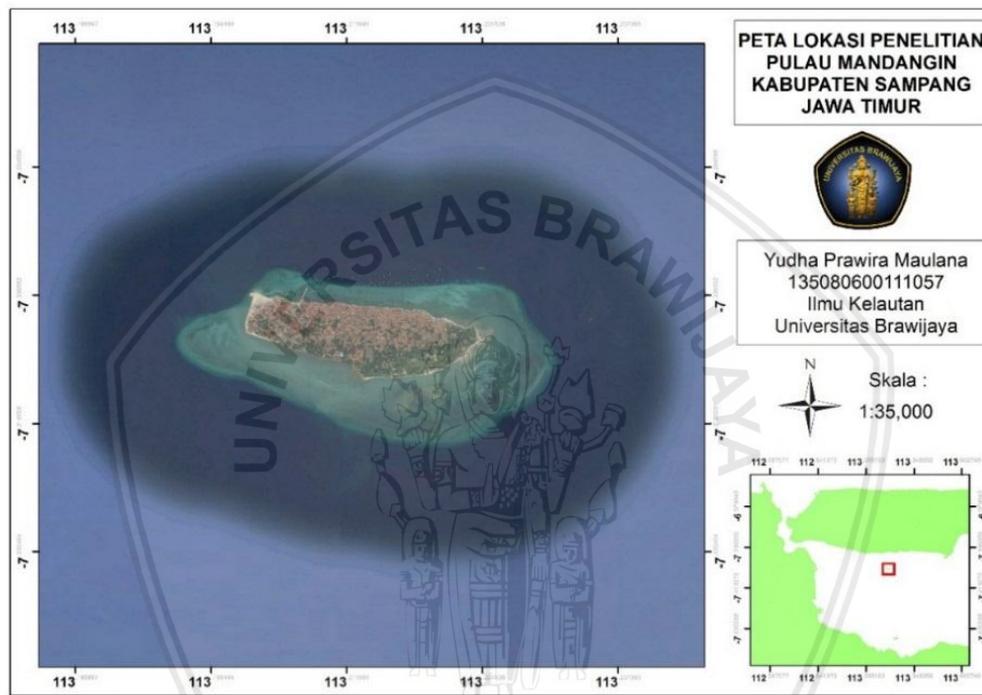
Hasil dari penelitian tentang kesesuaian habitat ekosistem terumbu karang ini diharapkan dapat dijadikan acuan bagi mahasiswa yang ingin meneliti lebih lanjut tentang terumbu karang di Pulau Mandangin ataupun melakukan penelitian yang sama di perairan Indonesia yang lain.

### 3. Bagi Pemerintah

Hasil dari penelitian tentang perubahan luasan terumbu karang ini dapat digunakan oleh pemerintah daerah Sampang untuk menyusun letak Tata Ruang Kabupaten Sampang serta melakukan rehabilitasi dan penanaman terumbu karang.

### 1.5 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Pengambilan data lapang dilakukan di perairan Pulau Mandangin, Kabupaten Sampang pada 26 – 28 Oktober 2018, sedangkan pengolahan data dilakukan mulai Bulan November 2018 – Mei 2019. Peta lokasi penelitian di perairan Pulau Mandangin, Kabupaten Sampang, Jawa Timur dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Perairan Pulau Mandangin, Sampang Jawa Timur

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pulau Mandangin

Pulau Mandangin adalah satu-satunya pulau yang terletak di Kabupaten dan Kecamatan Sampang, dengan luas 90.04 Ha yang berada di bagian Selat Madura. Pulau Mandangin memiliki tiga dusun, yakni Dusun Barat (6 RT), Dusun Tengah (5 RT), dan Dusun Timur (5 RT). Jumlah penduduk Pulau Mandangin keseluruhan dusun sebanyak 19.507 jiwa pada tahun 2012. Terdiri dari penduduk laki-laki 9.324 jiwa, sedangkan penduduk perempuan sebanyak 10.183 jiwa. Sedangkan pada tahun 2013 Penduduk sebanyak 19.570. Terdiri dari penduduk laki-laki 9.607 jiwa, sedangkan penduduk perempuan sebanyak 9.963 jiwa. Jumlah penduduk miskin sebanyak 2739 kepala keluarga.13. Penduduk di Pulau Mandangin seratus persen Islam, dengan rincian pengikut NU 98% dan HTI 2% (Susilowati, 2016).

Pulau Mandangin adalah salah satu pulau di antara gugus kepulauan lainnya yang ada di Madura. Letak pulau ini relatif dekat dengan Kabupaten Sampang. Namun demikian, masih terdapat beberapa permasalahan yang lazimnya terjadi di kawasan kepulauan. Permasalahan sosial, ekonomi dan budaya yang dihadapi masyarakat sangat kompleks dan telah menjadi lingkaran setan yang sulit untuk diurai. Salah satu permasalahan sosial yang dihadapi masyarakat adalah rendahnya tingkat pendidikan masyarakat. Sebagian besar masih berpendidikan sekolah dasar dan hanya sedikit di antara mereka yang mampu mengenyam dunia pendidikan tinggi. Hal ini terkait dengan kondisi ekonomi masyarakat yang sangat memprihatinkan. Rata-rata pendapatan masyarakat adalah 500.000 per bulan, jauh di bawah upah minimum regional. Di samping itu, sumber mata pencaharian penduduk masih terbatas hanya sebagai nelayan

karena kurangnya keterampilan yang dimiliki sehingga tidak bisa masuk ke bidang pekerjaan yang lain (Andriyono *et. al.*, 2015).

## 2.2 Terumbu Karang

### 2.2.1 Deskripsi Terumbu Karang

Binatang karang adalah pembentuk utama ekosistem terumbu karang. Binatang karang yang berukuran sangat kecil, disebut polip, yang dalam jumlah ribuan membentuk koloni yang dikenal sebagai karang (karang keras atau karang lunak). Dalam istilah “Terumbu Karang”, “Karang” merupakan koral atau sekelompok hewan dari Ordo *Scleractinia* yang menghasilkan kapur sebagai pembentuk utama terumbu, sedangkan “Terumbu” merupakan batuan sedimen kapur di laut, yang meliputi karang hidup dan karang mati yang menempel pada batuan kapur tersebut. Jadi, Terumbu Karang (*Coral Reefs*) merupakan ekosistem laut tropis yang terdapat di perairan dangkal yang jernih, hangat (lebih dari 22°C), memiliki kadar  $\text{CaCO}_3$  (*Calcium Carbonate*) tinggi, dan komunitasnya didominasi berbagai jenis hewan karang keras (Wahyudi, 2013).

Ekosistem terumbu karang adalah ekosistem unik yang terdapat di daerah tropis. Ekosistem ini memiliki produktivitas organik yang sangat tinggi, serta keragaman biota. Ekosistem terumbu karang merupakan salah satu ekosistem yang menyediakan produk kelautan yang melimpah baik bahan organik dan non organik. Ekosistem ini merupakan rumah bagi biota laut yang memiliki nilai ekonomis untuk ikan karang namun sering dieksploitasi. Terumbu karang Indonesia memiliki luas wilayah 50.875 km<sup>2</sup> yang mana merupakan 18% dari total terumbu karang dunia. Namun, pada tahun 2012 total luas terumbu karang di Indonesia telah berkurang 39.500 km<sup>2</sup> yang merupakan 16% dari total terumbu karang dunia (Awak *et. al.*, 2016).

### 2.2.2 Fungsi dan Manfaat Terumbu Karang

Menurut Giyanto *et. al.* (2017) Terumbu karang sebagai ekosistem yang berada di perairan laut dangkal, terumbu karang memiliki fungsi dan manfaat, antara lain sebagai berikut:

1. Sebagai benteng alami untuk melindungi pantai dari hempasan ombak. Adanya terumbu karang dapat mengurangi energi ombak yang menuju ke daratan. Pantai yang terumbu karangnya rusak akan mudah mengalami abrasi.
2. Sebagai tempat tinggal, berlindung, mencari makan dan memijah ikan dan biota laut lain yang merupakan sumber bahan pangan maupun sumber bahan obat/makanan suplemen dari laut.
3. Sebagai penunjang kegiatan pendidikan dan penelitian agar biota laut yang ada dalam ekosistem terumbu karang dapat lebih dikenal dan mudah untuk dipelajari.
4. Sebagai tempat wisata. Perpaduan antara karang dengan biota laut lainnya menjadikan terumbu karang sebagai ekosistem yang memiliki panorama bawah air yang indah dan menarik, yang sangat potensial sebagai tempat rekreasi bawah air.

Ekosistem terumbu karang memiliki beberapa fungsi ekologis antara lain: (1) sebagai penyedia nutrien bagi biota perairan laut, (2) sebagai pelindung fisik (dari gelombang), (3) sebagai tempat melakukan pemijahan, (4) sebagai tempat asuh bagi biota laut. Selain itu, terumbu karang juga memiliki fungsi ekonomis yaitu sebagai habitat dari ikan karang, udang karang, alga, teripang, dan kerang mutiara. Terumbu karang juga dapat dimanfaatkan sebagai kawasan wisata dan daerah penelitian (Sulistianto, 2010).

### 2.2.3 Faktor Pembatas

Menurut Giyanto *et. al.* (2017), bahwa sebaran terumbu karang tidak merata karena adanya faktor pembatas atau faktor yang mempengaruhi pertumbuhan terumbu karang, antara lain:

1. Suhu Perairan

Karang dapat hidup pada suhu perairan di atas 18°C. Suhu ideal untuk pertumbuhan karang berkisar antara 27-29°C. Adanya kenaikan suhu air laut di atas suhu normalnya, akan menyebabkan pemutihan karang (*coral bleaching*) sehingga warna karang menjadi putih. Apabila hal tersebut terus berlanjut hingga beberapa minggu, akan menyebabkan kematian. Adanya pengaruh suhu untuk pertumbuhan karang menyebabkan penyebaran karang hanya terjadi pada daerah subtropis dan tropis, yaitu pada sekitar 30°LU – 30°LS.

2. Cahaya Matahari

Karang bersimbiosis dengan alga *zooxanthellae* yang hidup di dalam jaringan karang sehingga memerlukan cahaya matahari untuk proses fotosintesis. Oleh karena itu, karang sulit untuk tumbuh dan berkembang pada kedalaman lebih dari 50 m.

3. Salinitas

Salinitas ideal bagi pertumbuhan adalah berkisar antara 30-36 ‰. Air tawar dengan salinitas rendah dapat membunuh karang. Oleh karena itu, karang tidak dijumpai di sungai ataupun muara sungai yang memiliki salinitas rendah.

4. Sedimentasi

Butiran sedimen dapat menutupi polip karang, dan bila berlangsung lama bisa menyebabkan kematian karang. Oleh karena itu, karang tidak dijumpai pada perairan yang tingkat sedimentasinya tinggi.

#### 5. Kualitas Perairan

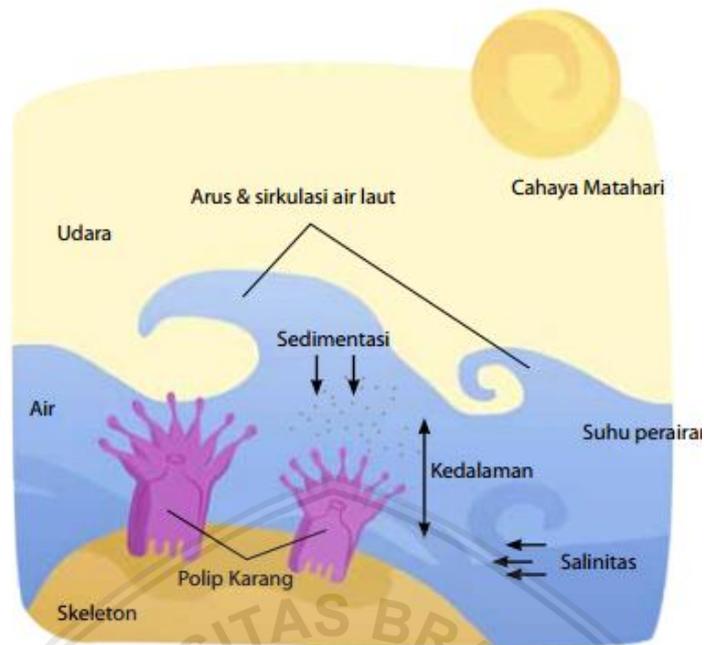
Perairan yang tercemar, baik yang diakibatkan karena limbah industri maupun rumah tangga (domestik) akan mengganggu pertumbuhan dan perkembangan karang. Perairan dapat saja menjadi keruh dan kotor karena limbah pencemar, ataupun penuh dengan sampah. Bahan pencemar tentu saja akan berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan karang, sedangkan perairan yang keruh dapat menghambat penetrasi cahaya ke dasar perairan sehingga mengganggu proses fotosintesis pada *zooxanthellae* yang hidup bersimbiosis dengan karang.

#### 6. Arus dan Sirkulasi Air laut

Arus dan sirkulasi air diperlukan dalam penyuplaian makanan yang diperlukan dalam proses pertumbuhan karang dan suplai oksigen dari laut lepas. Selain itu, arus dan sirkulasi air juga berperan dalam proses pembersihan dari endapan material yang menempel pada polip karang. Tempat dengan arus dan ombak yang tidak terlalu besar merupakan tempat yang ideal untuk pertumbuhan karang. Tempat dengan arus dan ombak yang besar dapat mengganggu pertumbuhan karang, misalnya pada daerah-daerah terbuka yang langsung menghadap ke laut lepas, dengan ombak yang selalu besar sepanjang masa.

#### 7. Substrat

Larva karang yang disebut planula memerlukan substrat yang keras dan stabil untuk menempel, hingga tumbuh menjadi karang dewasa. Substrat yang labil, seperti pasir akan sulit bagi planula untuk menempel.



Gambar 2. Faktor pembatas terumbu karang (Giyanto *et. al.*, 2017)

Menurut Insafitri (2010) menjelaskan bahwa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kehidupan dan laju pertumbuhan karang. Faktor-faktor tersebut di antaranya, yaitu:

1. Cahaya

Cahaya adalah salah satu faktor lingkungan yang penting dalam distribusi karang pembentuk terumbu. Spesies karang yang berbeda mempunyai tingkat toleransi yang berbeda juga, begitu juga terhadap tingkat pencahayaan yang diterima. Kemampuan karang dalam membentuk terumbu dengan menggunakan energi matahari merupakan kunci dari keberadaan semua terumbu karang yang ada.

2. Temperatur

Suhu optimum untuk kehidupan karang berkisar antara 25-30°C dengan suhu rata-rata tahunan tidak pernah di bawah 18°C. Kenaikan suhu antara 2-3°C dapat mempengaruhi pertumbuhan karang bahkan dapat menyebabkan kematian karang. Jika suhu mencapai 33°C biasanya

menyebabkan fenomena *bleaching* atau pemutihan karang, yaitu peristiwa keluarnya *zooxanthellae* simbiotik dari jaringan karang.

### 3. Salinitas

Salinitas mempunyai pengaruh penting terhadap distribusi dan zonasi karang. Tingkat salinitas yang dapat ditoleransi oleh terumbu karang antara 10-49 ‰. Salinitas permukaan air laut dipengaruhi oleh sejumlah faktor lingkungan lain seperti *runoff*, presipitasi dan evaporasi.

### 4. Sedimentasi

Sedimentasi mempengaruhi laju pertumbuhan terumbu karang, keanekaragaman karang dan mengurangi tutupan karang. Tingkat sedimentasi sebesar lebih dari 25 mg/Cm<sup>2</sup>/hari akan menyebabkan kematian karang.

### 5. Pergerakan air

Pergerakan air seperti arus, turbulensi diperlukan untuk tersedianya nutrisi dan O<sub>2</sub> serta untuk membersihkan polip dari partikel yang melekat.

## 2.2.4 Kerusakan Terumbu Karang

Terumbu karang di seluruh dunia berada di bawah tekanan (stres), di antara perbedaan habitat yang ditemukan di terumbu karang, habitat yang didominasi karang mulai berkurang baik dalam luasan maupun kualitasnya. Habitat yang awalnya didominasi karang mulai berubah menjadi habitat yang didominasi oleh alga dan *rubble*. Perubahan ini menginduksi akan hilangnya habitat terumbu karang. Hilangnya habitat terumbu karang bisa sangat besar (contoh, setelah terkena angin topan), atau sedang (contoh, setelah terkena *bleaching* atau terkena penyakit), namun mengarah pada fragmentasi habitat terumbu karang (Palandro et. al., 2008).

Sebagian besar terumbu karang di dalam Kawasan Segitiga Terumbu Karang dan di dunia menghadapi ancaman yang belum dialami sebelumnya. Ancaman yang terjadi terhadap terumbu karang seperti pembangunan wilayah pesisir yang tidak terencana dengan baik sehingga menyebabkan penambahan limpasan endapan dan unsur hara ke perairan pesisir, menutupi sebagian terumbu karang dan turut menyebabkan pertumbuhan makro alga secara berlebihan. Ancaman lain yang semakin besar dan terjadi di seluruh dunia yaitu naiknya kadar gas rumah kaca di atmosfer. Meningkatnya kadar CO<sub>2</sub> di atmosfer sebagai akibat dari penebangan hutan dan pembakaran bahan bakar minyak, dan juga menyebabkan perubahan susunan kimia pada perairan laut. Menurut Burke *et. al.* (2012) persentase penyebab kerusakan terumbu karang di dunia antara lain:

- Penangkapan berlebihan termasuk penangkapan yang merusak merupakan ancaman langsung yang tersebar paling luas, yang mempengaruhi lebih dari 55% terumbu karang dunia.
- Pembangunan pesisir dan pencemaran yang berasal dari Daerah Aliran Sungai (DAS) masing-masing mengancam sekitar 25% terumbu karang dunia.
- Pencemaran dan kerusakan yang berasal dari kapal tersebar luas, yang mengancam sekitar 10% terumbu karang di dunia.

## **2.3 Penginderaan Jauh Kelautan untuk Terumbu Karang**

### **2.3.1 Sejarah Penginderaan Jauh**

Teknologi penginderaan jauh telah digunakan untuk memetakan habitat terumbu karang perairan dangkal di berbagai tempat di seluruh dunia. Untuk studi pemetaan, pada terumbu karang menggunakan data resolusi data spasial yang tinggi (seperti, Quickbird dan IKONOS), yang tersedia sejak tahun 1999.

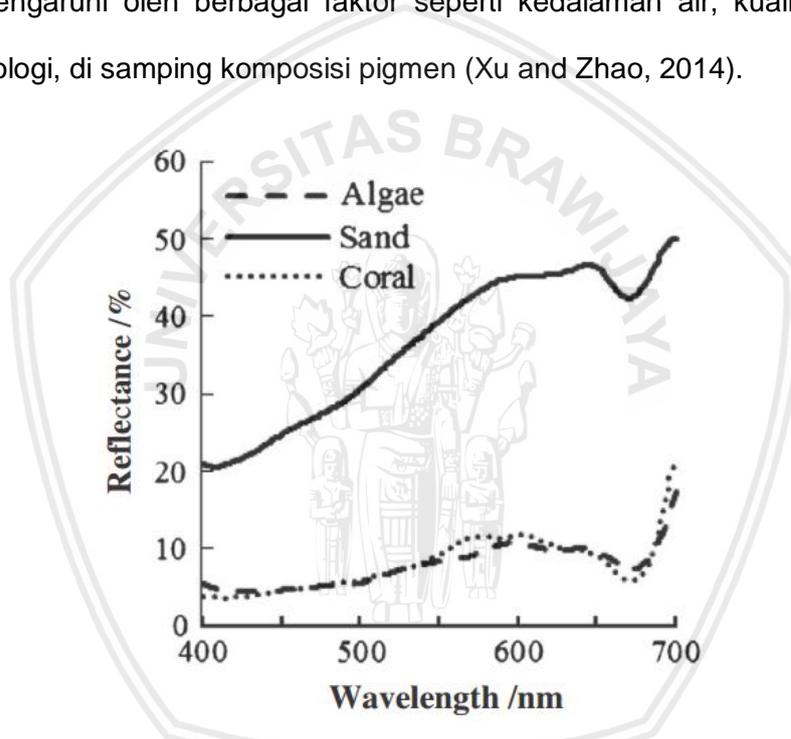
Sebuah studi baru untuk mendeteksi perubahan terumbu karang menggunakan statistik spasial. Satelit-satelit Landsat menyediakan *Thematic Mapper* (TM, Landsat 4 dan 5) dan *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+, Landsat 7) yang membawa sensor yang berisi resolusi gambar resolusi menengah sejak tahun 1984. Satelit Landsat menyediakan cakupan 16 hari secara berulang dengan resolusi spasial 30 m (Palandro *et. al.*, 2008).

Berdasarkan sejarah, ahli biologi melakukan pemantauan ekosistem laut dangkal dengan kuadran, transek atau *manta tows*. Pada tahun 1990an, kebutuhan untuk melakukan studi berskala besar diperlukan, seiring dengan perkembangan sensor optik merupakan alternatif yang hemat biaya. Hochberg *et. al.* (2003) dalam Petit *et. al.* (2017) menunjukkan bahwa jenis terumbu karang dapat dibedakan berdasarkan spektrum pantulannya pada panjang gelombang yang terlihat. Penginderaan jauh air dangkal melibatkan dua tahap *preprocessing* utama ketika metode berbasis fisika digunakan. Koreksi atmosfer dilakukan untuk menghilangkan gangguan yang berasal dari hamburan cahaya dan penyerapan oleh atmosfer. Langkah ini mengubah sinyal dari pancaran sensor menjadi pantulan di atas permukaan laut. Koreksi permukaan laut mengeluarkan cahaya yang dipantulkan oleh permukaan laut untuk mendapatkan pantulan di bawah permukaan laut.

### 2.3.2 Karakteristik Spektral Terumbu Karang

Karakteristik spektral terumbu karang umumnya bergantung pada penyerapan dan penghamburan sifat substansi bentik. Komunitas terumbu karang sebagian besar merupakan mosaik karang, ganggang dan pasir. Baik karang maupun ganggang mengandung pigmen klorofil dan fotosintesis lainnya. Ukuran dan bentuk spektral mereka menunjukkan kesamaan tertentu, dan sangat bergantung pada penyerapan dan karakteristik fluoresen dari berbagai

komposisi pigmen. Karang memiliki puncak refleksi sekitar 570 nm, lebih jauhnya karang diklasifikasikan menjadi karang coklat, biru, dan karang yang mengalami *bleaching*. Pada karang berwarna coklat, kurva spektral memiliki pola tiga tingkat, diantaranya 570 dan 650 nm. Karang biru memiliki puncak penyerapan pada 580 nm dan pantulan antara 600 dan 650 nm, sementara karang yang mengalami *bleaching* memiliki bentuk spektral yang serupa dengan pasir, dengan spektral besarnya antara pasir dan karang sehat. Karakteristik spektral terumbu karang juga dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kedalaman air, kualitas air dan geomorfologi, di samping komposisi pigmen (Xu and Zhao, 2014).



Gambar 3. Panjang gelombang reflektansi terumbu karang (Xu and Zhao, 2014)

Analisa karakteristik pantulan spektral terumbu karang bersifat khas. Bentuk respon spektral terumbu karang sangat berbeda dengan laut, pasir pantai dangkal dan laguna. Secara visual pada tampilan citra satelit area terumbu karang juga dapat dibedakan dengan mudah. Namun, area terumbu karang tidak mudah dibedakan dengan area padang lamun. Saluran spektral hijau dan merah pada ALOS AVNIR pada area terumbu karang memiliki pantulan spektral yang hampir berhimpit (blok warna merah), sedangkan pada padang lamun respon

spektral saluran hijau selalu lebih tinggi dari pada merah (blok warna hijau). Respon spektral saluran biru, hijau dan merah pada area padang lamun jauh lebih tinggi dibandingkan respon spektral pada area terumbu karang (Helmi *et. al.*, 2011).

### 2.3.3 Landsat-7 dan Landsat-8 OLI

Satelit Landsat adalah satelit bumi buatan Amerika Serikat yang dimanfaatkan untuk pengamatan permukaan bumi secara lebih luas. Seri Landsat yang telah banyak digunakan dalam penelitian adalah seri Landsat-7 ETM dan merupakan seri Landsat yang terakhir beroperasi. Sensor Landsat-7 ETM mempunyai 7 kanal/band *spectral* yang berfungsi untuk mendeteksi permukaan bumi. Kanal/band yang dapat digunakan untuk mendeteksi perairan dangkal adalah dengan menggunakan *spectral visible* (sinar tampak) yaitu kanal/band B1 (sinar biru) yang bekerja pada panjang gelombang 0,45 -0,52  $\mu\text{m}$  dan B2 (sinar hijau) yang bekerja pada panjang gelombang 0,52-0,60  $\mu\text{m}$ . Kanal/band tersebut memiliki resolusi spasial 30 meter dan mampu melakukan penetrasi badan kolom air hingga kedalaman kurang lebih 10 meter (band 2 kedalaman kurang-lebih 5 meter dan band 1 sampai 10 meter), sehingga kenampakan perairan dangkal seperti keberadaan terumbu karang akan terdeteksi oleh kanal-kanal tersebut (Suwargana, 2014).

Satelit Landsat-8 atau *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM) merupakan satelit sumber daya milik Amerika Serikat yang diluncurkan pada 11 Februari 2013. Satelit ini membawa dua sensor yaitu sensor *Operational Land Imager* (OLI) dan sensor *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). Sensor OLI mempunyai tujuh band dengan resolusi spasial yang sama dengan Landsat-7 yaitu sebesar 30 meter. Untuk band 8 berbeda nilai resolusi spasialnya yaitu 15 meter. Sensor OLI dilengkapi dengan dua band baru yaitu band 1 dengan panjang gelombang 0.43

- 0.45 m untuk aerosol garis pantai dan band-9 dengan panjang gelombang 1.36
- 1.38 m untuk deteksi awan cirrus. Sedangkan untuk sensor TIRS dilengkapi dengan dua band dengan resolusi spasial sebesar 100 m untuk menghasilkan kontinuitas kanal inframerah thermal (Rahayu, 2014).

#### **2.4 Kesesuaian Kawasan Ekowisata Bahari**

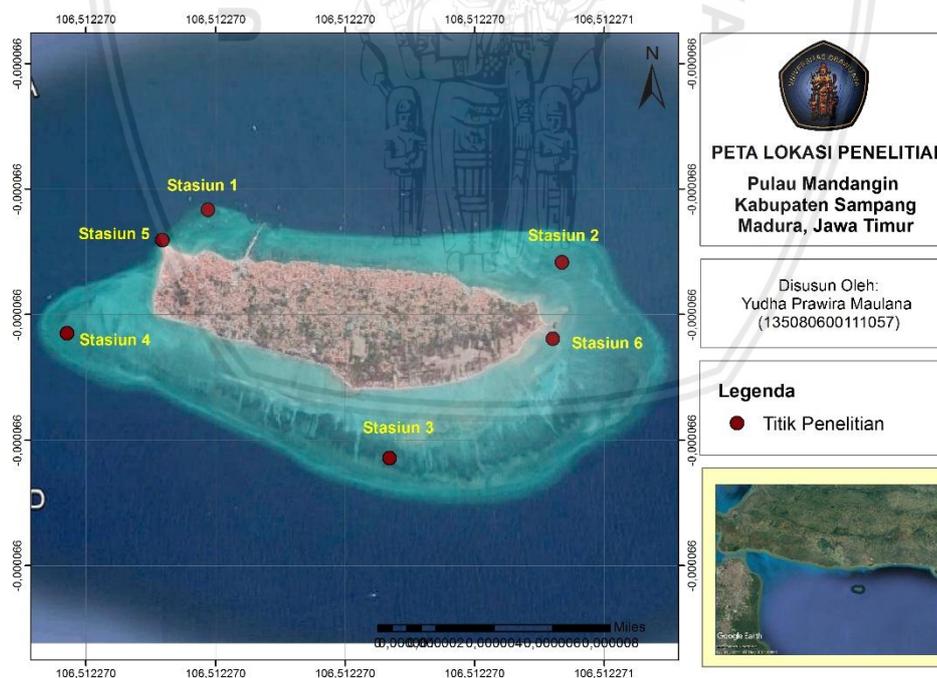
Ekowisata merupakan pariwisata bertanggung jawab yang dilakukan pada tempat-tempat alami, serta memberikan kontribusi terhadap kelestarian alam dan peningkatan kesejahteraan masyarakat setempat. Ekowisata juga dapat diartikan sebagai konsep pengembangan pariwisata yang berkelanjutan dan bertujuan untuk mendukung upaya-upaya pelestarian lingkungan (alam dan budaya) serta meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan, sehingga memberikan manfaat ekonomi kepada masyarakat dan pemerintah setempat (Meyers, 2009).

Ekowisata bahari merupakan bentuk kegiatan pengelolaan sumber daya pesisir dan laut yang dikembangkan dengan pendekatan konservasi. Konsep ekowisata yaitu menjaga keseimbangan antara kegiatan pemanfaatan dan kelestarian sumber daya yang ada (Ketjulan, 2010). Sedangkan menurut Yulianda *et. al.* (2010) dalam Koroy *et. al.* (2017) definisi dari ekowisata sendiri yaitu sebagai suatu konsep pemanfaatan berkelanjutan sumber daya alam pesisir dengan sistem pelayanan jasa lingkungan yang mengutamakan sumber daya alam pesisir sebagai objek pelayanan.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2018 di Perairan Pulau Mandangin, Kabupaten Sampang Madura, Jawa Timur. Pengambilan data dilakukan pada 4 stasiun yang dapat dilihat pada gambar 4 di bawah ini. Penentuan titik pengambilan sampel didasarkan pada 4 arah mata angin yang dianggap mewakili tiap kondisi Perairan Pulau Mandangin. Stasiun 1 terletak di sebelah utara dan berada dekat dengan pelabuhan, sedangkan pada stasiun 2 ditentukan karena dekat dengan lokasi pemukiman warga. Pada stasiun 3 dan 4, dianggap masih alami karena dinilai jauh dari pemukiman dan pada kedua stasiun ini terdapat terumbu karang yang cukup banyak daripada stasiun 1 dan 2.



Gambar 4. Peta Lokasi Pengambilan Data Penelitian

## 3.2 Alat dan Bahan

### 3.2.1 Lapang

Penelitian dan pengambilan data di lapang dilakukan untuk mengamati tutupan karang di Pulau Mandangin, Sampang. Peralatan yang digunakan untuk penelitian di lapang disajikan pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Alat Lapang dan kegunaan

No.	Nama Alat	Kegunaan
1.	Alat Selam Dasar	Sebagai alat bantu dalam proses pengambilan data tutupan karang di dalam laut
2.	<i>Global Positioning System (GPS)</i>	Menentukan titik lokasi pengambilan data
3.	Kamera Bawah Laut	Dokumentasi tutupan karang di setiap pengamatan
4.	<i>Secchi Disk</i>	Mengukur nilai kecerahan pada titik pengamatan
5.	<i>Thermometer</i>	Mengukur nilai suhu pada titik pengamatan
6.	DO Meter	Mengukur nilai Oksigen Terlarut pada titik pengamatan
7.	pH Meter	Mengukur nilai derajat keasaman pada titik pengamatan
8.	Refraktometer	Mengukur Nilai salinitas pada titik pengamatan
9.	Alat Tulis	Mencatat hasil penelitian
10.	Roll Meter	Mengukur tutupan terumbu karang, substrat dan spesies lain
11.	Perahu	Akomodasi menuju titik pengambilan data
12.	Timba	Tempat mengukur faktor oseanografi air laut
13.	<i>Current Meter</i>	Mengukur kecepatan arus perairan

Adapun bahan yang digunakan untuk penelitian di lapang disajikan pada tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Bahan Lapang dan kegunaan

No.	Nama Bahan	Kegunaan
1.	<i>Aquades</i>	Kalibrasi alat (refraktometer, DO Meter, Thermometer, pH Meter)
2.	Tisu	Pembersihan sensor alat (refraktometer, DO Meter, Thermometer, pH Meter) setelah dikalibrasi
3.	Air Laut	Media pengukuran

### 3.2.2 Laboratorium

Penelitian di laboratorium dilakukan untuk mengolah data citra satelit Landsat-8. Peralatan yang digunakan berupa *hardware* dan *software* yang disajikan pada tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Alat Laboratorium dan kegunaan

No.	Nama Alat	Kegunaan
1.	Laptop Toshiba Satellite L645	Mengolah seluruh data dalam proses analisis perubahan luasan terumbu karang di Pulau Mandangin
2.	<i>Software</i> ER Mapper 7.1	Melakukan proses koreksi radiometrik dan pemetaan terumbu karang
3.	<i>Software</i> ArcGIS 10.3	Melakukan proses <i>layouting</i> peta perubahan luasan terumbu karang
4.	<i>Software</i> Microsoft Office Word 2016	Melakukan penyusunan laporan hasil penelitian
5.	<i>Software</i> Microsoft Office Excel 2016	Menghitung nilai ki/kj dalam transformasi algoritma lyzenga dan pengolahan data karang

### 3.3 Jenis dan Sumber Data Penelitian

#### 3.3.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang didapatkan secara langsung di tempat penelitian. Data primer dapat diperoleh dari pengukuran secara langsung ataupun informasi dari individu atau perseorangan. Data yang didapatkan berupa hasil observasi lapangan. Data primer yang digunakan berasal dari hasil observasi lapang, tabel 4 berikut ini merupakan data yang dibutuhkan saat observasi lapang:

Tabel 4. Data primer dan keterangan

No.	Jenis Data	Keterangan
1.	pH	Pengukuran langsung dengan pH Meter dj Perairan Pulau Mandangin
2.	Salinitas	Pengukuran langsung dengan Salinometer dj Perairan Pulau Mandangin
3.	Suhu	Pengukuran langsung dengan <i>Thermometer</i> dj Perairan Pulau Mandangin
4.	<i>Kecerahan</i>	Pengukuran langsung dengan <i>Secchi Disk</i> dj Perairan Pulau Mandangin
5.	DO ( <i>Dissolved Oxygen</i> )	Pengukuran langsung dengan DO Meter dj Perairan Pulau Mandangin
6.	Arus	Pengukuran langsung dengan <i>Current Meter</i> dj Perairan Pulau Mandangin

#### 3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan dari penelitian-penelitian terdahulu. Data sekunder dapat dijadikan rujukan atau perbandingan terhadap literatur yang ada dan hasil penelitian lapang yang dilakukan. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari penelitian terdahulu dan data spasial.

Data spasial adalah sebuah data yang berorientasi geografis, memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya dan mempunyai dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data lain, yaitu informasi lokasi (spasial) dan informasi deskriptif (*attribute*) (Prahasta, 2009). Penggunaan data spasial ini untuk melakukan pendugaan terjadinya perubahan luasan terumbu karang di Pulau Mandangin, Sampang. Berikut ini merupakan data spasial yang digunakan yang disajikan pada tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Data Sekunder dan keterangan

No.	Jenis Data	Keterangan	Resolusi Spasial
1.	Citra Satelit Landsat-8 Pulau Mandangin, <i>path/row</i> (118/65)	Citra Pulau Mandangin pada 12 Februari 2014 dari <a href="http://earthexplorer.usgs.gov/">http://earthexplorer.usgs.gov/</a> .	30 m
2.	Citra Satelit Landsat-8 Pulau Mandangin, <i>path/row</i> (118/65)	Citra Pulau Mandangin pada 3 Agustus 2015 dari <a href="http://earthexplorer.usgs.gov/">http://earthexplorer.usgs.gov/</a>	30 m
3.	Citra Satelit Landsat-8 Pulau Mandangin, <i>path/row</i> (118/65)	Citra Pulau Mandangin pada 13 Februari 2017 dari <a href="http://earthexplorer.usgs.gov/">http://earthexplorer.usgs.gov/</a>	30 m
4.	Peta rupa Bumi dari Badan Informasi dan Geospasial	Sebagai acuan peta dasar	1 : 35.000

### 3.4 Pengolahan Data

#### 3.4.1 Sebaran Terumbu Karang

Pengolahan data untuk sebaran terumbu karang menggunakan *software* ERMapper 7.1 dan Microsoft Office Excel 2013. Proses pengolahan data meliputi koreksi radiometrik, pembentukan citra komposit, transformasi algoritma

Lyzenga, klasifikasi citra, *filtering* dan *editing*, serta perhitungan luasan terumbu karang.

#### 3.4.1.1 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik merupakan tahap awal pengolahan data sebelum analisis dilakukan untuk memperbaiki nilai piksel agar sesuai dengan yang seharusnya, di mana biasanya mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama. Efek atmosfer menyebabkan nilai pantulan objek di permukaan bumi yang terekam oleh sensor menjadi berbeda dari aslinya karena adanya hamburan atau proses serapan (Sari, 2014). Proses koreksi radiometrik mencakup koreksi efek-efek yang berhubungan dengan sensor untuk meningkatkan kontras (*enhancement*) setiap piksel (*picture element*), sehingga objek yang terekam mudah diinterpretasikan atau dianalisis untuk menghasilkan data atau informasi yang sesuai dengan keadaan lapang (Supriatna et. al., 2002).

Data Landsat-7 dan Landsat-8 dikoreksi radiometrik menggunakan koreksi *Top of Atmosphere* (ToA) yang meliputi *ToA Reflectance* dan *ToA Reflectance with a correction sun angle* (Koreksi dengan sudut matahari). Koreksi ToA Reflektansi dilakukan dengan mengonversi nilai DN ke nilai reflektansi. Sedangkan, koreksi dengan sudut matahari untuk menghilangkan nilai DN yang diakibatkan oleh posisi matahari. Posisi matahari terhadap bumi berubah bergantung pada waktu perekaman dan lokasi obyek yang direkam (Rahayu, 2014).

Berdasarkan USGS (2017), persamaan untuk mengubah nilai DN menjadi ToA Reflectance untuk data OLI sebagai berikut:

$$\rho\lambda' = M_{\rho}Q_{cal} + A_{\rho}$$

Dimana:

$\rho\lambda'$  = Reflektansi ToA, tanpa koreksi sudut matahari

$M_p$  = Faktor perhitungan skala ulang multiplikatif spesifik Band dari metadata (REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_x, dimana x adalah nomor band)

$A_p$  = Faktor perhitungan skala ulang tambahan spesifik Band dari metadata (REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_x, dimana x adalah nomor band)

$Q_{cal}$  = Nilai piksel produk standar yang dikalibrasi dan dikuantisasi (*Digital Number*)

Berdasarkan USGS (2017), persamaan untuk mengoreksi ToA Reflektansi dengan sudut matahari sebagai berikut:

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta_{SE})}$$

Dimana:

$\rho\lambda'$  = Reflektansi ToA, tanpa koreksi sudut matahari

$\theta_{SE}$  = Sudut elevasi matahari (SUN\_ELEVATION)

$\theta_{SZ}$  = Sudut zenith matahari;  $\theta_{SZ} = 90^\circ - \theta_{SE}$

Menurut Sari (2014), Koreksi radiometrik perlu dilakukan pada data citra dengan berbagai alasan, antara lain:

1. *Stripping* atau banding merupakan fenomena di mana detektor tidak konsisten dalam melakukan perekaman untuk band dan areal perekaman yang sama.
2. *Line Dropout* kadang terjadi sebagai akibat dari detektor yang gagal berfungsi dengan tiba-tiba.
3. Efek atmosferik merupakan fenomena yang disebabkan oleh debu, kabut, atau asap sering kali menyebabkan efek bias dan pantul pada detektor, sehingga fenomena yang berada di bawahnya tidak dapat terekam secara normal.

### 3.4.1.2 Pembentukan Citra Komposit dan Pemotongan Citra

Pembentukan citra komposit bertujuan untuk mendapatkan gambaran umum pada data yang akan diolah, khususnya untuk mengetahui keberadaan ekosistem terumbu karang di perairan. Komposit citra yang digunakan untuk mendeteksi ekosistem terumbu karang pada Landsat-7 ETM+ yaitu penggabungan antara band 4, 2 dan 1 (RGB), sedangkan pada Landsat-8 yaitu penggabungan antara band 5, 3, 2 (RGB) dengan penajaman pada citra menggunakan *equalisation histogram*. Pemotongan citra dilakukan untuk membatasi citra satelit sesuai dengan daerah penelitian.

### 3.4.1.3 Transformasi Algoritma Lyzenga

Transformasi Lyzenga dikembangkan oleh David R. Lyzenga sebagai bentuk koreksi kolom air untuk membantu interpretasi visual citra penginderaan jauh dengan perhitungan koefisien atenuasi perairan. Transformasi ini memanfaatkan dua saluran dalam sensor citra satelit dengan meminimalisir efek kedalaman untuk mengidentifikasi obyek. Pengaruh kedalaman mengganggu perbedaan obyek di dalam perairan, obyek yang sama bisa terdapat di kedalaman perairan yang berbeda, dan di kedalaman yang sama beberapa obyek tentunya bisa berbeda. Namun sensor satelit belum tentu sesuai dalam merekan obyek tersebut (Nurkhayati, 2016).

Perhitungan untuk menentukan nilai koefisien atenuasi dalam persamaan Lyzenga sebagai berikut:

$$\ln(R_{iw}) - ((k_i/k_j) \times \ln(R_{jw}))$$

Dimana:

$R_{iw}$  = saluran dengan panjang gelombang lebih pendek atau atenuasi rendah

$R_{jw}$  = saluran dengan panjang gelombang lebih panjang atau atenuasi tinggi

$k_i/k_j$  = saldo koefisien atenuasi kedua stasiun

Rasio koefisien atenuasi ( $k_i/k_j$ ) diperoleh dari perhitungan simpangan baku atau simpangan rerata yang merupakan hasil bagi dari selisih variansi saluran terpendek dan terpanjang dengan dua kali kovariansi saluran yang bersangkutan.

$$a = \frac{\sigma_i - \sigma_j}{2\sigma_{ij}}$$

$$k_i/k_j = a + \sqrt{a^2 + 1}$$

Dimana:

$\sigma_i$  = variansi nilai piksel saluran i

$\sigma_j$  = variansi nilai piksel saluran j

$\sigma_{ij}$  = kovariansi nilai piksel dua saluran i dan j

#### 3.4.1.4 Klasifikasi Citra

Klasifikasi citra merupakan suatu proses untuk mendapatkan hasil citra yang telah dikelompokkan dalam kelas-kelas tertentu berdasarkan nilai pantulan (*reflectance*) tiap obyek. Pada penelitian ini metode klasifikasi yang digunakan adalah metode klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised classification*). Hasil dari transformasi Lyzenga kemudian diinterpretasikan berdasarkan warna yang ditunjukkan. Menurut Suwargana (2014), kunci obyek perairan dangkal berdasarkan kerjasama COREMAP Puslitbang Oseanologi LIPI dengan Pusbangja LAPAN, 2001 antara lain:

- Warna ungu muda sampai biru adalah laut;
- Warna cyan ke hijau muda kekeruhan jika menyebar dan batasnya tegas dan warna hijau kekuning-kuningan dengan batas tidak tegas adalah karang;
- Warna hijau dengan warna kekuning-kuningan adalah karang dan pasir;
- Warna merah tegas ngeblok adalah pasir;

- Warna hijau kebiru-biruan tidak tegas samar bercak-bercak adalah lamun.

#### **3.4.1.5 Filtering dan Editing**

Proses *filtering* dilakukan untuk mendapatkan gambaran ekosistem terumbu karang yang baik, sehingga memudahkan dalam menentukan batas-batas dalam pembentukan poligon setiap kelas. Sedangkan proses *editing* dilakukan untuk memperbaiki akurasi hasil perhitungan luas dan analisis dengan cara mengeliminasi obyek-obyek yang merupakan gangguan atau penyimpangan dalam proses klasifikasi. Kedua proses ini menggunakan rumus algoritma berdasarkan hasil interpretasi.

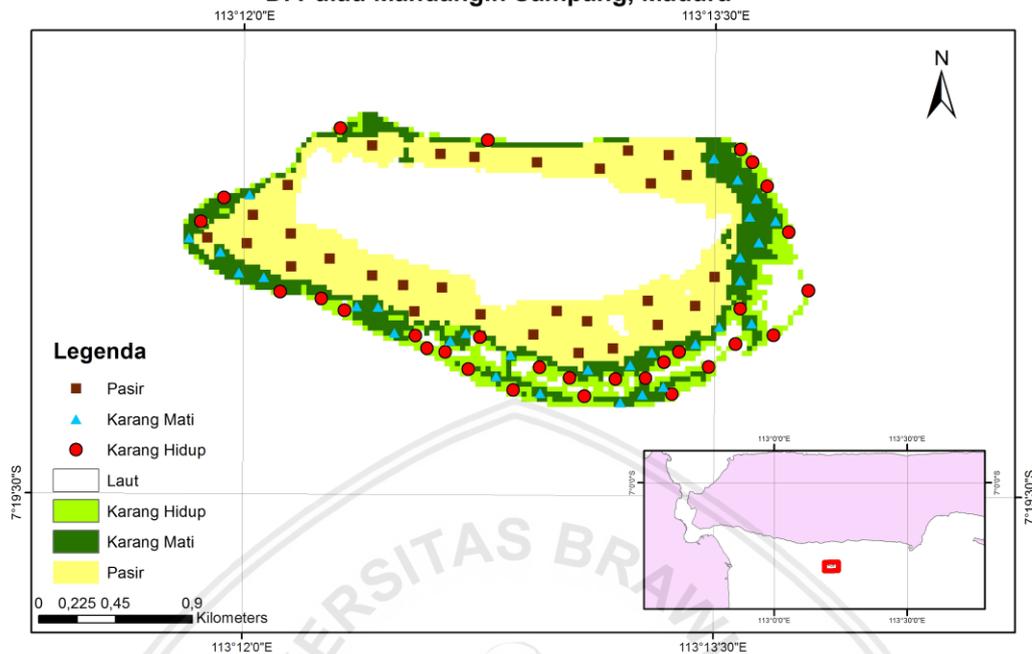
#### **3.4.1.6 Perhitungan Luasan Terumbu Karang**

Perhitungan luasan terumbu karang dilakukan pada hasil proses *editing*, diawali dengan melakukan perhitungan statistik pada menu *Process* lalu *Calculate Statistic*, kemudian pilih menu *View-Statistics* lalu pilih *Area Summary Report*. Maka akan muncul tampilan hasil dari luasan tiap kelas.

#### **3.4.1.7 Uji Akurasi Data Citra Satelit**

Uji akurasi data citra satelit terhadap hasil interpretasi yang dilakukan dengan menggunakan matriks uji ketelitian hasil atau matriks eror. Uji akurasi ini dilakukan setelah melakukan survei lapangan, karena hasil interpretasi yang dilakukan harus dilakukan pengujian agar menghasilkan data yang dapat diterima dengan tingkat akurasi tertentu. Uji akurasi bertujuan untuk mengetahui ketelitian pemetaan tutupan habitat dasar perairan laut dangkal. Nilai minimal yang digunakan sebagai acuan ketelitian sebesar 70% data lapangan (PERKA BIG, 2014). Validasi data yang dilakukan di Pulau Mandangin meliputi kelas karang hidup, karang mati dan pasir yang ditampilkan pada gambar 5 di bawah ini.

**Peta Sebaran Terumbu Karang Berdasarkan Citra Satelit Landsat-8 Di Pulau Mandangin Sampang, Madura**



Gambar 5. Titik Validasi Survei Lapangan

### 3.4.2 Kesesuaian Ekowisata Bahari

Pengolahan data untuk kesesuaian ekowisata bahari dengan hasil berupa peta kesesuaian menggunakan *software* ArcGIS 10.3. Proses pengolahan data menggunakan tools *weighted overlay*, *overlay* digunakan untuk menentukan bagaimana skor suatu aspek jika dipengaruhi aspek-aspek lainnya. Data yang akan diolah ditentukan terlebih dahulu pembobotannya, bagaimana pengaruhnya terhadap aspek yang sedang diteliti.

## 3.5 Analisis Data

### 3.5.1 Analisis Data Kualitas Perairan

Data kualitas perairan diperoleh dari pengukuran sampel air laut secara in situ. Kesesuaian hasil data kualitas perairan dibandingkan dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk wisata bahari. Baku mutu air laut untuk kesesuaian ekowisata bahari dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Baku Mutu Air Laut untuk Wisata Bahari

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu
<b>FISIKA</b>			
1.	Kecerahan <sup>a</sup>	Meter	>3
2.	Suhu <sup>b</sup>	°C	Alami <sup>2(b)</sup>
3.	Bau	-	Tidak berbau
4.	Sampah	-	Nihil <sup>1(3)</sup>
<b>KIMIA</b>			
1.	pH <sup>c</sup>	-	6,5 – 8,5
2.	Salinitas <sup>d</sup>	‰	Alami <sup>2(d)</sup>
3.	Oksigen Terlarut (DO)	mg/l	>5

Sumber : Keputusan Menteri Lingkungan Hidup (2004)

Keterangan :

1. Nihil adalah tidak terdeteksi dengan batas deteksi alat yang digunakan (sesuai dengan metode yang digunakan).
2. Alami adalah kondisi normal suatu lingkungan, bervariasi setiap saat (siang, malam dan musim).
3. Pengamatan oleh manusia (visual).
4. TBT adalah zat *antifouling* yang biasanya terdapat pada cat kapal
  - a. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% kedalaman *euphotic*.
  - b. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <2°C dari suhu alami.
  - c. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <0,2 satuan pH.
  - d. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <5% salinitas rata-rata musiman.

### 3.5.2 Analisis Persentase Tutupan Karang Hidup

Metode yang sering digunakan untuk menghitung persentase tutupan karang yaitu *Line Intercept Transect* (LIT). Teknik ini dikembangkan dalam ekologi tanaman terestrial, yang kemudian diadopsi oleh ahli ekologi terumbu karang. Prosedur ini menggabungkan sistem klasifikasi berdasarkan atribut struktural dari data *life form* daripada tingkat spesies (English *et. al.*, 1997). *Line Intercept Transect* (LIT) telah digunakan untuk memperkirakan persentase tutupan spesies sesil seperti karang, spons atau bryozoans. Pada metode ini, garis diletakkan di

bagian atas dari terumbu karang atau karang, segala organisme baik yang berada di bawah maupun di atas garis dicatat. Metode LIT ini lebih cepat daripada menggunakan metode sampling plot (Katsanevakis *et. al.*, 2012). Tali yang digunakan yaitu *fiber glass* yang memiliki panjang 50 meter. Panjang tali ini dianjurkan saat sensus ikan secara visual yang dilakukan bersamaan dengan metode LIT (English *et. al.*, 1997). Identifikasi tipe *life form* diperlukan untuk menghitung persentase tutupan terumbu karang, proses identifikasi menggunakan tabel kategori *life form* dan lebih mudahnya menggunakan kode *life form*. Kategori dan kode *life form* dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Kategori dan Kode *Life form*

No.	Kategori	Kode
<b>Hard Coral</b>		
1.	Dead Coral	DC
2.	Dead Coral with Algae	DCA
3.	Branching	ACB
	Encrusting	ACE
	Submassive	ACS
	Digitate	ACD
	Tabular	ACT
	Branching	CB
	Encrusting	CE
	Foliose	CF
	Massive	CM
4.	Non-Acropora	CS
	Mushroom	CMR
	Heliopora	CHL
	Millepora	CME
	Tubipora	CTU
<b>Other Fauna</b>		
1.	Soft Coral	SC
2.	Sponge	SP

No.	Kategori	Kode
3.	Zoanthids	ZO
4.	Others	OT
5.	Algal Assemblage	AA
	Coralline Algae	CA
	Halimeda	HA
	Macroalgae	MA
	Turf Algae	TA
6.	Sand	S
	Rubble	R
	Silt	SI
	Water	WA
	Rock	RCK
7.	Other	DDD

Sumber: English *et. al.* (1997)

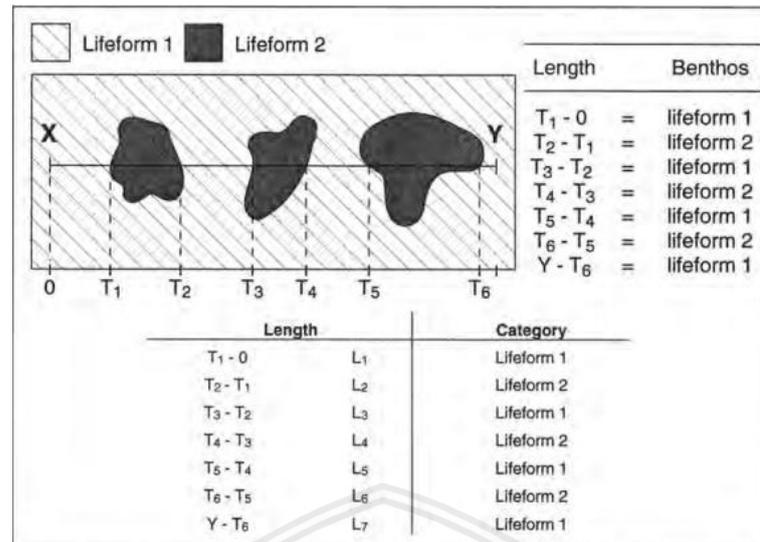
Hasil dari survei terumbu karang menunjukkan tutupan dan jumlah setiap *lifeform* lalu dapat dihitung dengan menggunakan *intercept* data yang diperoleh. Setelah melakukan perhitungan *intercept* (panjang) dari titik awal yang tercatat sampai titik akhir transek. Tutupan persentase dari kategori *lifeform* dapat dihitung menggunakan rumus, antara lain:

$$\text{Percent cover (\%)} = \frac{\text{Total length of category}}{\text{Length of transect}} \times 100$$

Untuk contoh perhitungan tutupan terumbu karang dapat dilihat pada gambar 6. Perhitungan dari gambar 6 antara lain:

$$\text{Percent cover Lifeform 1 (\%)} = \frac{L_1 + L_3 + L_5 + L_7}{Y} \times 100$$

$$\text{Percent cover Lifeform 2 (\%)} = \frac{L_2 + L_4 + L_6}{Y} \times 100$$



Gambar 6. Skema diagram transek (English et. al., 1997)

### 3.5.3 Analisis Kesesuaian Ekowisata Bahari

Setiap kegiatan wisata yang akan dikembangkan hendaknya disesuaikan dengan potensi sumber daya yang ada di kawasan tersebut serta peruntukannya. Analisis kesesuaian pemanfaatan wisata bahari berbasis konservasi menggunakan matriks kesesuaian untuk setiap kategori ekowisata bahari yang ada pada stasiun penelitian, *weighting*, *scoring* dan analisis indeks kesesuaian setiap kategori. Menurut Yulianda (2007) dalam Pustikawati et. al. (2016) untuk menentukan indeks kesesuaian pemanfaatan kesesuaian wisata, diformulasikan sebagai berikut:

$$IKW = \sum \frac{Ni}{N maks} \times 100\%$$

Dimana :  
 IKW = Indeks Kesesuaian Wisata  
 Ni = Nilai parameter ke-i (bobot x skor)  
 Nmaks = Nilai maksimum dari suatu kategori wisata

Berdasarkan formulasi kesesuaian ekowisata, selanjutnya dilakukan penyusunan kelas kesesuaian untuk kegiatan wisata pantai, *snorkling* dan *diving*. Pembagian kelas kesesuaian mengacu pada Yulianda (2007) dalam Ramadhan et. al. (2014) yang terdiri dari 3 kelas kesesuaian, meliputi S1 (Sesuai (77.78% -

100%)), S2 (Sesuai Bersyarat (55.56% - <77.78%)), dan N (Tidak Sesuai (<55.56%)).

Analisis kesesuaian ekowisata bahari dibagi menjadi 3 kategori yaitu ekowisata pantai, ekowisata *snorkling* dan ekowisata *diving*. Matriks kesesuaian ekowisata bahari pada setiap kategori mempertimbangkan beberapa parameter. Pada ekowisata bahari kategori pantai memiliki 8 parameter penunjang yaitu kedalaman, tipe pantai, lebar pantai, material dasar perairan, kecepatan arus, kecerahan, biota berbahaya, dan ketersediaan air tawar. Pada ekowisata bahari kategori *snorkling* memiliki 7 parameter untuk menunjang kesesuaian perairan tersebut yaitu kecerahan perairan, tutupan komunitas karang, jenis *lifeform*, jenis ikan karang, kecepatan arus, kedalaman terumbu karang, dan lebar hamparan datar karang. Sedangkan pada ekowisata bahari kategori *diving* memiliki 6 parameter yaitu kecerahan perairan, tutupan komunitas karang, jenis *lifeform*, jenis ikan karang, kecepatan arus, dan kedalaman terumbu karang. Matriks kesesuaian untuk wisata pantai hanya terklasifikasi menjadi 3 klasifikasi yaitu S1 (Sesuai), S2 (Sesuai dengan syarat) dan N (Tidak sesuai). Sedangkan matriks kesesuaian ekowisata pada tiga kategori (pantai, *diving* dan *snorkeling*) terklasifikasi menjadi 4 klasifikasi yaitu S1 (sangat sesuai), S2 (sesuai), S3 (sesuai dengan syarat), dan N (tidak sesuai). Matriks kesesuaian setiap kategori ekowisata dapat dilihat pada tabel 8, 9 dan 10.

Tabel 8. Matriks kesesuaian wisata bahari kategori wisata pantai

No.	Parameter	Bobot	Kategori S1	Skor	Kategori S2	Skor	Kategori N	Skor
1.	Kedalaman (m)	5	0-3	3	3-6	2	>6	1

No.	Parameter	Bobot	Kategori S1	Skor	Kategori S2	Skor	Kategori N	Skor
2.	Tipe Pantai	5	Pasir Putih	3	Pasir putih sedikit berkarang	2	Berlumpur	1
3.	Lebar Pantai	5	>10	3	3-<10	2	<3	1
4.	Material Dasar Perairan	4	Pasir	3	Karang Berpasir	2	Lumpur	1
5.	Kecepatan Arus (m/dt)	4	0-0.17	3	0.17-0.51	2	>0.51	1
6.	Kecerahan (%)	3	>75	3	>50-75	2	<25-50	1
7.	Biota Berbahaya	3	Tidak Ada	3	Bulu babi, Ikan Pari	2	Bulu babi, ikan pari, lepu, hiu	1
8.	Ketersediaan Air Tawar	3	0.5 Km	3	>1-2 Km	2	>2 Km	1

Sumber: Yulisa *et. al.* (2016)

Tabel 9. Matriks kesesuaian wisata bahari kategori wisata *snorkeling*

No.	Parameter	Bobot	Kategori S1	Skor	Kategori S2	Skor	Kategori S3	Skor	Kategori N	Skor
1.	Kecerahan Perairan (%)	5	100	3	80-<100	2	20-<80	1	<20	0
2.	Tutupan Komunitas Karang (%)	5	>75	3	>50-75	2	25-50	1	<25	0
3.	Jenis <i>Lifeform</i>	3	>12	3	>7-12	2	4-7	1	<4	0
4.	Jenis Ikan Karang	3	>50	3	30-50	2	10-<30	1	<10	0

No.	Parameter	Bobot	Kategori S1	Skor	Kategori S2	Skor	Kategori S3	Skor	Kategori N	Skor
5.	Kecepatan Arus (cm/dt)	1	0-15	3	>15-30	2	>30-50	1	>50	0
6.	Kedalaman Terumbu Karang (m)	1	1-3	3	>3-6	2	>6-10	1	>30 <1	0
7.	Lebar Hamparan datar Karang (m)	1	>500	3	>100-500	2	20-100	1	<20	0

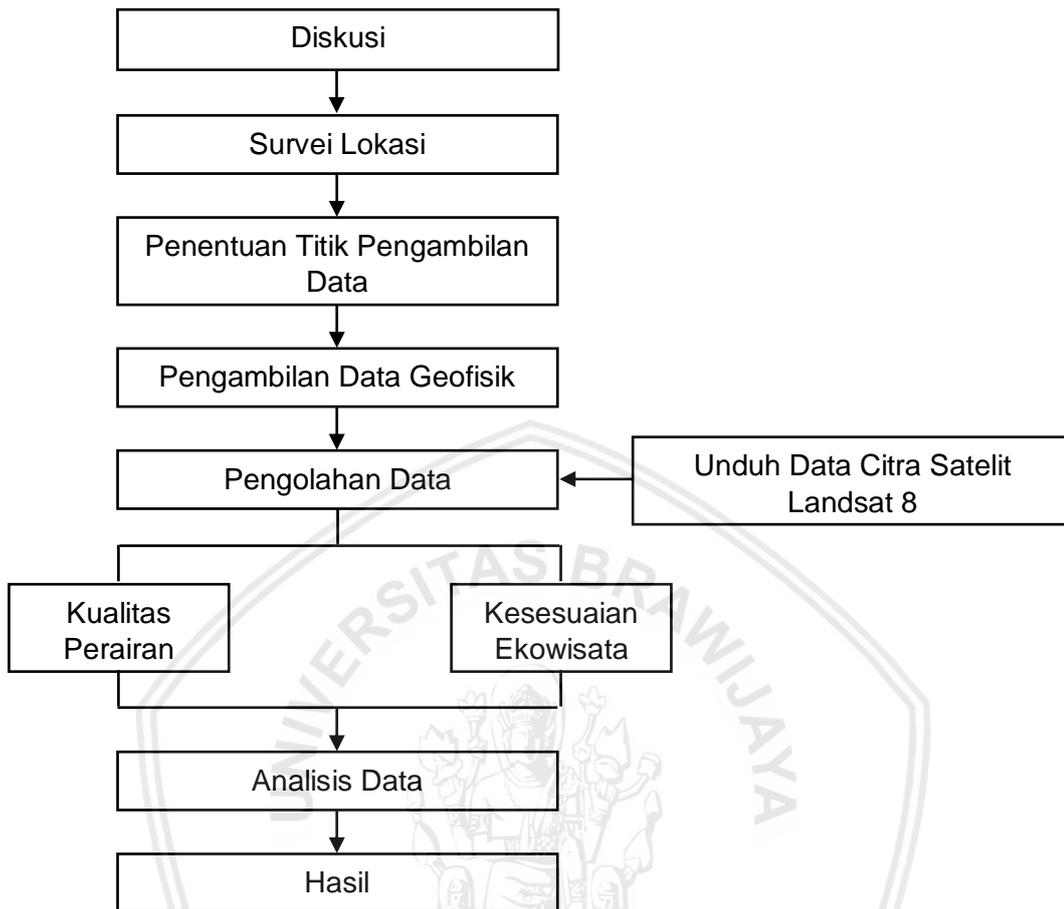
Sumber: Johan *et. al.* (2010)

Tabel 10. Matriks kesesuaian wisata bahari kategori wisata *diving*

No.	Parameter	Bobot	Kategori S1	Skor	Kategori S2	Skor	Kategori S3	Skor	Kategori N	Skor
1.	Kecerahan Perairan (%)	5	>80	3	50-80	2	20-<50	1	<20	0
2.	Tutupan Komunitas Karang (%)	5	>75	3	>50-75	2	25-50	1	<25	0
3.	Jenis <i>Lifeform</i>	3	>12	3	>7-12	2	4-7	1	<4	0
4.	Jenis Ikan Karang	3	>100	3	50-100	2	20-<50	1	<20	0
5.	Kecepatan Arus (cm/dt)	1	0-15	3	>15-30	2	>30-50	1	>50	0
6.	Kedalaman Terumbu Karang (m)	1	6-15	3	>15-20	2	>20-30	1	>30 <3	0

Sumber: Johan *et. al.* (2010)

### 3.6 Skema Kerja Penelitian



Gambar 7. Skema Kerja Penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kondisi Lapang

#### A. Stasiun 1

Stasiun 1 terletak di dekat dermaga Pulau Mandangin yang berada di sebelah utara, tepatnya pada koordinat  $-7.30470^{\circ}\text{N}$ ,  $113.20564^{\circ}\text{E}$ . Pada stasiun ini dijadikan tempat sandar bagi kapal milik nelayan ataupun kapal penyeberangan karena memiliki arus dan gelombang yang tidak besar. Kedalaman pada stasiun 1  $\pm 3.5\text{m}$ , dan memiliki substrat berpasir serta kontur perairan yang termasuk perairan dangkal.

#### B. Stasiun 2

Stasiun 2 terletak di utara pantai timur atau yang lebih dikenal dengan nama "candin", yang mana merupakan batu karang besar di ujung timur Pulau Mandangin. Koordinat stasiun 2 ini yaitu  $-7.307622^{\circ}\text{N}$ ,  $113.225297^{\circ}\text{E}$ . Stasiun ini memiliki substrat dominan berpasir dengan karang dan bulu babi. Kondisi perairan pada pagi hari cukup tenang sedangkan pada siang hari memiliki gelombang dan ombak yang cukup besar karena arah angin pada waktu penelitian menuju ke barat laut.

#### C. Stasiun 3

Stasiun 3 terletak di sebelah tenggara Pulau Mandangin, tepatnya pada koordinat  $-7.31848^{\circ}\text{N}$ ,  $113.21572^{\circ}\text{E}$ . Stasiun ini memiliki substrat dominan berpasir dengan karang dan bulu babi, serta memiliki ikan-ikan yang lebih banyak daripada stasiun lain. Kondisi perairan pada pagi hari cukup tenang tetapi pada siang hari memiliki gelombang dan ombak yang cukup besar karena arah angin pada waktu penelitian menuju ke arah barat laut.

#### **D. Stasiun 4**

Stasiun 4 terletak di barat Pulau Mandangin atau di sebelah barat Pantai Pasir Putih, yang mana memiliki hamparan pasir putih yang cukup luas dengan lebar pasir putih sebesar  $\pm 200$ m. Stasiun ini terletak pada koordinat  $-7.31156^{\circ}\text{N}$ ,  $113.19781^{\circ}\text{E}$ . Substrat pada stasiun ini dominan pasir disertai dengan karang dan bulu babi. Kondisi perairan pada stasiun ini sama seperti stasiun yang lain yaitu tenang pada pagi hari dan pada siang hari memiliki gelombang dan ombak yang cukup besar.

#### **E. Stasiun 5**

Stasiun 5 merupakan daerah pantai yang terletak di barat Pulau Mandangin dan lebih dikenal dengan nama Pantai Pasir Putih. Pantai ini memiliki hamparan pasir putih yang cukup luas dengan lebar pantai  $\pm 200$ m. Stasiun ini terletak pada koordinat  $-7.306378^{\circ}\text{N}$ ,  $113.2031^{\circ}\text{E}$ . Substrat pantai ini berpasir dan memiliki kedalaman yang bervariasi dengan kedalaman lebih dari 5 meter di sebelah barat pantai ini.

#### **F. Stasiun 6**

Stasiun 6 merupakan daerah pantai yang terletak di timur Pulau Mandangin dan lebih dikenal dengan nama Pantai Candin. Nama pantai ini diambil dari batu karang yang berada di pantai tersebut dan penduduk sekitar menyebutnya "candin". Stasiun ini terletak pada koordinat  $-7.311860^{\circ}\text{N}$ ,  $113.22479^{\circ}\text{E}$ . Pantai ini memiliki lebar pantai  $\pm 200$ m dan substrat karang berpasir.

### **4.2 Kualitas Perairan Pulau Mandangin**

Pengukuran kualitas perairan dalam penelitian dilakukan pada tanggal 27 Oktober 2018 dengan mengacu pada standar baku mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004. Pengukuran dilakukan pada 6 titik lokasi

stasiun dengan 3 kali pengulangan. Berikut adalah hasil pengukuran parameter kualitas perairan di Pulau Mandangin, Sampang:

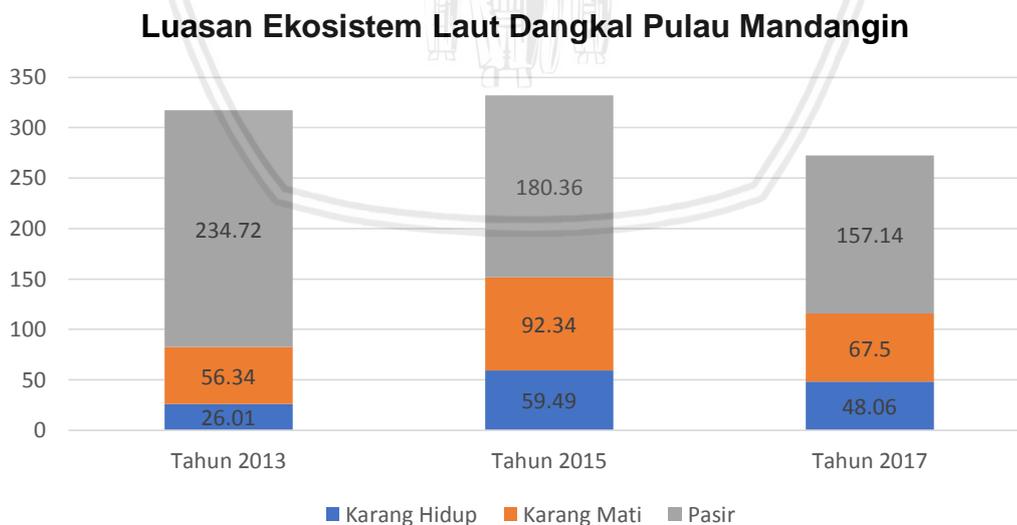
Tabel 11. Hasil Pengukuran Kualitas Perairan Pulau Mandangin

No	Parameter (Satuan)	Stasiun						Rata-rata	Baku Mutu	Ket.
		1	2	3	4	5	6			
<b>FISIKA</b>										
1.	Kedalaman (m)	3.57	3.6	3.75	1.67	1.7	1.4	2.615	>3	Tidak Sesuai
2.	Kecerahan (%)	100	100	100	100	100	100	100	Tidak tercantum	Sesuai
3.	Suhu (°C)	29	29.5	34	32.6	29	29.5	30.6	Alami	Sesuai
4.	Warna (PT.Co)	-	-	-	-	-	-	-	-	Sesuai
5.	Bau	TB	TB	TB	TB	TB	TB	TB	Tidak Berbau	Sesuai
6.	Sampah	-	-	-	-	Ada	-	-	Nihil	Sesuai
7.	Lapisan Minyak	-	-	-	-	-	-	-	Nihil	Sesuai
<b>KIMIA</b>										
1.	pH	8.5	8.3	8.3	8.2	8.6	8.2	8.35	6,5 – 8,5	Sesuai
2.	Salinitas (‰)	32	34	29	35	38	36	34	Alami	Sesuai
3.	Oksigen Terlarut (Mg/l)	7.9	13.9	15.6	13.4	7.5	12.3	11.77	>5	Sesuai

Kualitas perairan sangat penting untuk keberlangsungan daerah wisata, khususnya wisata bahari. Pada Perairan Pulau Mandangin memiliki kualitas perairan yang sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, sehingga jika dijadikan sebagai daerah ekowisata perairan ini sudah sesuai.

### 4.3 Hasil Pengolahan Data Citra Satelit

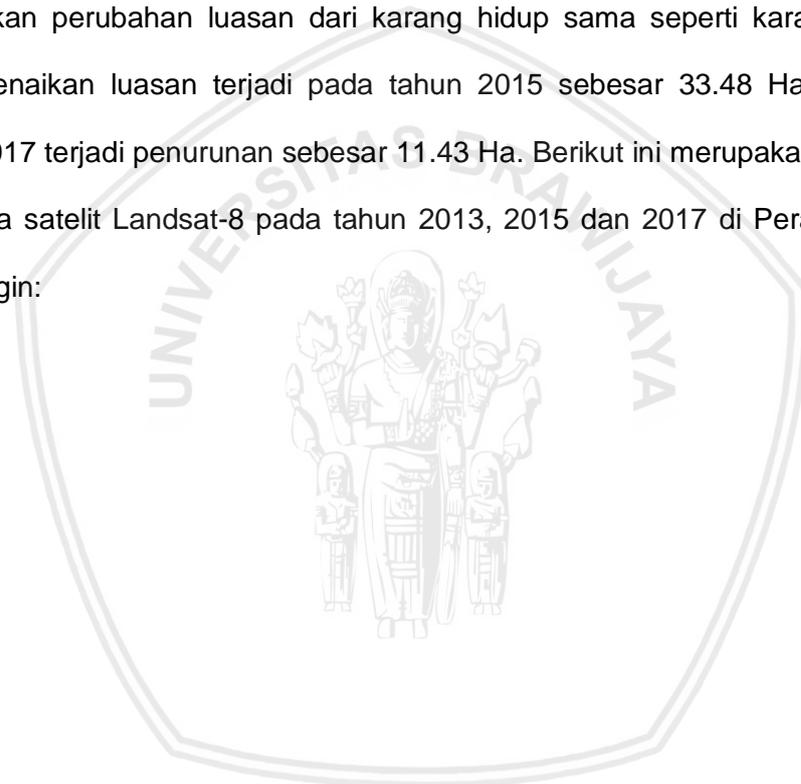
Pengolahan data citra satelit Landsat-8 menggunakan data tahun 2013, 2015 dan 2017. Pengolahan data ini untuk mengetahui perubahan yang terjadi dari tahun 2013 sampai 2017. Ekosistem perairan dangkal dari tahun 2013 – 2017 terklasifikasi menjadi 3 kelas yaitu karang hidup, pasir dan karang mati. Data citra satelit Landsat-8 tahun 2013 yang diakuisisi pada tanggal 12 Februari 2014 menghasilkan 3 kelas dengan nilai luasan masing-masing yaitu luasan karang hidup sebesar 26.01 Ha, karang mati sebesar 56.34 Ha dan luasan pasir sebesar 234.72 Ha. Pada data citra satelit Landsat-8 tahun 2015 yang diakuisisi pada tanggal 3 Agustus 2015 menghasilkan 3 kelas dengan nilai luasan masing-masing yaitu luasan karang hidup sebesar 59.49 Ha, karang mati sebesar 92.34 Ha, dan pasir sebesar 180.36 Ha. Sedangkan pada data citra Landsat-8 tahun 2017 yang diakuisisi pada tanggal 13 Februari 2017 menghasilkan 3 kelas dengan nilai luasan masing-masing yaitu luasan karang hidup sebesar 48.06 Ha, karang mati sebesar 67.5 Ha, dan pasir sebesar 157.14 Ha.

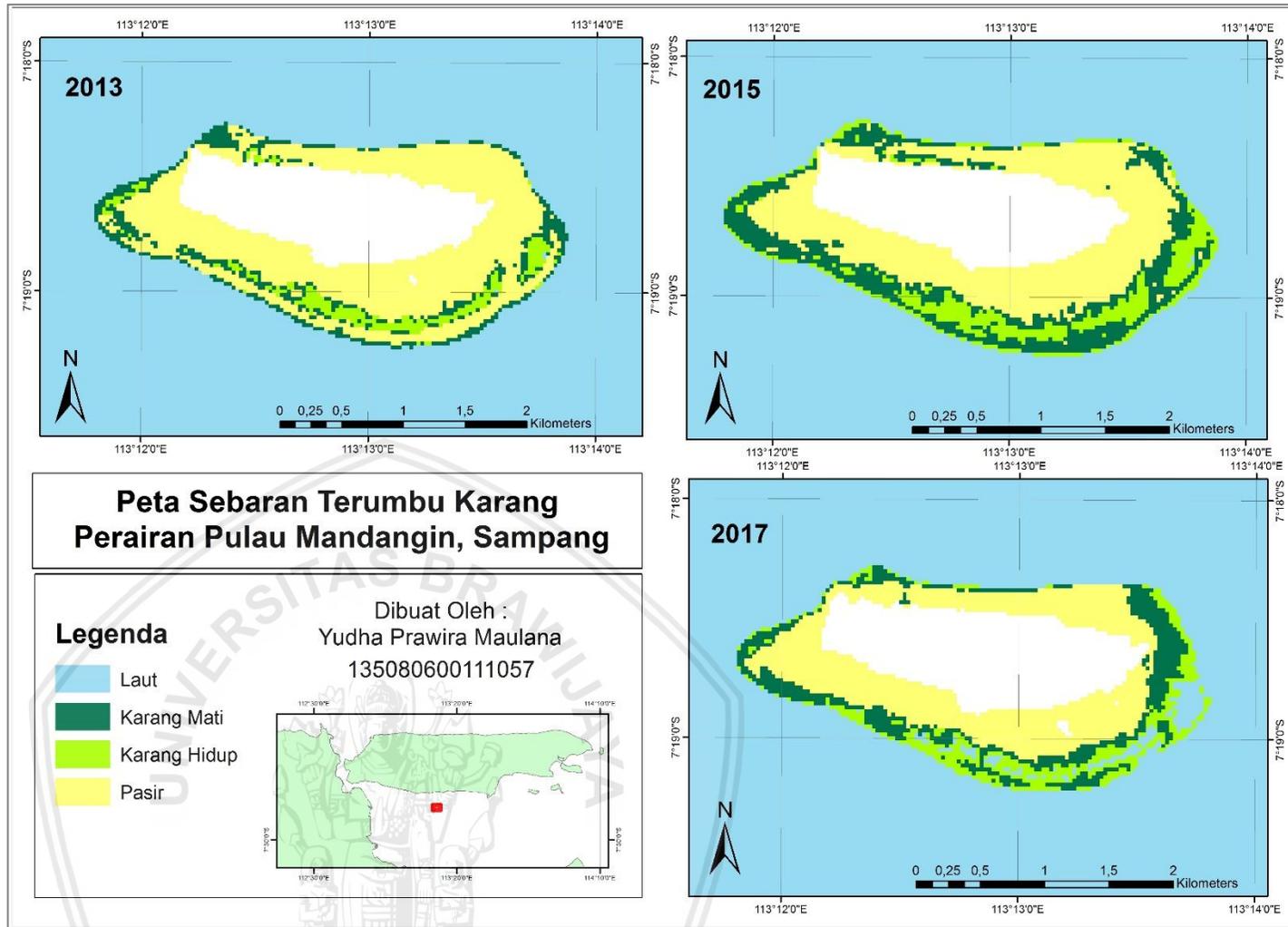


Gambar 8. Luasan Ekosistem Laut Dangkal Pulau Mandangin

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa terjadi perubahan luasan dari tahun ke tahun. Perubahan luasan ini bisa terjadi karena pengaruh dari alam maupun

dari aktivitas manusia di Pulau Mandangin. Luasan pasir merupakan yang tertinggi daripada luasan karang hidup maupun karang mati. Perubahan luasan pasir terjadi penurunan dari tahun ke tahun, di mana perubahan ini disebabkan karena banyaknya pengerukan yang dilakukan oleh masyarakat sekitar untuk digunakan membuat rumah. Perubahan luasan dari karang mati mengalami kenaikan dan penurunan, di mana pada tahun 2015 luasan dari karang mati naik sebesar 36 Ha dan pada tahun 2017 mengalami penurunan sebesar 24.84 Ha. Sedangkan perubahan luasan dari karang hidup sama seperti karang mati di mana kenaikan luasan terjadi pada tahun 2015 sebesar 33.48 Ha dan pada tahun 2017 terjadi penurunan sebesar 11.43 Ha. Berikut ini merupakan peta hasil data citra satelit Landsat-8 pada tahun 2013, 2015 dan 2017 di Perairan Pulau Mandangin:





Gambar 9. Peta Sebaran Terumbu Karang

#### 4.4 Hasil Uji Akurasi Data Citra Satelit

Hasil uji akurasi Citra Satelit Landsat-8 yang dilakukan setelah survei untuk mengetahui ketelitian hasil interpretasi pemetaan tutupan habitat perairan laut dangkal memperoleh hasil sebesar 73.33%. Menurut PERKA BIG No. 8 Tahun 2014 bahwa nilai uji akurasi yang digunakan sebagai acuan yaitu 70% data lapangan, sehingga hasil yang diperoleh bisa digunakan karena nilainya diatas 70%. Untuk mendapatkan akses data Citra Satelit Landsat-8 cukup mudah dan tidak berbayar. Meskipun resolusi spasialnya tidak setinggi citra yang berbayar seperti IKONOS atau QuickBird, namun dengan resolusi spasial sebesar 30m dan piksel 12 bit akan memudahkan dalam interpretasi data. Berikut ini merupakan hasil uji akurasi citra satelit Landsat-8 yang disajikan pada tabel 12. Pada tabel matriks tersebut menunjukkan bahwa nilai akurasi karang hidup sebesar 30%. Hal ini dikarenakan adanya sedimentasi sehingga menyebabkan tutupan terumbu karang rendah.

Tabel 12. Hasil Uji Akurasi

Kelas	Karang Hidup	Karang Mati	Pasir	Kelas Benar	Total	Error (%)	Ketelitian Produser (%)
Karang Hidup	<b>9</b>	19	2		30	70	30
Karang Mati	2	<b>28</b>	0		30	6.67	93.33
Pasir	1	0	<b>29</b>		30	3.33	96.67
Kelas Benar				<b>66</b>			
Total	12	47	31		<b>90</b>		
Error (%)	25	40.43	6.45				
Ketelitian Pengguna (%)	75	59.57	93.55				<b>73.33</b>

Hasil yang diperoleh dalam uji akurasi menunjukkan nilai ketelitian sebesar 73.3%, sedangkan dalam penelitian yang lain menunjukkan hasil yang berbeda. Hal ini bisa terjadi karena *human error* dalam mengolah dan interpretasi data sehingga menunjukkan hasil yang berbeda. Perbandingan uji akurasi dari penelitian lain disajikan pada tabel 13.

Tabel 13. Perbandingan Hasil Uji Akurasi

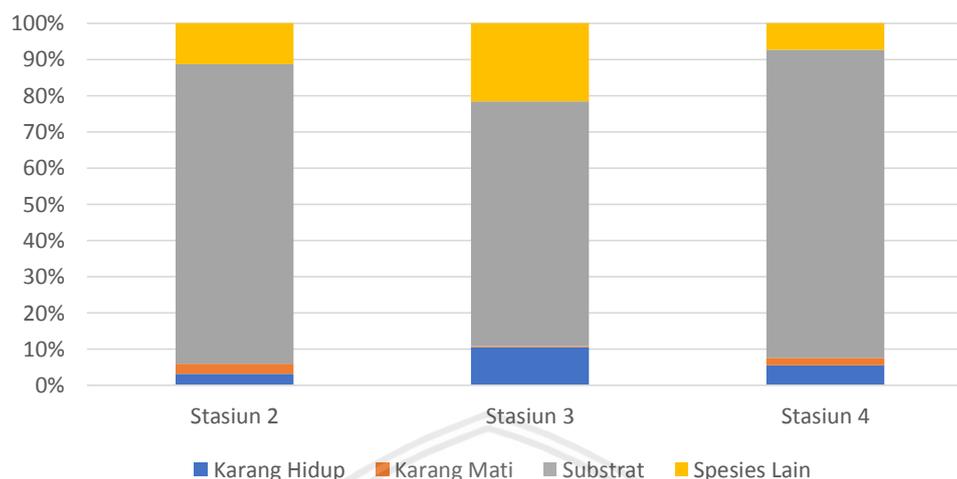
No.	Penelitian yang Lain	Satelit	Kelas	Metode	Nilai Akurasi
1.	Bano dan Nurul (2013)	Citra Satelit Landsat-8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terumbu Karang</li> <li>• Pasir</li> <li>• Substrat Lain</li> </ul>	<i>Line Intercept Transect</i>	53.76%
2.	Ardiyanto dan Hartono (2013)	Citra Quickbird-2 Multispektral	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terumbu Kondisi Baik</li> <li>• Terumbu Sedang Rusak</li> <li>• Terumbu Mati</li> <li>• Pasir</li> <li>• Lamun</li> <li>• Alga</li> </ul>	<i>Object Based Image Analysis (OBIA)</i>	65.87%
3.	Didi <i>et. al.</i> (2018)	Citra Satelit Landsat-8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Karang Hidup</li> <li>• Karang Mati</li> <li>• Lamun</li> <li>• Pasir</li> </ul>	<i>Line Intercept Transect</i>	96.25%

#### 4.5 Kondisi Terumbu Karang

##### 4.5.1 Persentase Tutupan

Perhitungan persentase tutupan terumbu karang menggunakan metode *Line Intercepts Transect* (LIT). Metode ini memperkirakan persentase tutupan karang berdasarkan dari *life form* karang. Kategori tutupan yang digunakan antara lain karang hidup, karang mati, substrat dan spesies lain. Hasil yang diperoleh hanya pada stasiun 2, 3 dan 4 karena pada stasiun 1 tidak ditemukan karang sehingga tidak dilakukan LIT. Berikut ini merupakan hasil tutupan di stasiun 2, 3 dan 4.

### Persentase Tutupan Tiap Stasiun

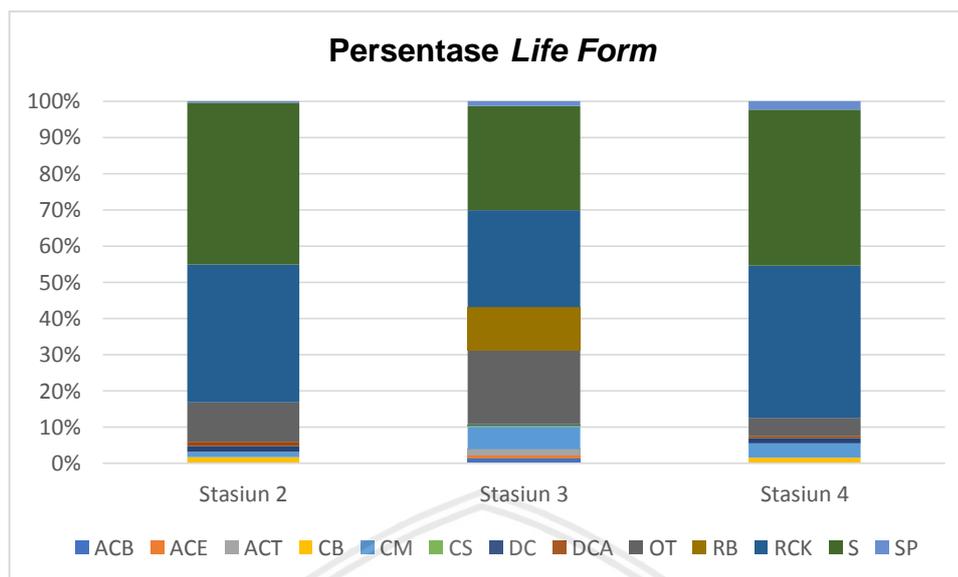


Gambar 10. Persentase Tutupan Tiap Stasiun

Hasil dari luasan terumbu karang yang diperoleh menggunakan penginderaan jauh menunjukkan bahwa habitat perairan laut dangkal terbagi menjadi 3 kelas yaitu karang hidup, karang mati dan pasir. Luasan karang hidup dari tahun 2013 sampai 2017 menunjukkan perubahan yang signifikan, terutama pada tahun 2015 yang mengalami kenaikan luasan. Muhsoni (2016) membagi klasifikasi karang hidup menjadi 2 kelas yaitu karang hidup rendah dan karang hidup sangat rendah. Pada karang hidup rendah memiliki luasan sebesar 42.8 Ha dan karang hidup sangat rendah memiliki luasan sebesar 53.6 Ha.

#### 4.5.2 Persentase Life Form

Perhitungan persentase *life form* dibagi menjadi 2 kategori besar yaitu *Hard Coral* dan *Other Fauna*, yang mana kedua kategori tersebut dibagi lagi menjadi beberapa kategori. Hasil dari LIT tiap stasiun yang menghasilkan beberapa kategori yang ditunjukkan pada gambar 13.



Gambar 11. Persentase Life Form

Pada stasiun 2 didominasi oleh *Sand* (S) sebesar 44.68% dan *Rock* (RCK) sebesar 38.06%. Sedangkan untuk karang hidup ditemukan 2 *life form* yaitu *Coral Branching* (CB) sebesar 1.74% dan *Coral Massive* (CM) sebesar 1.38%. Keberadaan karang mati juga ditemukan antara lain *Dead Coral* (DC) juga ditemukan sebesar 1.74% dan *Dead Coral with Algae* (DCA) sebesar 1.14%. Pada stasiun ini juga ditemukan spesies lain (*Other Fauna*) yaitu *Sponge* (SP) sebesar 0.4% dan bulu babi yang termasuk ke dalam *Others* (OT) sebesar 10.86%. Total tutupan karang hidup pada stasiun 2 sebesar 3.12% dan menurut KEPMEN LH No. 4 Tahun 2001 tentang Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang termasuk dalam kategori rusak (buruk).

Stasiun 3 memiliki *life form* karang yang bervariasi dibandingkan dengan stasiun 2 dan 4. Stasiun ini memiliki 5 *life form* yang mana terdiri dari *Acropora Branching* (ACB) sebesar 1.54%, *Acropora Encrusting* (ACE) sebesar 0.62%, *Acropora Tabular* (ACT) sebesar 1.68%, *Coral Massive* (CM) mendominasi *life form* stasiun ini dengan tutupan sebesar 6.24%, dan *Coral Submassive* (CS) sebesar 0.42%. Tetapi, pada stasiun ini tetap didominasi oleh *Sand* (S) sebesar 28.82%, *Rock* (RCK) sebesar 26.74%. Pada substrat tidak hanya

berupa pasir dan batu, tetapi juga terdapat *Rubble* (RB) sebesar 12.02%. Keberadaan spesies lain pun sama seperti stasiun lainnya yang didominasi oleh bulu babi yang termasuk dalam *Others* (OT) sebesar 20.26% dan adanya *Sponge* (SP) sebesar 1.32%. Total tutupan karang hidup pada stasiun 3 sebesar 10.5% dan menurut KEPMEN LH No. 4 Tahun 2001 tentang Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang termasuk dalam kategori rusak (buruk).

Pada stasiun 4 di dominasi oleh *Sand* (S) sebesar 43% dan *Rock* (RCK) sebesar 32.12%. Sedangkan untuk karang hidup ditemukan 2 *life form* yaitu *Coral Branching* (CB) sebesar 1.62% dan *Coral Massive* (CM) sebesar 3.92%. Keberadaan karang mati juga ditemukan antara lain *Dead Coral* (DC) juga ditemukan sebesar 1.52% dan *Dead Coral with Algae* (DCA) sebesar 0.52%. Pada stasiun ini juga ditemukan spesies lain (*Other Fauna*) yaitu *Sponge* (SP) sebesar 2.34% dan bulu babi yang termasuk ke dalam *Others* (OT) sebesar 4.96%. Total tutupan karang hidup pada stasiun 2 sebesar 5.54% dan menurut KEPMEN LH No. 4 Tahun 2001 tentang Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang termasuk dalam kategori rusak (buruk).

Perhitungan persentase tutupan terumbu karang yang dilakukan dengan metode *Line Intercept Transect* (LIT) menunjukkan bahwa kondisi tutupan karang hidup di Pulau Mandangin termasuk dalam kategori buruk atau rendah. Hal ini dikarenakan nilai tutupan terumbu karang di bawah 24.9%. Tipe *life form* yang ditemukan di Perairan Pulau Mandangin antara lain ACB, ACE, ACT, CB, CM dan CS. Pada penelitian lain yaitu Muhsoni (2016) menunjukkan hasil yang serupa sehingga termasuk dalam kategori rendah. Tutupan karang hidup tertinggi yang diperoleh sebesar 13.7% di Perairan Selatan Pulau Mandangin. Tipe *life form* yang ditemukan antara lain ACB, ACE, ACS, CM, dan CS. Rosi *et al.* (2016) dalam penelitiannya menemukan 7 tipe *life form* di Pulau Mandangin antara lain ACB, ACS, ACT, CB, CM, CMR, dan CS. Berdasarkan hasil yang

diperoleh serta perbandingan literatur menunjukkan bahwa luasan terumbu karang menunjukkan hasil yang sama, termasuk dalam kategori rendah atau buruk, sedangkan untuk tipe *life form* yang ditemukan menunjukkan kesamaan dengan tipe yang mendominasi adalah Coral Massive (CM).

#### 4.6 Kesesuaian Ekowisata Pantai

Pengukuran kesesuaian untuk ekowisata pantai dilakukan pada 2 stasiun yang dianggap mewakili Pulau Mandangin. Pemilihan 2 stasiun ini dikarenakan letak dari kedua stasiun ini berada pada ujung barat dan ujung timur Pulau Mandangin. Kedua pantai ini memiliki keunggulan masing-masing sehingga dapat dijadikan sebagai kawasan wisata pantai. Stasiun 5 terletak pada koordinat 113.2031, -7.306378 di ujung barat Pulau Mandangin. Pantai ini terkenal dengan pasir putihnya sehingga penduduk sekitar sering menyebutnya Pantai Pasir Putih. Aktivitas manusia di Pantai ini tergolong tinggi karena dijadikan sebagai tempat pelabuhan kapal-kapal milik nelayan. Sedangkan stasiun 6 terletak pada koordinat 113.22479, -7.31186 di ujung timur Pulau Mandangin. Pantai ini terkenal dengan pulau karang yang disebut "candin" oleh penduduk sekitar. Lokasi pantai ini lumayan jauh dari perumahan warga, tetapi terdapat lokasi pembuatan kapal di pantai barat ini.

Berikut adalah hasil pengukuran kesesuaian daerah untuk wisata pantai :

Tabel 14. Nilai Kesesuaian Ekowisata Pantai

No.	Parameter	Bobot	Stasiun	Skor	Kategori	Bobot x Skor
1.	Kedalaman (m)	5	5	3	S1	15
			6	3	S1	15
2.	Tipe Pantai	5	5	3	S1	15
			6	2	S2	10
3.	Lebar Pantai	5	5	3	S1	15
			6	3	S1	15

No.	Parameter	Bobot	Stasiun	Skor	Kategori	Bobot x Skor
4.	Material Dasar Perairan	4	5	3	S1	12
			6	2	S2	8
5.	Kecepatan Arus (m/dt)	4	5	3	S1	12
			6	3	S1	12
6.	Kecerahan (%)	3	5	3	S1	9
			6	3	S1	9
7.	Biota Berbahaya	3	5	2	S2	6
			6	2	S2	6
8.	Ketersediaan Air Tawar	3	5	3	S1	9
			6	2	S2	6

Berdasarkan tabel kesesuaian ekowisata pantai di atas, didapatkan hasil sebagai berikut:

Stasiun.	Bobot x Skor
5	93
6	81
<b>Rata-rata</b>	<b>87</b>

$$IKW \text{ Stasiun } 5 = \sum \frac{N_i}{N_{maks}} \times 100\% = \frac{93}{96} \times 100\% = 96.875 \%$$

$$IKW \text{ Stasiun } 6 = \sum \frac{N_i}{N_{maks}} \times 100\% = \frac{81}{96} \times 100\% = 84.375 \%$$

$$IKW \text{ Rata - rata} = \sum \frac{N_i}{N_{maks}} \times 100\% = \frac{87}{96} \times 100\% = 90.625 \%$$

Pengukuran Indeks Kesesuaian Wisata pada setiap stasiun mendapatkan hasil yaitu pada stasiun 5 nilai Indeks Kesesuaian Wisata sebesar 96.875% dan pada stasiun 6 nilai Indeks Kesesuaian Wisata sebesar 84.375%. Rata-rata nilai Indeks Kesesuaian Wisata sebesar 90.625%. Nilai rata-rata Indeks Kesesuaian Wisata tiap stasiun sebesar 90.625%. Nilai-nilai Indeks Kesesuaian Wisata termasuk dalam kategori S1 (Sesuai) karena nilainya di antara 77.78% - 100%,

sehingga kedua pantai ini sesuai untuk dijadikan sebagai tempat wisata. Pada stasiun 5 memiliki ini hamparan pasir putih yang luas dan perairan yang jernih serta pemandangan saat matahari terbenam sehingga menambah daya tarik pantai ini. Pada stasiun 6 memiliki batu karang besar yang disebut candin yang mana sering dijadikan sebagai objek foto. Untuk menuju pantai ini harus melewati lapangan yang dikelilingi pohon dan pantainya memiliki substrat pasir berkarang, sehingga perlu berhati-hati saat bermain.

#### **4.7 Kesesuaian Ekowisata *Snorkeling***

Pengukuran untuk kesesuaian ekowisata *snorkeling* dilakukan pada 4 stasiun di Perairan Pulau Mandangin. Keempat stasiun berada di sebelah utara, timur laut, tenggara dan barat. Stasiun 1 terletak di sebelah utara Pulau Mandangin, yang mana pada stasiun ini dekat dengan Pantai Pasir Putih serta pelabuhan kapal-kapal nelayan. Aktivitas manusia di stasiun lumayan tinggi mengingat dekat dengan pelabuhan. Stasiun 2 terletak di timur laut Pulau Mandangin dan dekat dengan candin. Pada stasiun ini sedikit aktivitas manusia dan hanya ada beberapa kapal yang lewat. Pada interpretasi peta secara *unsupervised*, stasiun ini memiliki ekosistem terumbu karang yang lumayan banyak. Stasiun 3 terletak di tenggara Pulau Mandangin dan juga digunakan para nelayan untuk melabuhkan kapalnya. Sama halnya seperti stasiun 2, pada stasiun ini juga memiliki ekosistem terumbu karang yang lumayan banyak berdasarkan hasil interpretasi peta secara *unsupervised*. Stasiun ini memiliki ombak dan gelombang yang lumayan besar karena angin datang dari arah tenggara. Stasiun 4 berada di barat Pulau Mandangin dan sebelah barat daya Pantai Pasir Putih. Stasiun ini lebih dangkal daripada stasiun yang lain tetapi untuk ekosistem terumbu karang tidak sebanyak stasiun 2 dan 3 berdasarkan hasil interpretasi peta secara *unsupervised*.

Berikut adalah hasil pengukuran kesesuaian perairan untuk ekowisata *snorkeling* :

Tabel 15. Nilai Kesesuaian Ekowisata *Snorkeling*

No.	Parameter	Bobot	Stasiun	Skor	Kategori	Bobot x Skor
1.	Kecerahan Perairan (%)	5	1	3	S1	15
			2	3	S1	15
			3	3	S1	15
			4	3	S1	15
2.	Tutupan Komunitas Karang (%)	5	1	0	N	0
			2	0	N	0
			3	0	N	0
			4	0	N	0
3.	Jenis <i>Life Form</i>	3	1	0	N	0
			2	0	N	0
			3	1	S3	3
			4	0	N	0
4.	Jenis Ikan Karang	3	1	0	N	0
			2	0	N	0
			3	0	N	0
			4	0	N	0
5.	Kecepatan Arus (cm/dt)	1	1	2	S2	2
			2	1	S3	1
			3	2	S2	2
			4	3	S1	3
6.	Kedalaman	1	1	2	S2	2
			2	2	S2	2
			3	2	S2	2
			4	3	S1	3
7.	Lebar Hampan Karang (m)	1	1	0	N	0
			2	0	N	0
			3	0	N	0
			4	0	N	0

Berdasarkan tabel kesesuaian ekowisata *snorkeling* di atas, didapatkan hasil sebagai berikut:

Stasiun.	Bobot x Skor
1	19
2	18
3	22
4	21
<b>Rata-rata</b>	20

$$IKW \text{ Stasiun 1} = \sum \frac{N_i}{N \text{ maks}} \times 100\% = \frac{19}{57} \times 100\% = 33.33 \%$$

$$IKW \text{ Stasiun 2} = \sum \frac{N_i}{N \text{ maks}} \times 100\% = \frac{18}{57} \times 100\% = 31.58 \%$$

$$IKW \text{ Stasiun 3} = \sum \frac{N_i}{N \text{ maks}} \times 100\% = \frac{22}{57} \times 100\% = 38.6 \%$$

$$IKW \text{ Stasiun 4} = \sum \frac{N_i}{N \text{ maks}} \times 100\% = \frac{21}{57} \times 100\% = 36.84 \%$$

$$IKW \text{ Rata - rata} = \sum \frac{N_i}{N \text{ maks}} \times 100\% = \frac{20}{57} \times 100\% = 35.09 \%$$

Pengukuran Indeks Kesesuaian Wisata pada stasiun 1 sampai 4 memiliki nilai yang rendah. Pada pembagian kelas kesesuaian yang terdiri dari S1 (Sesuai (77.78% - 100%)), S2 (Sesuai Bersyarat (55.56% - <77.78%)), dan N (Tidak Sesuai (<55.56%)), Stasiun 1 sampai 4 termasuk dalam kelas N (Tidak sesuai) karena nilainya kurang dari 55.56%. Hal ini menunjukkan bahwa stasiun 1 sampai 4 tidak sesuai untuk dijadikan sebagai tempat ekowisata *snorkeling*. Rendahnya nilai IKW dikarenakan sedikitnya tutupan terumbu karang di tiap stasiun, bahkan pada stasiun 1 tidak ditemukan terumbu karang. Terumbu karang ditemukan pada stasiun 2, 3, dan 4 dengan tutupan yang rendah karena didominasi oleh pasir dan batu sebagai substrat. Hasil tutupan dari ketiga stasiun tersebut hampir sama, sedangkan untuk *life form* karang terdapat perbedaan

pada stasiun 3 yang memiliki 5 *life form* dibandingkan dengan stasiun 2 dan 4 yang memiliki 2 *life form* saja.

#### 4.8 Kesesuaian Ekowisata *Diving*

Pengukuran untuk kesesuaian ekowisata *diving* dilakukan pada 4 stasiun di Perairan Pulau Mandangin. Keempat stasiun berada di sebelah utara, timur laut, tenggara dan barat. Stasiun 1 terletak di sebelah utara Pulau Mandangin, yang mana pada stasiun ini dekat dengan Pantai Pasir Putih serta pelabuhan kapal-kapal nelayan. Aktivitas manusia di stasiun lumayan tinggi mengingat dekat dengan pelabuhan. Stasiun 2 terletak di timur laut Pulau Mandangin dan dekat dengan candin. Pada stasiun ini sedikit aktivitas manusia dan hanya ada beberapa kapal yang lewat. Pada interpretasi peta secara *unsupervised*, stasiun ini memiliki ekosistem terumbu karang yang lumayan banyak. Stasiun 3 terletak di tenggara Pulau Mandangin dan juga digunakan para nelayan untuk melabuhkan kapalnya. Sama halnya seperti stasiun 2, pada stasiun ini juga memiliki ekosistem terumbu karang yang lumayan banyak berdasarkan hasil interpretasi peta secara *unsupervised*. Stasiun ini memiliki ombak dan gelombang yang lumayan besar karena angin datang dari arah tenggara. Stasiun 4 berada di barat Pulau Mandangin dan sebelah barat daya Pantai Pasir Putih. Stasiun ini lebih dangkal daripada stasiun yang lain tetapi untuk ekosistem terumbu karang tidak sebanyak stasiun 2 dan 3 berdasarkan hasil interpretasi peta secara *unsupervised*.

Berikut adalah hasil pengukuran kesesuaian perairan untuk ekowisata *diving*:

Tabel 16. Nilai Kesesuaian Ekowisata *Diving*

No.	Parameter	Bobot	Stasiun	Skor	Kategori	Bobot x Skor
1.	Kecerahan Perairan (%)	5	1	3	S1	15
			2	3	S1	15
			3	3	S1	15
			4	3	S1	15
2.	Tutupan Komunitas Karang (%)	5	1	0	N	0
			2	0	N	0
			3	0	N	0
			4	0	N	0
3.	Jenis <i>Life Form</i>	3	1	0	N	0
			2	0	N	0
			3	1	S3	3
			4	0	N	0
4.	Jenis Ikan Karang	3	1	0	N	0
			2	0	N	0
			3	0	N	0
			4	0	N	0
5.	Kecepatan Arus (cm/dt)	1	1	2	S2	2
			2	1	S3	1
			3	2	S2	2
			4	3	S1	3
6.	Kedalaman	1	1	0	N	0
			2	0	N	0
			3	0	N	0
			4	0	N	0

Berdasarkan tabel kesesuaian ekowisata *diving* di atas, didapatkan hasil sebagai berikut:

Stasiun.	Bobot x Skor
1	17
2	16
3	20
4	18
<b>Rata-rata</b>	<b>17.75</b>

$$IKW \text{ Stasiun 1} = \sum \frac{Ni}{N \text{ maks}} \times 100\% = \frac{17}{54} \times 100\% = 31.48 \%$$

$$IKW \text{ Stasiun 2} = \sum \frac{Ni}{N \text{ maks}} \times 100\% = \frac{16}{54} \times 100\% = 29.63 \%$$

$$IKW \text{ Stasiun 3} = \sum \frac{Ni}{N \text{ maks}} \times 100\% = \frac{20}{54} \times 100\% = 37.04 \%$$

$$IKW \text{ Stasiun 4} = \sum \frac{Ni}{N \text{ maks}} \times 100\% = \frac{18}{54} \times 100\% = 33.33 \%$$

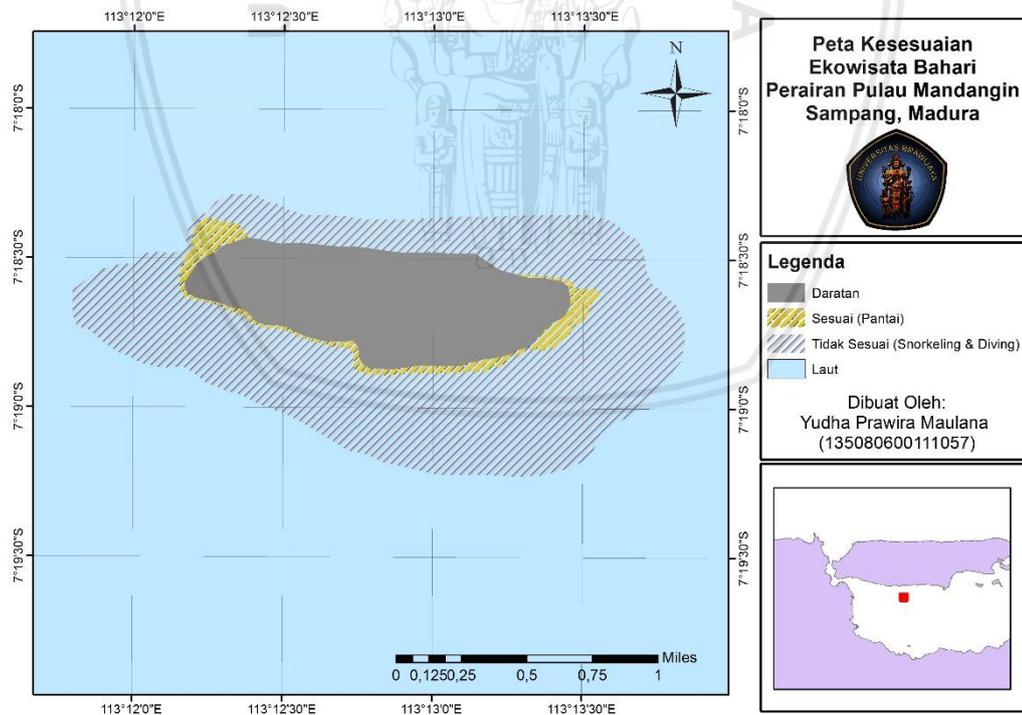
$$IKW \text{ Rata - rata} = \sum \frac{Ni}{N \text{ maks}} \times 100\% = \frac{17.75}{54} \times 100\% = 32.87 \%$$

Pengukuran Indeks Kesesuaian Wisata pada stasiun 1 sampai 4 memiliki nilai yang rendah. Pada pembagian kelas kesesuaian yang terdiri dari S1 (Sesuai (77.78% - 100%)), S2 (Sesuai Bersyarat (55.56% - <77.78%)), dan N (Tidak Sesuai (<55.56%)), Stasiun 1 sampai 4 termasuk dalam kelas N (Tidak sesuai) karena nilainya kurang dari 55.56%. Hal ini menunjukkan bahwa stasiun 1 sampai 4 tidak sesuai untuk dijadikan sebagai tempat ekowisata *diving*. Rendahnya nilai IKW dikarenakan sedikitnya tutupan terumbu karang di tiap stasiun, bahkan pada stasiun 1 tidak ditemukan terumbu karang, pada stasiun 2, 3 dan 4 ditemukan terumbu karang tetapi tutupannya sangat rendah karena 3 lokasi ini didominasi oleh pasir dan batu. Untuk *life form*, stasiun 2 dan 4

mendapatkan hasil yang sama dengan 2 *life form*, sedangkan pada stasiun 3 terdapat 5 *life form* dengan tutupan yang rendah.

#### 4.9 Peta Kesesuaian Ekowisata Bahari

Kesesuaian Ekowisata Bahari di Perairan Pulau Mandangin menunjukkan bahwa perairan ini tidak sesuai untuk dijadikan sebagai kawasan ekowisata *snorkeling* dan *diving*. Hal ini dikarenakan nilai yang didapat kurang dari 55%, sehingga kedua ekowisata ini tidak sesuai untuk dijadikan kawasan ekowisata *snorkeling* dan *diving*. Hasil yang berbeda ditunjukkan pada ekowisata pantai dimana hasil yang didapatkan diatas 77% sehingga dikategorikan sesuai untuk dijadikan sebagai kawasan ekowisata pantai. Berikut ini merupakan peta hasil ekowisata bahari di Perairan Pulau Mandangin yang ditunjukkan pada gambar 14.



Gambar 12. Peta Kesesuaian Ekowisata Bahari di Perairan Pulau Mandangin

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian di atas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil citra satelit Landsat-8 menunjukkan bahwa luasan karang hidup antara tahun 2013 dan 2015 mengalami kenaikan sebesar 33.48 Ha. Sedangkan antara tahun 2015 dan 2017 mengalami penurunan sebesar 11.43 Ha.
2. Persentase Tutupan Ekosistem Terumbu Karang di Perairan Pulau Mandangin menunjukkan bahwa luasan terumbu karang pada stasiun 3 lebih besar daripada stasiun 2 dan 4 dengan luasan sebesar 10.5%. Sedangkan stasiun 2 yang memiliki luasan 3.12%, stasiun 4 sebesar 5.54%, dan stasiun 1 tidak ditemukan karang. *Life form* Terumbu Karang yang mendominasi di semua stasiun adalah *Coral Massive* (CM).
3. Kesesuaian Lahan untuk kategori ekowisata pantai menghasilkan nilai lebih dari 77.78% sehingga dikategorikan sesuai untuk daerah ekowisata pantai, sedangkan kategori ekowisata *snorkeling* dan *diving* menghasilkan nilai kurang dari 55.56% sehingga dikategorikan tidak sesuai untuk daerah ekowisata *snorkeling* dan *diving*.

## 5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu penambahan lokasi pengambilan data penelitian terumbu karang dan melakukan rehabilitasi terumbu karang di Perairan Pulau Mandangin serta adanya transplantasi terumbu karang. Perlu adanya daerah konservasi terumbu karang untuk membatasi aktivitas manusia di daerah yang terdapat terumbu karang. Perlunya koordinasi antara pemangku kepentingan dan masyarakat sekitar agar terwujudnya pengelolaan yang berkelanjutan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Andriyono, Sapto, Wahyu Thajaningsih, Agustono, Endang Dewi Masithah. 2015. *Aplikasi Teknologi Asap Cair dalam Pengolahan dan Pengawetan Produk Perikanan di Pulau Mandangin*. Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan. Vol.: 7 (1).
- Ardiyanto, Ridwan dan Hartono. 2013. *Pemetaan Terumbu Karang Menggunakan Metode Klasifikasi Berbasis Objek pada Citra Quickbird-2 Multispektral di Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa, Jepara, Jawa Tengah*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Awak, Dominggus Samuel H.L.M.K., Jonson Lumban Gaol, Beginer Subhan, Hawis H Madduppa, Dondy Arafat. 2016. *Coral Reef Ecosystem Monitoring Using Remote Sensing Data: Case Study in Owi Island, Biak, Papua*. Procedia Environmental Sciences. Vol. 33. Page 600-606.
- Bano, Vellaria S dan Nurul Khakhim. 2013. *Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh untuk Pemetaan Terumbu Karang di Teluk Tomini Bagian Kota Gorontalo*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Burke, Laureta, Kathleen Reytar, Mark Spalding, dan Allison Perry. 2012. *Menengok Kembali Terumbu Karang yang Terancam di Segitiga Terumbu Karang*. ISBN 978-56973-798-9. Diterjemahkan oleh yayasan terangi. [www.terangi.or.id](http://www.terangi.or.id).
- Didi, La, Halili, dan Rtna Diyah Palupi. 2018. *Pemetaan Kondisi Terumbu Karang Menggunakan Citra Satelit di Pulau Matahora Kabupaten Wakatobi*. Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan. Vol.: 3 (4). Hal. 319-326.
- English, Susan, Clive Wilkinson, and Valonna Baker. 1997. *Survei Manual for tropical Marine Resources 2nd Edition*. Townsville: Australian Institute of Marine Science.
- Giyanto, Muhammad Abrar, Tri Aryono Hadi, Agus Budiyo, Muhammad Hafizt, Abdullah Salatalohy, dan Marindah Yulia Iswari. 2017. *Status Terumbu Karang Indonesia 2017*. Jakarta: Puslit Osaenografi – LIPI.
- Helmi, M., A. Hartoko, Herkiki S., Munasik, dan S. Wouthuyzen. 2011. *Analisis Respon Spektral dan Ekstraksi Nilai Spektral Terumbu Karang pada Citra Digital Multispektral Satelit ALOS-AVNIR di Perairan Gugus Pulau Pari, Kepulauan Seribu, Jakarta*. Buletin Oseanografi Marina. Vol.: 1. Pg. 120-136.
- Insafitri. 2010. *Prosentase Penutupan Karang di Pulau Kangean-Sumenep*. Bangkalan: Universitas Trunojoyo Madura. Jurnal Kelautan. Vol.: 3 (2).
- Johan, Yar, Fredinan Yulianda, Vincentius P Siregar, dan Ita Karina. 2010. *Pengembangan Wisata Bahari dalam Pengelolaan Sumber daya Pulau-Pulau Kecil Berbasis Kesesuaian dan Daya Dukung – Studi Kasus Pulau Sebesi Provinsi Lampung*. Bogor: Institut Pertanian Bogor. ISBN: 978-602-98439-2-7.
- Katsanevakis, Stelios, A. Weber, C. Pipitone, M. Leopold, M. Cronin, M. Scheidat, T. K. Doyle, L. Buhl-Mortensen, G. D'Anna, I. De Boois, P. Dalpadado, D. Damalas, F. Fiorentino, G. Garofalo, V. M. Giacalone, K. L. Hawley, Y. Issaris, J. Jansen, C. M. Knight, L. Knittweis, I. Kroncke, S. Mirto, I. Muxika, H. Reiss, H. R. Skjoldal, and S. Voge. 2012. *Monitoring Marine Populations and Communities: Methods Dealing with Imperfect Detectability*. Aquatic Biology. Vol. 16: 31-52.
- Ketjulan, Romy. 2010. *Daya Dukung Perairan Pulau Hari Sebagai Obyek Ekowisata Bahari*. Jurnal Paradigma. Vol. 14 (2): 195-204.
- Koroy, Kismanto, Fredinan Yulianda, Nurlisa A. Buter. 2017. *Pengembangan Ekowisata Bahari Berbasis Sumber daya Pulau-Pulau Kecil di Pulau Sayafi*

- dan Liwo, Kabupaten Halmahera Tengah. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*. Vol. 8 (1): 1-17. ISSN 2087-4871.
- Muhsoni, Firman Farid. 2016. *Kesesuaian Ekowisata Selam di Pulau Mandangin Kabupaten Sampang*. Prosiding Seminar Nasional Kelautan. Universitas Trunojoyo Madura.
- Nurkhayati, Rina dan Henry M. Manik. 2016. *GIS untuk Integrasi Interpretasi Substrat Dasar Perairan Menggunakan Pengolahan Citra ALOS-AVNIR dan Side Scan Sonar*. *J.Oto.Ktrl.Inst (J.Auto.Ctrl.Inst)*. Vol.: 8 (1). ISSN: 2085-2517.
- Palandro, David A., Serge Andrefouet, Chuanmin Hu, Pamela Hallock, Frank E. Muller-Karger, Philip Dustan, Michael K. Callahan, Christine Kranenburg, Carl R. Beaver. 2008. *Quantification of Two Decades of Shallow-water Coral Reef Habitat Decline in the Florida Keys National Marine Sanctuary Using Landsat Data (1984-2002)*. *Remote Sensing of Environment*. Vol. 112. Page 3388-3399.
- Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 8 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal.
- Petit, Tristan, Touria Bajjouk, Pascal Mouquet, Sebastien Rochette, Benoit Vozel, and Christophe Delacourt. 2017. *Hyperspectral Remote Sensing of Coral Reefs by Semi-Analytical Model Inversion – Comparison of Different Inversion Setups*. *Remote Sensing of Environment*. Vol.: 190. Page. 348-365.
- Prahasta, Eddy. 2009. *Sistem Informasi Geografis: Konsep-konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*. Bandung: Informatika.
- Pustikawati Maria, Yar Johan, dan Dede Hartono. 2016. *Kajian Ekosistem Terumbu Karang untuk Pengembangan Ekowisata Bahari Pulau Tikus Bengkulu*. *Jurnal Enggano*. Vol. 1 (1). Page 113-119.
- Rahayu dan Danang Surya Candra. 2014. *Koreksi Radiometrik Citra Landsat-8 Kanal Multispektral menggunakan Top of Atmosphere (ToA) untuk Mendukung Klasifikasi Penutup Lahan*. Seminar Nasional Penginderaan Jauh. Universitas Jendral Soedirman.
- Ramadhan, Syahru, Pindi Patana, dan Zulham Apandy Harahap. 2014. *Analisis Kesesuaian dan Daya Dukung Kawasan Wisata Pantai Cermin Kabupaten Serdang Bedagai*. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Rosi, Fahrur, Insafitri, dan Makhfud Effendy. 2016. *Persentasi Tutupan dan Life Form Terumbu Karang di Pulau Mandangin Kabupaten Sampang*. Prosiding Seminar Nasional Kelautan. Universitas Trunojoyo Madura.
- Sari, Cindy Puspita. 2014. *Analisis Deforestasi Hutan di Provinsi Jambi Menggunakan Metode Penginderaan Jauh (Studi Kasus Kabupaten Muaro Jambi)*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Solihin, Akhmad, Ephraim Batungbacal dan Arifsyah M. Nasution. 2013. *Laut Indonesia dalam Krisis*. Jakarta Selatan: Greenpeace Southeast Asia.
- Sulistianto, Erwan. 2010. *Penilaian Ekonomi Terumbu Karang di Perairan Bontang Kota Bontang*. *Jurnal Efisiensi Pemanfaatan Pakan*. Vol.: 7 (20-24).
- Supriatna, Wahyu dan Sukartono. 2002. *Teknik Perbaikan Data Digital (Koreksi dan Penajaman) Citra Satelit*. *Buletin Teknik Pertanian*. Vol.: 7 (1).
- Susilowati. 2016. *Nilai-Nilai Islam dan Budaya Lokal dalam Tradisi “Rokat Praoh Kesellem” di Pulau Mandangin Sampang Madura*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Suwargana, Nana. 2014. *Analisis Citra Alos AVNIR-2 untuk Pemetaan Terumbu Karang (Studi Kasus: Banyuputih, Kabupaten Situbondo)*. Jakarta Timur: LAPAN.

- Timotius, Silvanita. 2003. *Biologi Terumbu Karang*. <http://www.terangi.or.id>. Diakses pada tanggal 26 Agustus 2016 pukul 10:59 WIB.
- Meyers, Koen. 2009. *Ekowisata: Panduan Dasar Pelaksanaan*. Jakarta: UNESCO Office.
- USGS. 2017. *Using the USGS Landsat 8 Product*. <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>. Diakses pada 27 Agustus 2017 pada pukul 14:23 WIB.
- Wahyudi, Rifqi. 2013. *Keanekaragaman Jenis Terumbu Karang di Pantai Kondang Merak Kabupaten Malang*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Xu, Jingping and Dongzhi Zhao. 2014. *Review of Coral Reef Ecosystem Remote Sensing*. Acta Ecologia Sinica. Vol. 34. Page 19-25.
- Yulisa, Eka Noerma, Yar Johan dan Dede Hartono. 2016. *Analisis Kesesuaian dan Daya Dukung Ekowisata Pantai Kategori Rekreasi Pantai Laguna Desa Merpas Kabupaten Kaur*. Jurnal Enggano. Vol. 1 (1). Page 97-111.



## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Dokumentasi Hasil Penelitian



Berbincang dengan warga sekitar



Pengukuran lebar pantai



Life Form karang



Life Form karang



Pengambilan data karang



Keberangkatan menuju lokasi pengambilan data

## Lampiran 2. Uji Akurasi Data Citra Satelit

### Titik Validasi Karang Hidup

Titik Validasi Karang Hidup			
FID	POINT_X	POINT_Y	Keterangan
0	113.2263184	-7.3065186	Karang Hidup
1	113.2269287	-7.3071899	Karang Hidup
2	113.2277222	-7.3084717	Karang Mati
3	113.2288818	-7.3109131	Karang Mati
4	113.2299194	-7.3140259	Karang Mati
5	113.2263184	-7.3150024	Karang Hidup
6	113.2280884	-7.3164063	Karang Mati
7	113.2246704	-7.3181152	Karang Mati
8	113.2230835	-7.3173218	Karang Hidup
9	113.2227173	-7.3195801	Karang Mati
10	113.2213135	-7.3187256	Karang Mati
11	113.2197266	-7.3187866	Karang Mati
12	113.2180786	-7.3197021	Karang Mati
13	113.2172852	-7.3187256	Karang Hidup
14	113.2156982	-7.3181763	Karang Hidup
15	113.2142944	-7.319397	Karang Hidup
16	113.2119141	-7.3182983	Karang Mati
17	113.2106934	-7.3173828	Karang Mati
18	113.2091064	-7.3165283	Karang Mati
19	113.2053223	-7.3151855	Karang Mati
20	113.2041016	-7.3145752	Karang Mati
21	113.1976929	-7.3104858	Karang Hidup
22	113.2050781	-7.305481	Pasir
23	113.2128906	-7.3060913	Pasir
24	113.2125244	-7.3165894	Karang Mati
25	113.22229	-7.3178711	Karang Mati
26	113.2260742	-7.3168945	Karang Mati
27	113.2019043	-7.314209	Karang Mati
28	113.2097168	-7.3171997	Karang Mati
29	113.1989136	-7.3092041	Karang Hidup

### Titik Validasi Karang Mati

Titik Validasi Karang Mati			
FID	POINT_X	POINT_Y	Keterangan
0	113.1987388	-7.312098267	Karang Mati
1	113.1997385	-7.313212285	Karang Mati
2	113.197082	-7.311355587	Karang Mati
3	113.2002813	-7.309041856	Karang Mati
4	113.2010525	-7.313440802	Karang Mati
5	113.2059942	-7.314983289	Karang Mati
6	113.2071082	-7.315011854	Karang Mati
7	113.2079937	-7.316382954	Karang Mati
8	113.2109644	-7.316782858	Karang Mati
9	113.2117928	-7.316382954	Karang Mati
10	113.2133924	-7.31866812	Karang Mati
11	113.2141636	-7.317525537	Karang Mati
12	113.2157347	-7.319553622	Karang Mati
13	113.2199908	-7.32003922	Karang Mati
14	113.221162	-7.319610751	Karang Mati
15	113.2182769	-7.318296781	Karang Hidup
16	113.220505	-7.3180397	Karang Mati
17	113.2216476	-7.317382714	Karang Mati
18	113.2239613	-7.316897116	Karang Mati
19	113.222276	-7.319182283	Karang Mati
20	113.226932	-7.315783098	Karang Mati
21	113.2252181	-7.31598305	Karang Mati
22	113.2263322	-7.313497931	Karang Mati
23	113.2263036	-7.312269654	Karang Mati
24	113.2273033	-7.311469846	Karang Mati
25	113.2268178	-7.310098746	Karang Mati
26	113.2281889	-7.310327262	Karang Mati
27	113.2271605	-7.30912755	Karang Hidup
28	113.2261608	-7.30812779	Karang Mati
29	113.2249039	-7.307013771	Karang Mati

### Titik Validasi Pasir

Titik Validasi Pasir			
FID	POINT_X	POINT_Y	Keterangan
0	113.2203336	-7.306613867	Pasir
1	113.2225045	-7.306842384	Pasir
2	113.2234471	-7.307899273	Pasir
3	113.2188482	-7.307585063	Pasir
4	113.2249611	-7.313326544	Pasir
5	113.2239327	-7.314869031	Pasir
6	113.221419	-7.31461195	Pasir
7	113.2219618	-7.315897356	Pasir
8	113.2182198	-7.315725968	Pasir
9	113.2195909	-7.317154197	Pasir
10	113.2177628	-7.317411279	Pasir
11	113.2153634	-7.316440083	Pasir
12	113.212564	-7.315383193	Pasir
13	113.2105074	-7.313954964	Pasir
14	113.2090506	-7.315240371	Pasir
15	113.206794	-7.313326544	Pasir
16	113.2045374	-7.312441042	Pasir
17	113.2025093	-7.31286951	Pasir
18	113.2001384	-7.311641233	Pasir
19	113.2004526	-7.31012731	Pasir
20	113.2024807	-7.311127071	Pasir
21	113.2067654	-7.306413915	Pasir
22	113.2023093	-7.308527694	Pasir
23	113.2103931	-7.306842384	Pasir
24	113.2121927	-7.306985206	Pasir
25	113.2155062	-7.307270852	Pasir
26	113.2215619	-7.308356306	Pasir
27	113.2165916	-7.315183241	Pasir
28	113.2084507	-7.313840706	Pasir
29	113.1980532	-7.311355587	Karang Hidup

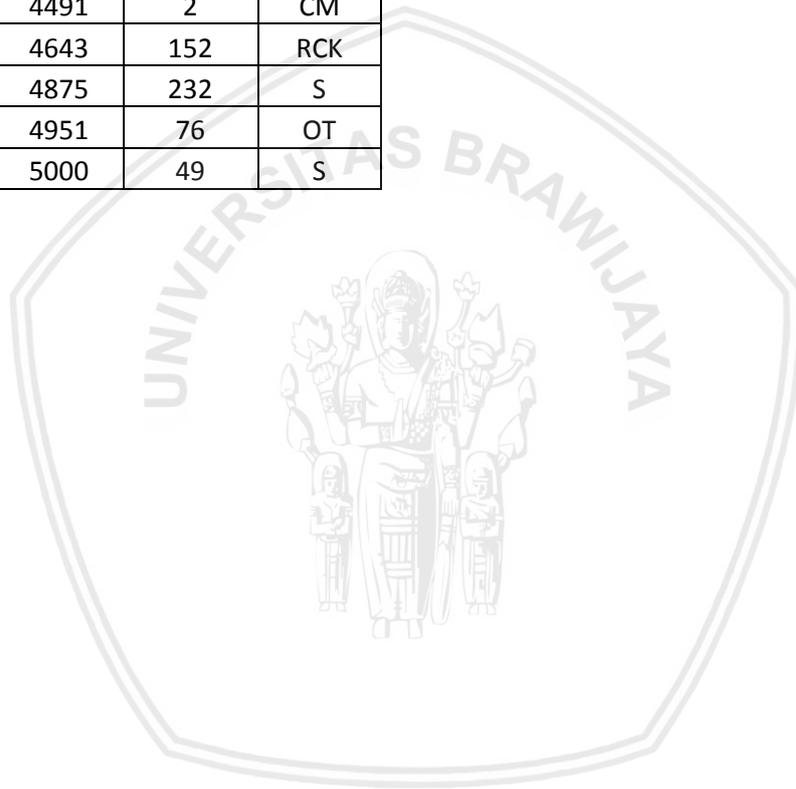
### Lampiran 3. Data Pengukuran LIT

#### Stasiun 2

start	end	Distance	Object
0	15	15	SP
15	55	40	DC
55	110	55	S
110	195	85	OT
195	224	29	S
224	251	27	DC
251	264	13	CB
264	284	20	DC
284	469	185	S
469	478	9	CB
478	500	22	S
500	505	5	CM
505	543	38	S
543	600	57	RCK
600	605	5	SP
605	610	5	OT
610	667	57	RCK
667	760	93	S
760	814	54	OT
814	831	17	RCK
831	870	39	OT
870	934	64	RCK
934	1030	96	S
1030	1037	7	CM
1037	1129	92	S
1129	1140	11	DCA
1140	1250	110	S
1250	1253	3	CM
1253	1310	57	RCK
1310	1323	13	CB
1323	1355	32	RCK
1355	1420	65	S
1420	1425	5	OT
1425	1468	43	CM
1468	1473	5	OT
1473	1565	92	S
1565	1589	24	CB
1589	1663	74	OT
1663	1712	49	S

start	end	Distance	Object
1712	1778	66	RCK
1778	1779	1	OT
1779	1784	5	CB
1784	1847	63	S
1847	1938	91	RCK
1938	1943	5	OT
1943	2062	119	RCK
2062	2092	30	OT
2092	2190	98	RCK
2190	2200	10	OT
2200	2265	65	S
2265	2270	5	DCA
2270	2306	36	S
2306	2310	4	CM
2310	2334	24	RCK
2334	2341	7	CB
2341	2434	93	RCK
2434	2436	2	CM
2436	2487	51	RCK
2487	2493	6	CB
2493	2820	327	RCK
2820	2828	8	OT
2828	2886	58	RCK
2886	2889	3	CB
2889	2961	72	RCK
2961	2968	7	OT
2968	3182	214	RCK
3182	3193	11	OT
3193	3259	66	RCK
3259	3262	3	OT
3262	3359	97	S
3359	3447	88	RCK
3447	3450	3	CB
3450	3550	100	RCK
3550	3573	23	OT
3573	3771	198	S
3771	3773	2	CM
3773	3792	19	S
3792	3850	58	OT
3850	3969	119	S
3969	3972	3	OT
3972	4033	61	S

start	end	Distance	Object
4033	4074	41	DCA
4074	4075	1	S
4075	4076	1	CM
4076	4094	18	S
4094	4135	41	OT
4135	4163	28	S
4163	4164	1	CB
4164	4430	266	S
4430	4433	3	CB
4433	4489	56	S
4489	4491	2	CM
4491	4643	152	RCK
4643	4875	232	S
4875	4951	76	OT
4951	5000	49	S



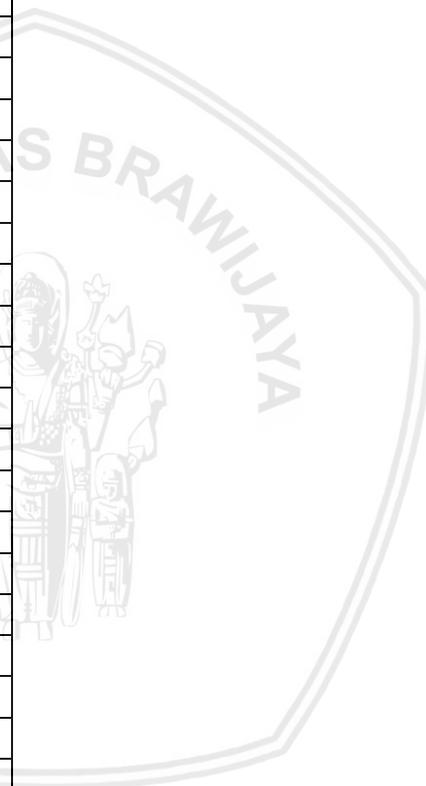
Stasiun 3

start	end	Distance	Code
0	10	10	S
10	57	47	OT
57	69	12	CM
69	86	17	CM
86	102	16	RCK
102	113	11	CM
113	136	23	RCK
136	147	11	OT
147	186	39	S
186	266	80	RB
266	293	27	OT
293	311	18	CM
311	354	43	OT
354	370	16	CM
370	406	36	S
406	592	186	RB
592	611	19	CM
611	649	38	RCK
649	659	10	OT
659	707	48	RCK
707	720	13	OT
720	816	96	RCK
816	843	27	RB
843	876	33	CM
876	1079	203	S
1079	1110	31	CM
1110	1167	57	OT
1167	1264	97	RB
1264	1271	7	CM
1271	1302	31	RB
1302	1319	17	RCK
1319	1362	43	OT
1362	1433	71	RCK
1433	1454	21	RB
1454	1463	9	CM
1463	1480	17	OT
1480	1573	93	RCK
1573	1624	51	OT
1624	1631	7	CM
1631	1649	18	RB

start	end	Distance	Code
1649	1670	21	CS
1670	1812	142	S
1812	1822	10	OT
1822	1884	62	RCK
1884	1897	13	CM
1897	1938	41	RB
1938	1951	13	OT
1951	2021	70	RB
2021	2062	41	OT
2062	2075	13	RB
2075	2083	8	CM
2083	2125	42	RCK
2125	2164	39	OT
2164	2279	115	RCK
2279	2358	79	OT
2358	2370	12	CM
2370	2475	105	S
2475	2558	83	RCK
2558	2573	15	OT
2573	2590	17	ACB
2590	2653	63	OT
2653	2693	40	RCK
2693	2753	60	ACB
2753	2883	130	RCK
2883	2900	17	RB
2900	2918	18	OT
2918	2931	13	RCK
2931	2941	10	CM
2941	2953	12	RCK
2953	2971	18	OT
2971	3042	71	S
3042	3052	10	OT
3052	3176	124	S
3176	3200	24	OT
3200	3220	20	RCK
3220	3268	48	S
3268	3342	74	RCK
3342	3395	53	OT
3395	3461	66	SP
3461	3484	23	S
3484	3572	88	OT



start	end	Distance	Code
3572	3596	24	RCK
3596	3604	8	OT
3604	3628	24	S
3628	3643	15	RCK
3643	3721	78	S
3721	3762	41	OT
3762	3827	65	RCK
3827	3850	23	OT
3850	3988	138	S
3988	4026	38	ACT
4026	4056	30	RCK
4056	4168	112	S
4168	4208	40	RCK
4208	4216	8	OT
4216	4228	12	S
4228	4267	39	OT
4267	4329	62	S
4329	4356	27	ACT
4356	4449	93	S
4449	4502	53	OT
4502	4534	32	CM
4534	4551	17	DC
4551	4574	23	CM
4574	4627	53	RCK
4627	4668	41	S
4668	4702	34	CM
4702	4741	39	S
4741	4756	15	RCK
4756	4797	41	S
4797	4828	31	ACE
4828	4879	51	OT
4879	4910	31	RCK
4910	4929	19	ACT
4929	5000	71	RCK



### Stasiun 4

start	end	Distance	Code
0	38	38	S
38	42	4	RCK
42	150	108	S
150	152	2	SP
152	160	8	CB
160	235	75	S
235	253	18	RCK
253	325	72	S
325	364	39	RCK
364	450	86	S
450	465	15	RCK
465	480	15	CB
480	630	150	S
630	685	55	RCK
685	690	5	SP
690	749	59	RCK
749	797	48	S
797	851	54	RCK
851	855	4	OT
855	885	30	CM
885	917	32	OT
917	922	5	CB
922	926	4	DCA
926	933	7	RCK
933	947	14	S
947	1010	63	RCK
1010	1015	5	CB
1015	1095	80	RCK
1095	1125	30	CM
1125	1143	18	DCA
1143	1152	9	CM
1152	1163	11	S
1163	1203	40	OT
1203	1248	45	S
1248	1302	54	RCK
1302	1304	2	SP
1304	1309	5	RCK
1309	1315	6	SP
1315	1317	2	S
1317	1337	20	RCK

start	end	Distance	Code
1337	1347	10	CM
1347	1384	37	S
1384	1402	18	CM
1402	1486	84	RCK
1486	1573	87	S
1573	1641	68	RCK
1641	1643	2	CB
1643	1693	50	RCK
1693	1701	8	CB
1701	1791	90	S
1791	1848	57	RCK
1848	1854	6	SP
1854	1944	90	RCK
1944	1949	5	CM
1949	2002	53	S
2002	2051	49	RCK
2051	2053	2	SP
2053	2059	6	DC
2059	2062	3	RCK
2062	2097	35	S
2097	2102	5	RCK
2102	2107	5	CB
2107	2147	40	S
2147	2184	37	RCK
2184	2185	1	SP
2185	2216	31	RCK
2216	2221	5	SP
2221	2276	55	RCK
2276	2307	31	S
2307	2319	12	RCK
2319	2328	9	SP
2328	2392	64	RCK
2392	2399	7	SP
2399	2402	3	S
2402	2504	102	RCK
2504	2510	6	DC
2510	2512	2	CM
2512	2521	9	DC
2521	2607	86	RCK
2607	2679	72	S
2679	2693	14	CM
2693	2764	71	S

start	end	Distance	Code
2764	2771	7	DC
2771	2775	4	RCK
2775	2783	8	CM
2783	2979	196	S
2979	2988	9	DC
2988	3029	41	RCK
3029	3101	72	OT
3101	3106	5	SP
3106	3236	130	S
3236	3240	4	CB
3240	3321	81	RCK
3321	3327	6	CB
3327	3442	115	RCK
3442	3495	53	S
3495	3563	68	RCK
3563	3567	4	SP
3567	3617	50	S
3617	3620	3	CM
3620	3623	3	DC
3623	3625	2	CM
3625	3735	110	RCK
3735	3772	37	S
3772	3787	15	RCK
3787	3790	3	CM
3790	3824	34	RCK
3824	3832	8	SP
3832	3836	4	DCA
3836	3867	31	SP
3867	3890	23	S
3890	3895	5	DC
3895	3898	3	CM
3898	4039	141	S
4039	4055	16	DC
4055	4057	2	S
4057	4062	5	DC
4062	4149	87	S
4149	4159	10	DC
4159	4167	8	CM
4167	4204	37	S
4204	4252	48	RCK
4252	4270	18	S
4270	4305	35	RCK

start	end	Distance	Code
4305	4324	19	S
4324	4332	8	CM
4332	4364	32	S
4364	4373	9	RCK
4373	4385	12	S
4385	4400	15	SP
4400	4502	102	RCK
4502	4509	7	CM
4509	4578	69	S
4578	4585	7	RCK
4585	4594	9	SP
4594	4617	23	CB
4617	4645	28	RCK
4645	4652	7	CM
4652	4693	41	S
4693	4793	100	OT
4793	4828	35	RCK
4828	4842	14	CM
4842	4877	35	S
4877	4887	10	CM
4887	4950	63	RCK
4950	4955	5	CM
4955	5000	45	RCK

Lampiran 4. *Persentase Life Form*

No.	Kategori	Kode	Persentase <i>Life Form</i>		
			Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4
1	Acropora Branching	ACB	0	1.54	0
2	Acropora Encrusting	ACE	0	0.62	0
3	Acropora Tabular	ACT	0	1.68	0
4	Coral Branching	CB	1.74	0	1.62
5	Coral Massive	CM	1.38	6.24	3.92
6	Coral Submassive	CS	0	0.42	0
7	Dead Coral	DC	1.74	0.34	1.52
8	Dead Coral with Algae	DCA	1.14	0	0.52
9	Others	OT	10.86	20.26	4.96
10	Rubble	RB	0	12.02	0
11	Rock	RCK	38.06	26.74	42.12
12	Sand	S	44.68	28.82	43
13	Sponge	SP	0.4	1.32	2.34

