

**ANALISIS PERUBAHAN LUASAN TUTUPAN KARANG DAN FAKTOR YANG  
MEMPENGARUHI DI PERAIRAN MENJANGAN BESAR DAN MENJANGAN  
KECIL, TAMAN NASIONAL KARIMUNJAWA**

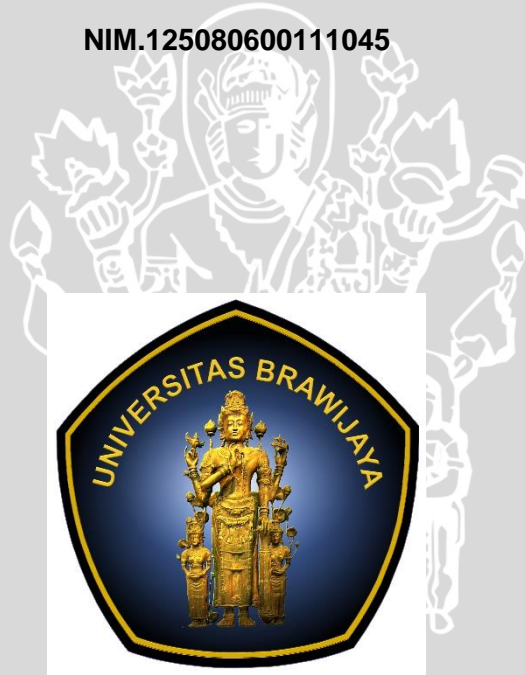
**SKRIPSI**

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

Oleh :

**ANITA KUSUMA WARDHANI**

**NIM.125080600111045**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2017**

**ANALISIS PERUBAHAN LUASAN TUTUPAN KARANG DAN FAKTOR YANG  
MEMPENGARUHI DI PERAIRAN MENJANGAN BESAR DAN MENJANGAN  
KECIL, TAMAN NASIONAL KARIMUNJAWA**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN  
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN  
ILMUKELAUTAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan di Fakultas  
Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Univeristas Brawijaya**

Oleh :

**ANITA KUSUMA WARDHANI**

**NIM.125080600111045**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERUBAHAN LUASAN TUTUPAN KARANG DAN FAKTOR YANG  
MEMPENGARUHI DI PERAIRAN MENJANGAN BESAR DAN MENJANGAN  
KECIL, TAMAN NASIONAL KARIMUNJAWA


Oleh :  
ANITA KUSUMA WARDHANI  
NIM.125080600111045

Telah dipertahankan didepan penguji pada tanggal 4 Januari 2017  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat


Dosen Penguji I

  
Oktiyas Muzaky Luthfi, ST., M.Sc  
NIP. 19791031 200801 1 007  
Tanggal : 24 JAN 2017

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I

  
Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.D  
NIP. 196212201988031004  
Tanggal : 24 JAN 2017

Dosen Penguji II

  
Andik Isdlianto, ST., MT  
NIK. 2013098209281001  
Tanggal : 24 JAN 2017

Dosen Pembimbing II

  
Rarasrum Dyah Kasitowati, S.Kel., M.Sc  
NIK. 2013048609152001  
Tanggal : 24 JAN 2017



  
Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP  
NIP. 19630608 198703 1 003  
Tanggal : 24 JAN 2017



## PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

**Nama : Anita Kusuma Wardhani**

**NIM : 125080600111045**

**Program Studi : Ilmu Kelautan**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, yang dibimbing oleh dosen pembimbing Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dibentuk orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan ini adalah hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, Januari 2017

Penulis,

Anita Kusuma Wardhani  
NIM. 125080600111045

## UCAPAN TERIMAKASIH

Atas terselesainya laporan penelitian ini, penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Orang tua saya, Bapak Susilo Tri Andarwanto, SE, dan Ibu Anik Jumiati S.Pd, yang selama ini tiada pernah berhenti dan selalu memberikan kasih sayang, nasehat, motivasi, doa, dukungan serta semangat kepada saya.
2. Bapak Ir. Bambang Semedi M.Sc., Ph.D sebagai Dosen Pembimbing 1 dan Ibu Rarasrum Dyah Kasitowati, S.Kel., M.Sc., M.Si sebagai Dosen Pembimbing 2, atas bimbingan arahan, nasehat, motivasi dan kebijaksanaannya, saya dapat menyelesaikan laporan penelitian ini.
3. Balai Taman Nasional Karimunjawa yang telah membantu penelitian saya dalam halnya memberikan bimbingan, arahan, fasilitas dan sarana prasarana.
4. Kedua adik saya, Ananta Sapta Wardhana dan Ananda Widya Carolin.
5. Tim lapang Karimunjawa, Taufik Rivai Irkhami, Imam Nawawi, Agung Setyo Mukti, Rr.Yulmitha Nurtriana, Amili Arumdani Silalahi, dan Amin Prasetya yang telah membantu dalam kegiatan validasi lapang.
6. Saudara - Saudara rantau kost putri "Monstera 24", Sepdinia Ayuningtyas, Kirana Fajar Setiabudi, dan Restu Yulfierisa
7. Teman – teman terdekat, Mayang Setianingsih, Achmad Wahyudiyarto, Muhammad Dirga Armanda, Rahmawati Nur Fadzillah, Niken Puteri Prayitno, Indriani, Gustiar Bayu Angganie dan Happy Zaka Marinda, yang telah memotivasi, memberi dukungan, dan bantuan.
8. Tim Asisten Laboratorium Eksplorasi Sumberdaya Perikanan dan Kelautan, Wahyu, Hafish, Rosalia, Ummu, Asroful, Nena, Indah, Icha, Yana, dan Budi.
9. Coral Reef Watch Research Team, Zainal Arif Sayid dan Tri Rahmad Miranto.
10. Seluruh teman – teman Ilmu Kelautan dan Poseidon 2012



## RINGKASAN

**Anita Kusuma Wardhani.** Skripsi tentang Analisis Perubahan Luasan Tutupan Karang dan Faktor yang Mempengaruhi di Perairan Menjangan Besar dan Menjangan Kecil, Taman Nasional Karimunjawa. Dibawah bimbingan **Bambang Semedi** dan **Rarasrum Dyah Kasitowati**.

---

Indonesia memiliki luas terumbu karang lebih dari 75.000 km<sup>2</sup> atau sebesar 14% dari luas total terumbu karang dunia. Terumbu karang dianggap sebagai ekosistem penting, namun sensitif terhadap perubahan lingkungan. Perubahan lingkungan, peningkatan suhu permukaan laut dan aktivitas manusia dapat memberikan ancaman. Terumbu karang sendiri memiliki fungsi dan peran penting bagi keseimbangan ekosistem laut sehingga monitoring terhadap terumbu karang amat penting untuk dilakukan. Monitoring dapat dilakukan secara tidak langsung dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh.

Tujuan dari penelitian ini adalah memetakan luasan karang pada wilayah perairan Menjangan Besar dan Menjangan Kecil pada tahun 2010 hingga 2016 dengan citra satelit Landsat 8 dan Landsat 7 dan menganalisis perubahan luasan dan kondisi karang pada perairan Menjangan Besar dan Menjangan Kecil, Taman Nasional Karimunjawa. Penelitian dilakukan selama empat bulan, mulai dari bulan Juli hingga Oktober. Survei lapang dilakukan selama tiga hari, mulai dari tanggal 18-20 Agustus 2016 di Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil, Taman Nasional Karimunjawa

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif kuantitatif. Prosedur penelitian meliputi pengolahan data citra satelit, data anomali suhu dan survei lapang dengan metode *stop and go* untuk uji akurasi. Analisis data meliputi perubahan luasan karang, pengaruh suhu dan fenomena yang memiliki keterkaitan dengan terumbu karang tersebut.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa luasan karang hidup tertinggi terdapat pada tahun 2010 sebesar 259 ha, sedangkan luasan karang hidup terendah terdapat pada tahun 2012 sebesar 218 ha. Luasan bukan karang tertinggi terdapat pada tahun 2012 sebesar 190 ha dan luasan bukan karang terendah terdapat pada tahun 2016 sebesar 118 ha. Luasan pasir tertinggi terdapat pada tahun 2011 sebesar 151 ha, sedangkan luasan pasir terendah terdapat pada tahun 2014 sebesar 93 ha. Perubahan luasan karang dipengaruhi oleh perubahan iklim, fenomena alam El-Nino dan La-Nina yang menyebabkan anomali suhu permukaan laut, aktivitas manusia dalam hal pariwisata dan adanya *error* satelit.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga laporan skripsi yang berjudul "*Analisis Perubahan Luasan Tutupan Karang dan Faktor yang Mempengaruhi di Perairan Menjangan Besar dan Menjangan Kecil, Taman Nasional Karimunjawa*" dapat diselesaikan pada waktunya dengan baik.

Penelitian ini membahas mengenai pembuatan peta terumbu karang menggunakan citra satelit Landsat 8 dan Landsat 7 serta melihat perubahan luasan tutupan karang dan faktor yang mempengaruhi di wilayah perairan Menjangan Besar dan Menjangan Kecil, Taman Nasional Karimunjawa. Data tersebut diperoleh dari satelit Landsat 7 untuk tahun 2010, 2011, dan 2012, sedangkan satelit Landsat 8 untuk tahun 2013, 2014, 2015, dan 2016 serta data lapang dengan menggunakan metode *Stop and Go* yang selanjutnya diolah pada *software* ErMapper 7.1, *software* Envi 4.5, *software* ArcGis 10.2 dan *software* *CoastWatch Data Analysis Tool*.

Penulis berharap laporan ini bermanfaat dan dapat memberikan tambahan informasi bagi pembaca. Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki tulisan ini.

Malang, Januari 2017

Penulis



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
UCAPAN TERIMAKASIH .....	iii
RINGKASAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Kegunaan .....	3
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil .....	4
2.2 Zonasi Taman Nasional Karimunjawa .....	4
2.3 Terumbu Karang .....	9
2.3.1 Deskripsi Terumbu Karang .....	9
2.3.2 Faktor Pembatas .....	10
2.3.3 Ekologi Terumbu Karang .....	12
2.3.4 Fungsi dan Manfaat Terumbu Karang .....	12
2.4 Pengamatan Terumbu Karang dengan Metode Penginderaan Jauh .....	13
2.4.1 Penginderaan Jauh .....	13
2.4.2 Penginderaan Jauh untuk Terumbu Karang .....	13
2.5 Landsat Operational Land Imager (OLI) .....	14
2.6 Anomali Suhu Permukaan Laut .....	16
2.7 <i>Degree Heating Week</i> (DHW) .....	17
<b>3. METODE PENELITIAN</b> .....	19
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	19
3.2 Alat Dan Bahan .....	20
3.3 Prosedur Penelitian .....	21
3.3.1 Pengolahan Data Citra Satelit Landsat .....	21



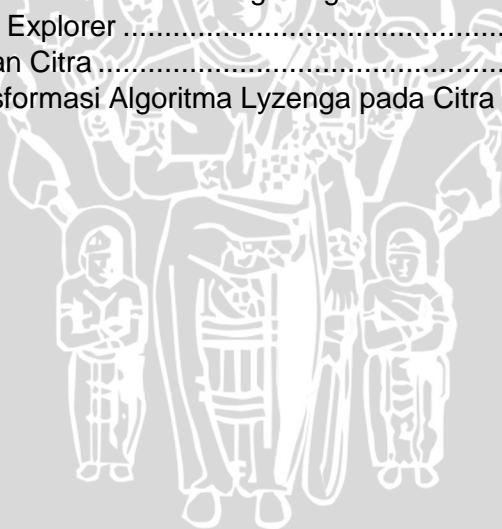


3.3.1.1	Pemilihan Komposit Warna dan Pemotongan Citra Landsat.....	21
3.3.1.2	Koreksi Radiometrik .....	22
3.3.1.3	Transformasi Algoritma Citra .....	23
3.3.1.4	Klasifikasi Citra.....	25
3.3.1.5	Perhitungan Luasan .....	26
3.3.1.6	Uji Akurasi .....	26
3.3.1.7	Persentase Luasan Tutupan Terumbu Karang .....	28
3.3.2	Survei Lapang ( <i>Groundcheck</i> ) .....	28
3.3.3	Pengukuran Parameter Kualitas Perairan.....	30
3.3.4	Pengolahan Data Anomali SPL dan <i>Coral Bleaching Alert Area Stress Level</i> .....	30
3.4	Skema Kerja .....	30
<b>4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>33</b>
4.1	Hasil Penelitian.....	33
4.1.1	Pengolahan Data Citra Satelit Landsat .....	33
4.1.2	Perubahan Luasan Tutupan Karang .....	41
4.1.3	Uji Akurasi Peta .....	43
4.1.4	Pengukuran Parameter Lingkungan .....	44
4.1.5	Hasil Anomali Suhu Permukaan Laut .....	45
4.1.6	Hasil <i>Degree Heating Week</i> (DHW).....	46
4.1.7	Hasil <i>Coral Bleaching Alert Area Stress Level</i> .....	48
4.2	Pembahasan .....	49
4.2.1	Analisa Perubahan Luasan Tutupan Karang.....	49
4.2.1.1	Faktor Potensial <i>Increase</i> dan <i>Decrease</i> Ekosistem Karang .....	49
4.2.1.2	Faktor <i>Error</i> Satelit .....	54
4.2.2	Analisa Terumbu Karang Dengan Anomali Suhu Permukaan Laut ..	55
4.2.3	Analisa Korelasi DHW dengan <i>Coral Bleaching Alert Area Stress Level</i> .....	56
4.2.4	Analisa Terumbu Karang Dengan Aktivitas Manusia.....	57
<b>5</b>	<b>PENUTUP</b> .....	<b>60</b>
5.1	Kesimpulan.....	60
5.2	Saran.....	60
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>61</b>
	<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>66</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta Zonasi Taman Nasional Karimunjawa (BTNKJ, 2012) .....	8
Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian.....	19
Gambar 3. Hasil Cropping Data Citra Satelit.....	22
Gambar 4. Peta Pengambilan Data Validasi .....	27
Gambar 5. Metode Stop and Go (PERKA BIG, 2014).....	29
Gambar 6. Diagram Alir Penelitian Skripsi .....	32
Gambar 7. Peta Sebaran Terumbu Karang Tahun 2010.....	34
Gambar 8. Peta Sebaran Terumbu Karang Tahun 2011.....	35
Gambar 9. Peta Sebaran Terumbu Karang Tahun 2012.....	36
Gambar 10. Peta Sebaran Terumbu Karang Tahun 2013.....	37
Gambar 11. Peta Sebaran Terumbu Karang Tahun 2014.....	38
Gambar 12. Peta Sebaran Terumbu Karang Tahun 2015.....	39
Gambar 13. Peta Sebaran Terumbu Karang Tahun 2016.....	40
Gambar 14. Grafik Perubahan Luasan Terumbu Karang Tahun 2010 – 2016 ...	43
Gambar 15. Grafik Anomali SPL Tahun 2010 – 2016 .....	46
Gambar 16. Grafik DHW Tahun 2010 – 2016 .....	47
Gambar 17. Grafik Luasan Terumbu Karang dengan Stress Level .....	49
Gambar 18. Situs Earth Explorer .....	66
Gambar 19. Pemotongan Citra .....	67
Gambar 20. Hasil Transformasi Algoritma Lyzenga pada Citra Satelit Landsat .	69



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan Sensor Landsat 7 dan Landsat 8 (NASA, 2016).....	15
Tabel 2. Spesifikasi Landsat 8 (NASA, 2016) .....	16
Tabel 3. Alat yang Digunakan dalam Penelitian .....	20
Tabel 4. Bahan yang Digunakan dalam Penelitian.....	21
Tabel 5. Persentase Luasan Tutupan Terumbu Karang yang Hidup.....	28
Tabel 6. Data Perkiraan Luasan Terumbu Karang Tahun 2010 – 2016 .....	41
Tabel 7. Hasil Uji Akurasi Pemetaan Terumbu Karang .....	44
Tabel 8. Hasil Pengambilan Parameter Perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil .....	44
Tabel 9. Nilai Anomali Suhu Permukaan Laut.....	45
Tabel 10. Nilai Degree Heating Week .....	46
Tabel 11. Nilai Coral Bleaching Alert Area Stress Level.....	48
Tabel 12. Kriteria Penilaian Status Karang (NOAA, 2016) .....	48
Tabel 13. Nilai Region Wilayah Citra Satelit Landsat .....	68





## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu kepulauan terbesar di dunia dengan dua per tiga wilayahnya adalah lautan. Terumbu karang merupakan kekayaan hayati yang ada dengan luas lebih dari 75.000 km<sup>2</sup> atau sebesar 14% dari luas total terumbu karang dunia (Arini, 2013). Terumbu karang adalah ekosistem penting, namun sensitif terhadap perubahan lingkungan. Dampak lingkungan seperti peningkatan suhu permukaan laut dapat memberikan ancaman (Semedi dan Rahmawan, 2016). Terumbu karang sendiri memiliki fungsi dan peran penting bagi keseimbangan ekosistem laut, diantaranya sebagai sumber makanan, penahan gelombang indikator lingkungan, industri pariwisata dan perikanan terumbu (Reid *et al*, 2009).

Menurut Pusat Penelitian Oseanografi LIPI (2012), hanya 5,3% terumbu karang Indonesia yang dalam kondisi sangat baik, 27,18% dalam kondisi baik, 37,25% dalam kondisi cukup, dan 30,45% dalam kondisi buruk. Penyebab kerusakan terumbu karang diantaranya adalah pembangunan di kawasan pesisir, pembuangan limbah dari berbagai aktivitas di darat maupun di laut, sedimentasi, pertambangan, penangkapan ikan yang bersifat destruktif, pemutihan karang akibat perubahan iklim, serta penambangan terumbu karang sehingga monitoring dan manajemen ketahanan terumbu karang amat penting untuk dikelola (Rowlands, 2016).

Monitoring dapat dilakukan secara tidak langsung dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Penginderaan jauh ekosistem terumbu karang meliputi pemantauan sifat ekologi dan lingkungan terumbu karang, yang bertujuan

untuk memperoleh informasi tentang distribusi karang, geomorfologi, komposisi substrat bentik, dan kondisi kesehatan terumbu karang (Xu *et al*, 2014).

Taman Nasional Karimunjawa memiliki 27 pulau, diantaranya pulau Menjangan Besar dan pulau Menjangan Kecil yang memiliki keindahan ekosistem terumbu karang yang menjadi daya tarik wisata dari pulau-pulau tersebut. Selain menjadi daya tarik wisata, terumbu karang memiliki fungsi lain di pulau tersebut yaitu sebagai habitat ikan karang dan sebagai pendukung budidaya ikan kerapu, sehingga monitoring terumbu karang sangat perlu dilakukan untuk mengetahui perubahan luasan terumbu karang di wilayah Pulau Menjangan Besar dan Menjangan Kecil (Statistik BTNKJ, 2015).

## 1.2 Rumusan Masalah

Perubahan lingkungan dan aktivitas manusia yang berkaitan dengan terumbu karang, memicu kerusakan dan peningkatan suhu permukaan laut, didukung dengan adanya perkembangan pariwisata pada Taman Nasional Karimunjawa yang meningkat setiap tahunnya dapat menimbulkan potensi kerusakan lingkungan. Karena itu monitoring terumbu karang dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh penting dilakukan untuk melihat perkembangan dan perubahan ekosistem tersebut di perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berapa luas tutupan karang di perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil pada tahun 2010 hingga 2016?
2. Kemungkinan apa saja yang menjadi penyebab terjadinya perubahan luasan tutupan karang di perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil?

### 1.3 Tujuan

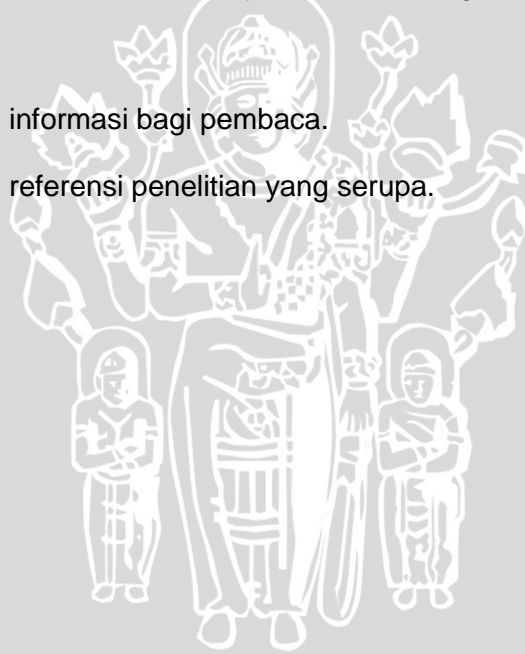
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Memetakan luasan tutupan karang pada wilayah perairan Menjangan Besar dan Menjangan Kecil, Taman Nasional Karimunjawa pada tahun 2010 hingga 2016 dengan citra satelit Landsat 8 dan Landsat 7.
2. Menganalisis perubahan luasan tutupan dan kondisi karang pada perairan Menjangan Besar dan Menjangan Kecil, Taman Nasional Karimunjawa.

### 1.4 Kegunaan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah sumber informasi bagi :

1. Balai Taman Nasional Karimunjawa dalam kegiatan monitoring dan konservasi.
2. Sebagai bahan informasi bagi pembaca.
3. Sebagai bahan referensi penelitian yang serupa.





## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil

Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil merupakan bagian dari Kawasan Taman Nasional Karimunjawa, dimana kedua pulau ini dikatakan sebagai “ruang tamu” wisatawan dikarenakan daerah pemanfaatan pariwisata. Pulau Menjangan Kecil termasuk dalam zona perlindungan bahari, zona pemanfaatan darat, dan zona pemanfaatan wisata bahari yang. Pulau Menjangan Besar termasuk dalam zona pemanfaatan wisata bahari dan zona budidaya bahari (SK Dirjen PHKA, 2012). Pulau Menjangan Besar merupakan pulau yang paling dekat dengan Pulau Karimun, menjadi kawasan konservasi hiu dan lokasi budidaya ikan kerapu. Pulau Menjangan Kecil menjadi salah satu *spot snorkelling dan dive-site* Taman Nasional Karimunjawa dan juga dimanfaatkan sebagai lokasi pemanfaatan darat dengan dibangunnya *resort*. Kedua pulau ini memiliki beranekaragam terumbu karang, serta dikelilingi oleh hamparan pantai berpasir putih (Umardiono, 2011).

### 2.2 Zonasi Taman Nasional Karimunjawa

Undang-Undang No.5 tahun 1990 tentang Konservasi sumberdaya alam dan ekosistemnya menjelaskan bahwa taman nasional sebagai Kawasan Pelestarian Alam yang memiliki ekosistem asli, dikelola dengan sistem zonasi yang dimanfaatkan untuk tujuan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, penunjang budidaya, pariwisata dan rekreasi. Berdasarkan Surat Keputusan Direktur Jenderal PHKA No. SK 28/IV-SET/2012 tentang Zonasi Taman Nasional Karimunjawa, saat ini terdapat sembilan zona dalam kawasan Taman Nasional Karimunjawa yang tersaji pada Gambar 1. dan penjelasan mengenai kegunaan zonasi tersebut diantaranya :

### 1. Zona Inti

Zona inti merupakan zona mutlak yang harus dilindungi. Fungsinya sebagai perlindungan ekosistem, pengawetan flora dan fauna khas beserta habitatnya yang rentan terhadap gangguan dan perubahan. Zona inti ini juga berfungsi sebagai sumber plasma nutfah, satwa liar dan jenis tumbuhan yang keberadaannya dimanfaatkan sebagai penunjang kepentingan penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan, pendidikan, penunjang budidaya. Kegiatan yang diperbolehkan dilakukan pada zona inti adalah kegiatan perlindungan, inventarisasi, monitoring sumberdaya, penunjang budidaya dan pendidikan atau penelitian.

### 2. Zona Rimba

Zona dimana kegiatan pengawetan dan pemanfaatan sumberdaya alam dan lingkungan alam bagi kepentingan penelitian, pendidikan konservasi, wisata terbatas, habitat satwa migran dan menunjang budidaya untuk mendukung zona inti. Pada zona tersebut, kegiatan yang dapat dilakukan adalah kegiatan perlindungan dan pengamanan; inventarisasi dan monitoring sumberdaya alam hayati dan ekosistemnya; pengembangan penelitian, pendidikan, wisata alam terbatas, pemanfaatan jasa lingkungan dan kegiatan penunjang budidaya; pembinaan habitat dan populasi untuk meningkatkan keberadaan populasi hidupan liar; pembangunan sarana prasarana untuk kepentingan penelitian, pendidikan dan wisata alam terbatas.

### 3. Zona Perlindungan Bahari

Kegiatan yang dapat dilakukan pada zona ini adalah kegiatan perlindungan dan pengamanan, inventarisasi dan monitoring sumber daya alam hayati dan ekosistemnya, pendidikan wisata alam terbatas, penelitian, pemanfaatan jasa lingkungan dan kegiatan penunjang budidaya, pembinaan habitat dan populasi



dalam rangka peningkatan keberadaan populasi kehidupan penelitian, pendidikan dan wisata alam terbatas.

#### 4. Zona Pemanfaatan Darat

Pada zona tersebut dikembangkan untuk kepentingan kegiatan wisata alam bahari ataupun wisata alam lainnya, rekreasi, jasa lingkungan, pendidikan, penelitian dan pengembangan untuk menunjang pemanfaatan, dan kegiatan penunjang budidaya. Dalam zona pemanfaatan darat, kegiatan boleh dilakukan diantaranya kegiatan perlindungan dan pengamanan; inventarisasi dan monitoring sumberdaya alam hayati dan ekosistemnya; penelitian dan pengembangan pendidikan dan penunjang budidaya; pembinaan habitat dan populasi; pengembangan potensi dan daya tarik wisata alam; pengusahaan pariwisata alam dan pemanfaatan jasa lingkungan; pembangunan sarana dan prasarana pengelolaan, penelitian, pendidikan; wisata alam dan pemanfaatan jasa lingkungan.

#### 5. Zona Pemanfaatan Wisata Bahari

Zona tersebut dikembangkan untuk kepentingan kegiatan wisata alam bahari ataupun wisata alam lainnya, rekreasi, jasa lingkungan, pendidikan, penelitian dan pengembangan untuk menunjang pemanfaatan, dan kegiatan penunjang budidaya. Dalam zona pemanfaatan darat, kegiatan boleh dilakukan diantaranya kegiatan perlindungan dan pengamanan; inventarisasi dan monitoring sumberdaya alam hayati dan ekosistemnya; penelitian dan pengembangan pendidikan dan penunjang budidaya; pembinaan habitat dan populasi; pengembangan potensi dan daya tarik wisata alam; pengusahaan pariwisata alam dan pemanfaatan jasa lingkungan; pembangunan sarana dan prasarana pengelolaan.



#### 6. Zona Budidaya Bahari

Zona yang diperuntukkan sebagai pendukung kepentingan budidaya perikanan seperti budidaya rumput laut, karamba jaring apung dengan tetap memperhatikan aspek konservasi. Kegiatan yang diperbolehkan dilakukan adalah budidaya rumput laut, karamba jaring apung dan sebagainya.

#### 7. Zona Religi, Budaya dan Sejarah

Zona Religi, Budaya dan Sejarah pada Taman Nasional Karimunjawa, diperuntukkan untuk melindungi nilai-nilai hasil karya budaya, arkeologi, sejarah atau keagamaan sebagai tempat penelitian, pendidikan dan wisata alam sejarah, arkeologi dan religious yang terdapat pada wilayah tersebut.

#### 8. Zona Rehabilitasi

Zona yang diperuntukkan untuk kepentingan pemulihan kondisi ekosistem terumbu karang yang mengalami kerusakan  $\geq 75\%$ . Kegiatan yang boleh dilakukan pada zona rehabilitasi adalah kegiatan rehabilitasi yang berguna untuk pemulihan ekosistem pada zona ini dan kegiatan monitoring hasil rehabilitasi; kegiatan pendidikan, penelitian, pengembangan pendidikan dan penunjang budidaya; pembinaan habitat dan populasi.

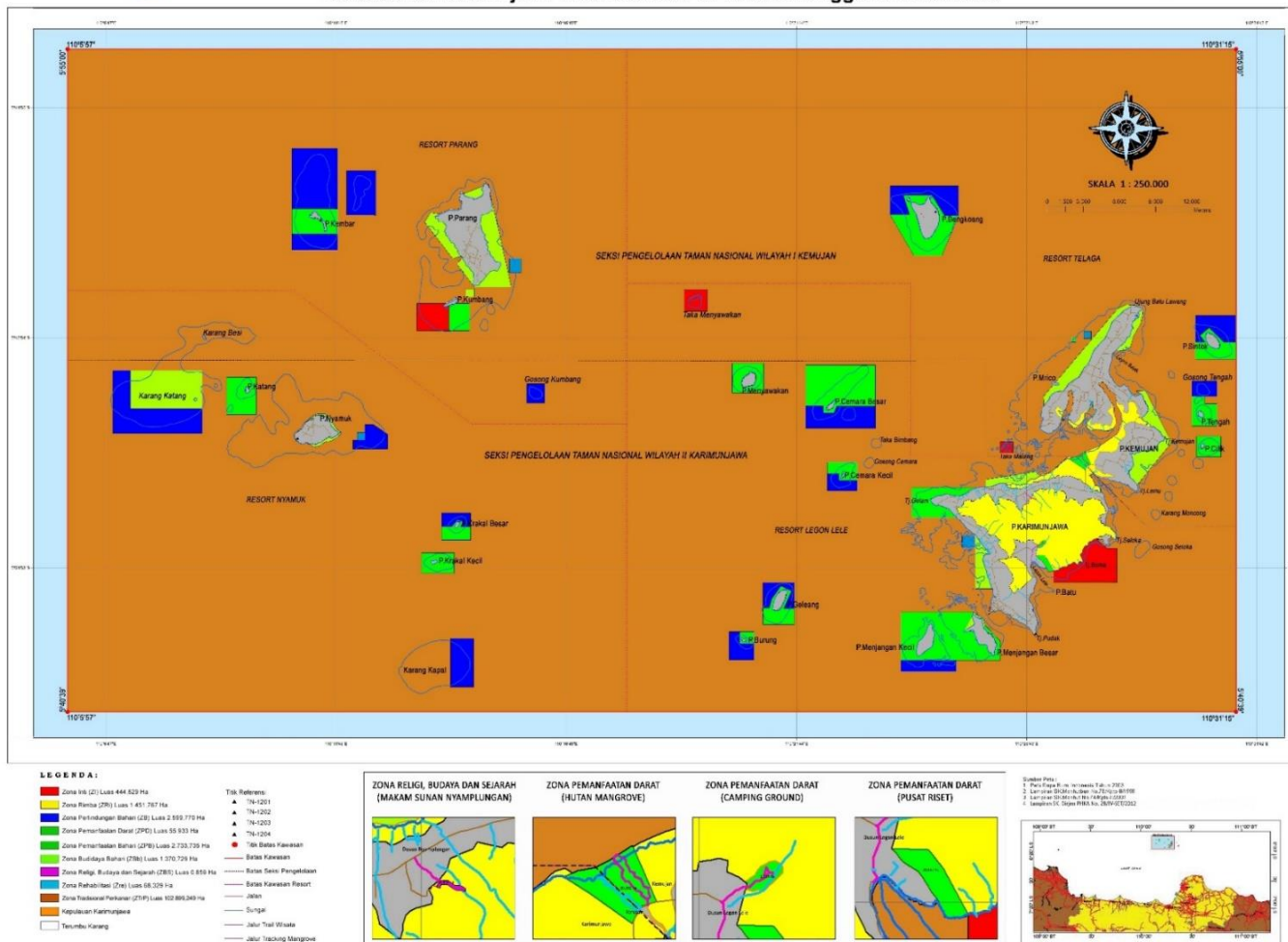
#### 9. Zona Tradisional Perikanan

Zona yang digunakan untuk kepentingan pemanfaatan perikanan yang sudah berlangsung turun temurun oleh masyarakat setempat secara lestari dengan menggunakan sarana prasarana penangkapan yang ramah lingkungan. Kegiatan yang boleh dilakukan pada zona ini adalah perlindungan dan pengamanan; inventarisasi dan monitoring potensi jenis yang dimanfaatkan masyarakat; pembinaan habitat dan populasi; penelitian dan pengembangan; aktivitas pemanfaatan perikanan menggunakan sarana prasarana penangkapan yang ramah lingkungan.



### PETA ZONASI TAMAN NASIONAL KARIMUNJAWA

Berdasarkan SK.Dirjen PHKA No. 28/IV-SET/2012 Tanggal 6 Maret 2012



Gambar 1. Peta Zonasi Taman Nasional Karimunjawa (BTNKA, 2012)



## 2.3 Terumbu Karang

### 2.3.1 Deskripsi Terumbu Karang

Terumbu karang adalah ekosistem yang hidup di perairan dangkal terutama pada laut tropis yang memiliki produktifitas tinggi. Menurut Sorokin (1993) terumbu karang terbentuk dari batuan kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) yang cukup kuat untuk menahan gelombang laut. Karang (*coral*) yaitu individu atau organisme pembentuk terumbu karang yang mampu mensekresi kalsium karbonat. Hal ini diperkuat oleh Bengen (2011) yang menyatakan, terumbu karang terbentuk dari endapan-endapan masif kalsium karbonat yang terbentuk dari organisme hewan kecil yang disebut dengan polip yang mensekresi kalsium karbonat.

Karang adalah hewan yang tidak memiliki tulang belakang, termasuk dalam filum *Coelenterata* (hewan berongga) atau *Cnidaria*, kelas *Anthozoa*, ordo *Scleractinia* (Sukmara, 2001). Terumbu karang bersimbiosis dengan alga yang disebut *zooxanthellae*. Terumbu karang merupakan sumberdaya wilayah pesisir yang sangat rentan pada kerusakan, terutama oleh aktivitas manusia yang berada disekitarnya (Suhana, 2015).

Karang pembentuk terumbu adalah kombinasi fotosintesis dari alga dan proses fisiologis dalam karang tersebut membentuk kerangka batu kapur (kalsium karbonat). Pembentukan kerangka yang lambat ini, diawali dengan pembentukan koloni yang kemudian membentuk kerangka kerja tiga dimensi yang rumit untuk menjadi terumbu karang sebagai tempat berlabuh bagi banyak jenis biota, yang banyak diantaranya penting untuk kehidupan masyarakat dan komunitas pesisir (Westmacott, 2000).



### 2.3.2 Faktor Pembatas

Faktor pembatas merupakan beberapa parameter fisik dan kimia yang dapat mempengaruhi kehidupan terumbu karang, mencakup terhadap luasan ekosistem terumbu karang. Faktor pembatas tersebut diantaranya adalah :

#### 1. Suhu

Terumbu karang banyak terdapat pada perairan laut tropis maupun perairan laut sub tropis yang dilewati aliran arus hangat karena terumbu karang dapat tumbuh dengan baik di perairan laut pada kisaran suhu 21–29°C. Terumbu karang mempunyai kemampuan pula untuk tumbuh pada suhu diatas atau dibawah kisaran suhu tersebut, namun pertumbuhannya akan sangat lambat (Goblue, 2016). Menurut Sadarun *et al.* (2006), kecepatan metabolisme dan reproduksi pada karang dipengaruhi oleh suhu. Suhu paling optimal bagi pertumbuhan karang berkisar antara 23–30°C, semakin tinggi suhu kelarutan oksigen dalam air akan berkurang yang diakibatkan kenaikan dari aktivitas metabolisme hewan karang.

#### 2. Cahaya

Cahaya merupakan faktor pembatas yang sangat penting. Cahaya diperlukan oleh *zooxanthellae* untuk melakukan proses fotosintesis, yang dapat membantu koral untuk membentuk terumbu. Titik kompensasi karang adalah pada kedalaman dimana intensitas cahaya sebesar 15-30% dari intensitas permukaan (Nybakken, 1992). Penetrasi cahaya merupakan salah satu tolak ukur untuk mengetahui seberapa dalam cahaya matahari dapat menembus lapisan suatu ekosistem perairan. Nilai ini sangat penting dalam kaitannya dengan laju fotosintesis. Besarnya nilai penetrasi cahaya identik dengan kedalaman air yang memungkinkan untuk berlangsungnya proses fotosintesis. Untuk mengukur kekeruhan digunakan alat yang dinamakan turbidimeter (Barus, 2004).

#### 3. Salinitas

Menurut Jameson (1976), salinitas yang baik untuk kima adalah 25-40 ppt.

Coralwatch (2011), menambahkan bahwa salinitas berubah-ubah akibat bertambah dan berkurangnya molekul-molekul air melalui proses penguapan dan air hujan. Salinitas meningkat bila laju penguapan di suatu daerah lebih besar dari pada hujan. Sebaliknya, pada daerah dimana curah hujan lebih besar dari pada penguapan salinitas berkurang. Kondisi ini tergantung garis lintang dan musim.

#### 4. pH

pH adalah derajat keasaman, kehidupan organisme akuatik sangat dipengaruhi oleh fluktuasi nilai dari pH. Pada umumnya organisme akuatik toleran pada kisaran nilai pH yang netral menyatakan pH yang ideal bagi organisme akuatik pada umumnya terdapat diantara 7-8,5. Kondisi perairan yang bersifat sangat asam maupun sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme karena akan menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme dan respirasi (Odum, 1994). pH yang terlalu asam akan mengakibatkan asidifikasi karang.

#### 5. Sedimentasi

Faktor sedimentasi yang tinggi dalam air dapat menjadi pengaruh negatif bagi koral dalam proses pertumbuhan. Sedimentasi dapat menutupi karang dan mempengaruhi proses makanannya, juga dapat mengurangi cahaya yang masuk ke perairan untuk zooxanthellae melakukan fotosintesis (Nybakken, 1992). Sedimentasi salah satunya dapat berasal dari aliran sungai.

#### 6. Kedalaman

Terumbu karang dapat tumbuh dan berkembang dengan baik di daerah yang memiliki gelombang yang besar, dimana gelombang tersebut dapat memberikan suplai oksigen, memberi sumber air yang segar dan mengurangi juga



menghilangkan sedimentasi serta mensuplai plankton dengan sumber makanan lain yang bermanfaat bagi pertumbuhan terumbu karang (Nybakken, 1992).

### 2.3.3 Ekologi Terumbu Karang

Menurut Nybakken (1992), terumbu karang terbagi atas tiga tipe berdasar geomorfologinya, diantaranya :

1. Terumbu karang tepi (*fringing reef*), adalah terumbu karang yang tumbuh ke permukaan ke arah laut terbuka, terdapat di sepanjang pantai dengan kedalamannya yang tidak lebih dari 40 meter
2. Terumbu karang penghalang (*barrier reef*), adalah terumbu karang yang umumnya memanjang menyusuri pantai, letaknya berada jauh dari pantai yang dipisahkan oleh gobah dengan kedalaman 40 - 70 meter.
3. Atol, adalah karang yang bentuknya melingkar seperti cincin yang muncul dari laut, melingkari gobah yang memiliki terumbu gobah atau terumbu petak.

### 2.3.4 Fungsi dan Manfaat Terumbu Karang

Ekosistem karang merupakan tempat tinggal bagi ribuan binatang dan tumbuhan, berbagai binatang dan tumbuhan hidup tinggal, mencari makan dan bergantung pada ekosistem terumbu karang. Dilihat dari segi ekonomi, terumbu karang juga merupakan laboratorium alam untuk berbagai kegiatan penelitian yang dapat mengungkap penemuan yang berguna bagi kehidupan manusia. Fungsi lain dari ekosistem terumbu karang yang hidup didekat pantai adalah memberi perlindungan dari berbagai ancaman pengikisan oleh ombak maupun arus. Terumbu karang yang sehat mampu menyokong keanekaragaman ikan (Coremap CTI, 2016).



## 2.4 Pengamatan Terumbu Karang dengan Metode Penginderaan Jauh

### 2.4.1 Penginderaan Jauh

Menurut Lillesland dan Kiefer (2007), penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang obyek, wilayah, atau gejala dengan cara menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap obyek, wilayah, atau gejala yang dikaji.

Teknologi penginderaan jauh telah memberi kemudahan untuk pembangunan dan perencanaan wilayah Indonesia. Efektif digunakan di negara yang luas seperti Indonesia karena memberi solusi dalam hal inventarisasi dan pemantauan yang dapat memantau daerah terpencil tanpa kesulitan mengukur ataupun memotret dari ketinggian satelit yang beredar. Dengan penginderaan jauh, informasi obyek yang berada di permukaan bumi seperti, keberadaan pulau, penggunaan lahan, sumberdaya alam seperti mangrove, terumbu karang, dan padang lamun bisa diidentifikasi dengan mudah dan menghemat waktu, tenaga serta biaya (Shalihati, 2014).

### 2.4.2 Penginderaan Jauh untuk Terumbu Karang

Penggunaan teknologi penginderaan jauh menjadi suatu kebutuhan yang umum dimana saat ini informasi tentang kelautan dapat diolah dan menjadi data yang multifungsi (Saitoh *et.al*, 2010). Pendeteksian terumbu karang digunakan untuk mengetahui ada tidaknya terumbu karang di wilayah tersebut.

Menurut Manullang (2014) alasan penginderaan jauh digunakan untuk mendeteksi terumbu karang karena monitoring secara langsung memerlukan biaya, waktu dan tenaga yang cukup besar. Informasi spasial mengenai komposisi, kondisi, dan dinamika terumbu karang adalah hal yang penting untuk memahami ekosistem terumbu karang. Karang yang tumbuh pada perairan dangkal dengan kecerahan yang baik dapat dideteksi oleh sensor satelit, oleh karena itu pemetaan

terumbu karang menggunakan penginderaan jauh sangat efisien karena biaya yang digunakan tidak terlalu tinggi seperti monitoring karang secara langsung.

Data satelit Landsat (*Land Satellite*) telah banyak digunakan untuk pengamatan permukaan bumi secara luas. Pada sensor Landsat ETM Mempunyai 7 kanal/band spektral yang berfungsi untuk pendeteksian permukaan bumi. Kanal atau *band* yang dapat digunakan untuk mendeteksi terumbu karang adalah dengan menggunakan spectral visible (sinar tampak) yaitu kanal 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 tersebut mempunyai resolusi spasial 30 meter dan mampu melakukan penetrasi badan kolom air dan mendeteksi terumbu karang (Nana, 2014)

Nilai panjang gelombang sangat berpengaruh pada hasil peta terumbu karang untuk proses pengolahan data, menurut Stumpf (2003), dapat dilakukan dengan menggunakan perpaduan panjang gelombang biru dan hijau. Kemampuan gelombang biru (0,450 - 0,515  $\mu\text{m}$ ) dan hijau mempunyai penetrasi yang baik pada kolom air hingga kedalamn kurang lebih 10 meter (band 2 kedalaman kurang lebih 5 meter dan band 1 sampai 10 meter), sehingga kenampakan keberadaan terumbu karang pada perairan dangkal akan terdeteksi oleh kanal–kanal tersebut.

## 2.5 Landsat Operational Land Imager (OLI)

Satelit Landsat merupakan satelit bumi yang telah lama beroperasi untuk melakukan perekaman semua objek yang ada di bumi. Landsat 8 merupakan satelit yang dikembangkan dari Landsat 7 ETM+, diluncurkan pada tanggal 11 Februari 2013 dan hasil datanya telah dipublikasikan sejak bulan Mei 2013. Membawa 2 sensor, yaitu Operational Land Imager (OLI) yang mempunyai 1 kanal inframerah dekat dan 7 kanal tampak reflektif, akan meliputi panjang gelombang yang direfleksikan oleh objek-objek pada permukaan Bumi, dengan resolusi



spasial yang sama dengan Landsat pendahulunya yaitu 30 meter dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) yang ditetapkan sebagai pilihan (optional) pada misi LDCM (Landsat 8) yang dapat menghasilkan kontinuitas data untuk kanal-kanal inframerah termal yang tidak dicitrakan oleh OLI (NASA, 2016).

Menurut Campbell (2013), data Landsat merupakan salah satu data yang paling banyak dipakai dalam pemetaan, hal ini disebabkan Landsat mempunyai cakupan wilayah yang sangat luas, 180 x 80 km<sup>2</sup> dengan resolusi spasial yang cukup baik (30 m). Dibandingkan dengan versi sebelumnya, Landsat 8 memiliki beberapa kelebihan khususnya terkait dengan spesifikasi band – band yang dimiliki maupun panjang rentang spektrum gelombang elektromagnetik yang ditangkap. Diketahui bahwa warna objek pada citra tersusun atas 3 warna dasar, yaitu Red, Green, dan Blue (RGB). Semakin banyaknya band sebagai penyusun RGB komposit, maka warna objek tentunya akan lebih bervariasi.

Landsat 8 membawa dua buah sensor staelit yaitu, *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). Landsat 8 OLI memiliki spektral band sempit yang dapat meningkatkan kalibrasi dan sinyal untuk karakteristik noise, memiliki resolusi radiometrik yang tinggi dan geometri yang lebih tepat dibandingkan dengan Landsat 7 *Enhanced Thematic Mapper* (ETM+). Kedua sensor Landsat 8 memiliki 15° bidang pandang dan data tersedia di sekitar 185 km x 180 km tempat yang didefinisikan dalam Sistem Referensi Seluruh Dunia atau *Worldwide Reference System* (WRS) dari *path* (*groundtrack paralel*) dan *rows* (lintang sejajar) koordinat (Roy, 2015). Data dari Tabel 1 merupakan spesifikasi sensor Landsat 8 OLI LDCM dengan Landsat 7 ETM+ :

Tabel 1. Perbandingan Sensor Landsat 7 dan Landsat 8 (NASA, 2016)

OLI LDCM (Landsat 8)			ETM+ (Landsat 7)		
No. Spektral Kanal	Panjang Gelombang (µm)	Resolusi (m)	No. Spektral Kanal	Panjang Gelombang (µm)	Resolusi (m)



Band 1	0,433 – 0,453	30			
Band 2	0,450 – 0,51	30	Band 1	0,45 – 0,52	30
Band 3	0,525 – 0,600	30	Band 2	0,53 – 0,61	30
Band 4	0,630 – 0,6	30	Band 3	0,63 – 0,69	30
Band 5	0,845 – 0,855	30	Band 4	0,78 – 0,90	30
Band 6	1,560 – 1,660	30	Band 5	1,55 – 1,75	30
Band 7	2,1 – 2,3	30	Band 6	10,40 – 12,50	60
Band 8 (PAN)	0,500 – 0,680	15	Band 7	2,09 – 2,35	30
Band 9	1,360 - 1,390	30	Band 8 (PAN)	0,52 – 0,90	15
Band 10	10,30 - 11,30	100			
Band 11	11,50 - 12,50	100			

Landsat 8 memiliki kanal 1 (*ultra blue*) yang dapat menangkap panjang gelombang elektromagnetik lebih rendah daripada *band* yang sama pada Landsat 7, sehingga lebih sensitif terhadap perbedaan reflektan air laut atau aerosol. Kanal ini unggul dalam membedakan konsentrasi aerosol di atmosfer dan mengidentifikasi karakteristik tampilan air laut pada kedalaman berbeda. Tabel 2 merupakan spesifikasi band dari citra Landsat 8 :

Tabel 2. Spesifikasi Landsat 8 (NASA, 2016)

Band	Panjang Gelombang	Resolusi
Band 1 - Coastal aerosol	0,43 – 0,45	30
Band 2 - Blue	0,45 – 0,51	30
Band 3 - Green	0,53 – 0,59	30
Band 4 - Red	0,64 – 0,67	30
Band 5 - Near Infrared (NIR)	0,85 – 0,88	30
Band 6 - SWIR 1	1,57 – 1,65	30
Band 7 - SWIR 2	2,11 – 2,29	30
Band 8 - Panchromatic	0,50 – 0,68	15
Band 9 - Cirrus	1,36 - 1,38	30
Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10,60 – 11,19	100 * (30)
Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11,50 – 12,51	100 * (30)

## 2.6 Anomali Suhu Permukaan Laut

Anomali adalah penyimpangan nilai kuantitas suatu elemen meteorologi dalam suatu wilayah dari nilai rata-rata (normal) untuk periode yang sama (BMKG,

2016), sehingga anomali suhu permukaan laut merupakan penyimpangan nilai suhu permukaan laut dari nilai rata-rata (normal) dalam periode yang sama.

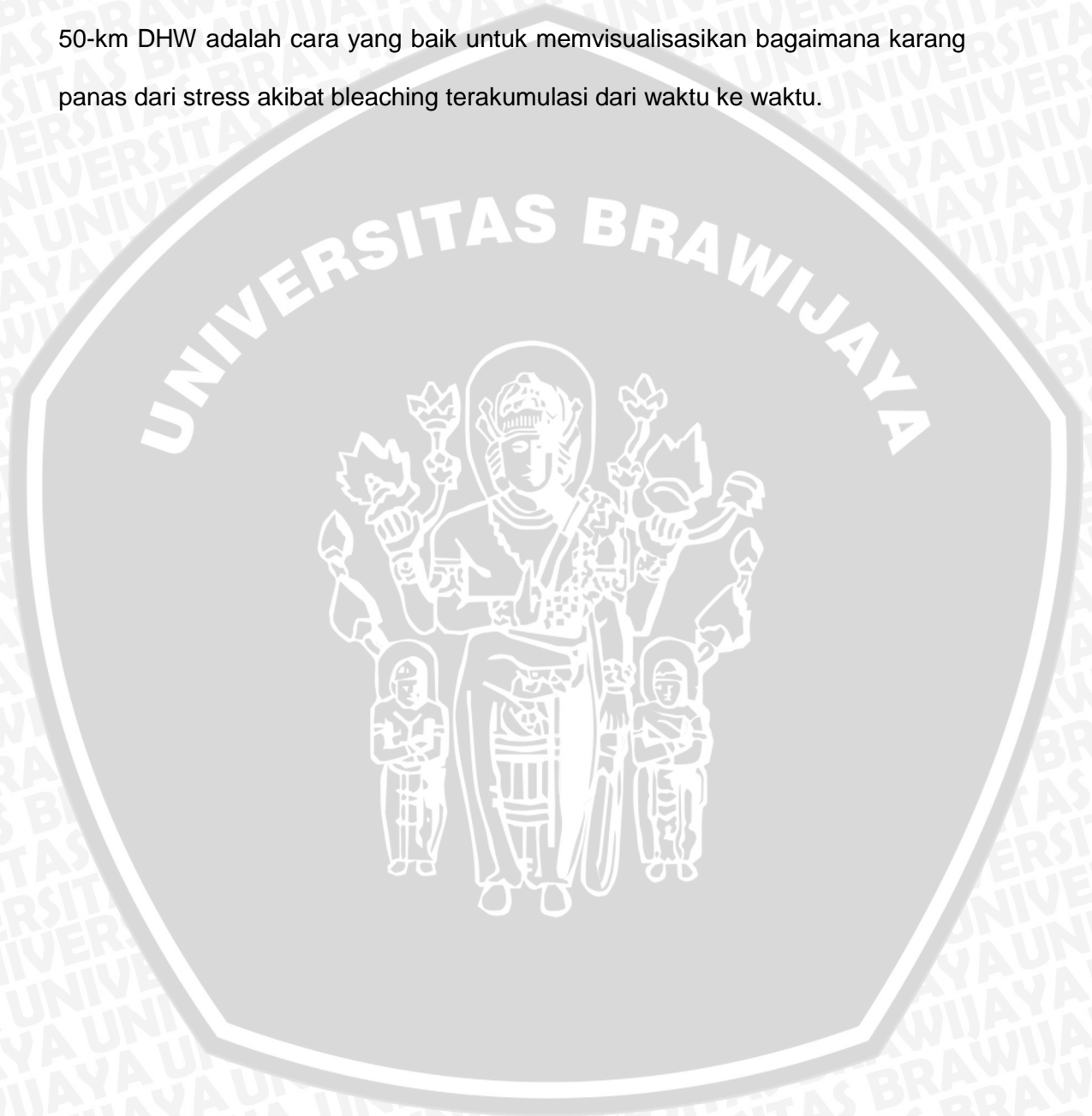
Variasi iklim regional di Indonesia dipengaruhi oleh musim dan fenomena iklim, seperti anomali suhu, serta arus lintas Indonesia. Suhu permukaan laut rata-rata tahunan di wilayah Indonesia berkisar dari 28,2°C hingga 29,2°C (Cahyarini, 2011). Fenomena anomali suhu memberi dampak pada perairan di wilayah Indonesia. Selain itu, fenomena perubahan suhu juga mempengaruhi variasi iklim di Indonesia. Selama musim barat, angin bertiup menuju barat daya membawa hujan di wilayah Indonesia. Sebaliknya selama musim timur, angin bertiup dari Australia membawa musim kering.

Anomali suhu merupakan salah satu fenomena global yang kemunculannya dapat diperkirakan berdasarkan indikasi-indikasi dari beberapa parameter global seperti suhu permukaan laut (SPL). Fenomena *El Nino Southern Oscillation* (ENSO), merupakan salah satu contoh nyata bahwa perubahan SPL berpengaruh terhadap curah hujan. Pada saat terjadi *El Nino* yang merupakan fase hangat dari ENSO, terjadi kenaikan SPL dari normalnya di bagian tengah dan timur Samudera Pasifik (Estiningtyas *et al*, 2007).

### **2.7 Degree Heating Week (DHW)**

Produk NOAA *Coral Reef Watch* (CRW) satelit harian 50 km pemutihan karang *Degree Heating Week* (DHW) menyajikan data akumulasi *stress* termal yang dapat menyebabkan pemutihan dan kematian karang yang diukur dengan *Coral Bleaching HotSpot* selama periode 12 minggu terbaru. Skala penilaian dimulai dari 0 hingga 16°C perminggu. Pada saat nilai DHW mencapai 8°C perminggu, penyebaran pemutihan dan mortalitas yang signifikan dapat diprediksi (NOAA CRW, 2016).

Berdasarkan penelitian Coral Reef Watch, ketika stress termal mencapai 4°C per-minggu, maka akan terjadi pemutihan karang yang signifikan, terutama pada spesies lebih sensitif. Stress termal mencapai 8°C per-minggu atau lebih tinggi, memicu terjadinya pemutihan luas dan kematian dari stress termal. Animasi 50-km DHW adalah cara yang baik untuk memvisualisasikan bagaimana karang panas dari stress akibat bleaching terakumulasi dari waktu ke waktu.

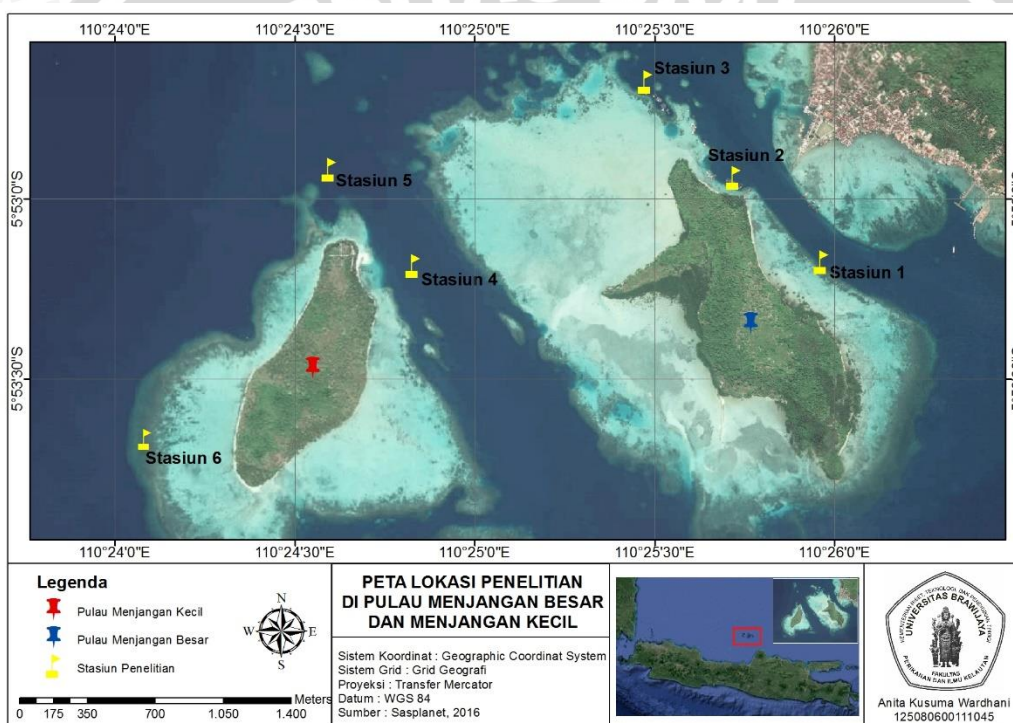




### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan selama empat bulan, mulai dari bulan Juli hingga Oktober 2016. Survei lapang dilakukan selama tiga hari, mulai dari tanggal 18 – 20 Agustus 2016 di Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil, Taman Nasional Karimunjawa. Gambar 2 merupakan peta lokasi penelitian :



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel parameter lingkungan dipilih 6 stasiun berdasarkan karakteristik yang berbeda. Stasiun 1 merupakan bagian timur Pulau Menjangan Besar. Stasiun 2 merupakan tempat penangkaran hiu. Stasiun 3 merupakan tempat budidaya kerapu. Stasiun 4 merupakan antara Pulau Menjangan dengan Pulau Menjangan Kecil. Stasiun 5 merupakan bagian utara dari Pulau Menjangan Kecil dan stasiun 6 merupakan *spot snorkeling* dan *diving*.

Pengambilan sampel kualitas perairan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan, kemudian untuk menunjukkan hasil dari pengambilan sampel maka diambil dari nilai rata-rata pada setiap sampelnya.

### 3.2 Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian seperti pada Tabel 3 :

Tabel 3. Alat yang Digunakan dalam Penelitian

No.	Alat	Fungsi
1.	Laptop Spesifikasi : Samsung Series 5, Processor AMD A4-4355M APU with Radeon™ HD Graphics, Ram 4 GB dan Windows 10 Pro 64 bit.	Untuk mengolah seluruh data yang digunakan dan pembuatan peta terumbu karang
2.	Global Positioning System (GPS) Spesifikasi : Garmin Montana 650, Water Resistant, Electronic Compass, Batimetric Altimeter	Untuk menentukan titik koordinat di setiap stasiun penelitian yang dilakukan saat <i>groundcheck</i> , dan sebagai koreksi geometrik peta.
3.	Kamera Digital Spesifikasi : Sony Cyber-Shot DSC-W530 Carl Zeiss Vario-Tessar 14.1 Megapixels dan Nikon Coolpix AW120 16 Megapixels, Impact Resistant, Waterproff.	Sebagai alat dokumentasi saat survei lapang.
4	Perangkat Lunak berupa : <ul style="list-style-type: none"> <li>• ArcGis 10.2</li> <li>• Er Mapper 7.1</li> <li>• ENVI 4.5</li> <li>• CoastWatch Data Analysis Tool</li> <li>• Microsoft Excel 2010</li> </ul>	Digunakan untuk mengolah data penginderaan jauh citra satelit, data dari survei lapang dan data sekunder.
5.	Perahu Jukung	Untuk menjangkau daerah sampel.
6.	Thermometer	Untuk mengukur suhu perairan
7.	Refraktometer	Untuk mengukur salinitas perairan.
8.	pH Meter	Untuk mengukur konsentrasi pH perairan.
9.	Set Snorkeling	Sebagai alat pendukung untuk mengamati terumbu karang.



Bahan yang digunakan dalam penelitian, seperti pada Tabel 4:

Tabel 4. Bahan yang Digunakan dalam Penelitian

No	Bahan	Keterangan
1.	Citra Satelit Landsat tahun 2010 – 2016	Band 1 - Band 7
2.	Metadata File	
3.	Data Anomali Suhu Permukaan Laut	
4.	Data <i>Degree Heating Week</i> (DHW) tahun 2010 - 2016	
5.	Data <i>Bleaching Alert</i> tahun 2010 - 2016	

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Pengolahan Data Citra Satelit Landsat

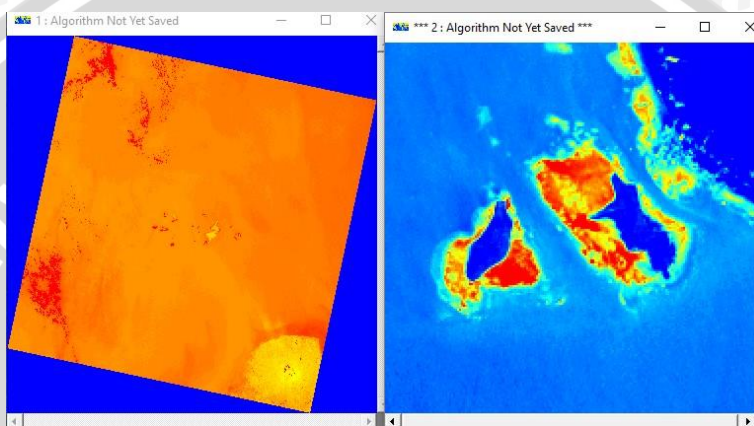
##### 3.3.1.1 Pemilihan Komposit Warna dan Pemotongan Citra Landsat

Tahap pengolahan citra satelit untuk sebaran terumbu karang, diharuskan memilih beberapa kanal yang masuk dalam kriteria pemetaan terumbu karang. Hal ini dikarenakan Landsat 8 mempunyai beberapa kanal dengan memiliki panjang gelombang dan spesifikasi yang berbeda pada tiap jenisnya. Menurut Pasaribu (2008), pembentukan citra komposit dimaksudkan untuk mendapat gambaran umum mengenai data yang akan diolah. Citra komposit penggabungan kanal (RGB) 4, 2, 1 untuk Landsat 7 dan (RGB) 5, 3, 2 untuk Landsat 8.

Tahap *cropping* merupakan proses pemotongan citra pada koordinat tertentu pada area citra tersebut berdasarkan wilayah penelitian. Pemotongan bagian dari citra digunakan dua koordinat, yaitu koordinat awal adalah awal koordinat bagi citra hasil pemotongan dan koordinat akhir merupakan titik koordinat akhir dari citra hasil pemotongan. Hasilnya akan terbentuk bangun segi empat dimana pada tiap *pixel* yang ada pada area koordinat tertentu akan disimpan dalam citra yang baru (Informatika, 2014).



Proses ini dilakukan dengan memperbanyak *layer* menjadi 7 bagian pada kotak perintah *algorithm*, apabila sudah tertampil pada layar display, perbesar pada daerah yang ingin dicari potensi terumbu karangnya. Simpan gambar tersebut dengan format (.ers). Terlihat citra sebelum *cropping* nampak begitu luas, berbeda dengan citra yang telah *cropping*, gambar citra nampak lebih spesifik. Gambar 3 merupakan hasil *cropping* citra satelit dari *software* ER Mapper 7.1. :



Gambar 3. Hasil *Cropping* Data Citra Satelit

### 3.3.1.2 Koreksi Radiometrik

Menurut Danang (2014), koreksi radiometrik merupakan koreksi data citra satelit yang terdapat *noise* yang ditimbulkan oleh sistem. Salah satu *noise* dapat ditimbulkan karena perbedaan posisi matahari pada saat data diakusisi. *Noise* tersebut dapat dihilangkan menggunakan koreksi radiometrik *Top of Atmosfer* (ToA). Koreksi ToA adalah perbaikan akibat distorsi radiometrik yang dikarenakan posisi matahari. Koreksi ToA dilakukan dengan cara mengubah nilai digital number (DN) ke nilai reflektansi, kemudian akan terlihat nilai biasanya. Persamaan konversi untuk koreksi ToA reflektansi yaitu :

$$\rho_{\pi'} = M_p Q_{cal} + A_p \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

$\rho_{\pi'}$  = ToA reflektansi, tanpa koreksi untuk sudut matahari



$M_p$  = REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_x , di mana x adalah nomor Band

$A_p$  = REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_x . di mana x adalah nomor Band

$Q_{cal}$  = Nilai digital sumber (DN)

Koreksi citra dari sudut matahari bertujuan menghilangkan perbedaan nilai DN yang diakibatkan oleh posisi matahari. Posisi matahari terhadap bumi berubah bergantung pada waktu perekaman dan lokasi obyek yang direkam. Nilai posisi matahari dalam perekaman citra satelit dapat dilihat disetiap file metadata yang berbentuk (.txt), file ini sudah tersedia dengan data citra satelit Landsat lainnya. Jika telah didapatkan nilai posisi matahari, maka digabungkan dengan persamaan untuk koreksi sudut matahari yaitu :

$$\rho_{\pi} = \rho_{\pi'} / (\cos(\theta_{SZ})) = \rho_{\pi'} / (\sin(\theta_{SE})) \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

$\rho_{\pi}$  = ToA reflektansi

$\theta_{SE}$  = sun elevation

$\theta_{SZ}$  = sudut zenith matahari,  $\theta_{SZ} = 90^{\circ} - \theta_{SE}$

Proses input data koreksi radiometrik dilakukan menggunakan *software* ER Mapper 7.1 dengan input data citra satelit Landsat yang telah dilakukan *cropping*. Pemasukan data rumus koreksi radiometrik yang telah diketahui nilai posisi matahari dengan menggunakan menu input *algorithm* yang tersedia di *icon edit algorithm*.

### 3.3.1.3 Transformasi Algoritma Citra

Transformasi algoritma bertujuan untuk mendapatkan sebaran terumbu karang. Pada penelitian ini digunakan algoritma Lyzenga. Menurut Arif (2013) transformasi algoritma Lyzenga merupakan sebuah rumus untuk menghasilkan nilai *depth invariant indeks* dimana nilai tersebut dapat membedakan objek pada





dasar perairan. Hasil algoritma Lyzenga diklasifikasi untuk meringkas kelas, acuan proses klasifikasi adalah pada Lembaga Standar Nasional Indonesia untuk Pemetaan habitat perairan laut dangkal (Bagian 1: Pemetaan terumbu karang dan padang lamun).

Setiap tahunnya nilai algoritma Lyzenga akan berbeda, hal ini dikarenakan oleh koreksi radiometrik yang dilakukan, pembuatan region-region untuk mendapatkan nilai koreksi kolom air dan karena perbedaan kondisi pasang surut disetiap perekaman citra sehingga menimbulkan perbedaan kedalaman di lokasi yang sama. Pendeteksian objek di bawah permukaan air laut dalam data Landsat digunakan data pada kanal biru dan merah. Menurut Kardono et al. (1993) kanal biru dan kanal merah merupakan kanal yang paling baik untuk penetrasi ke dalam kolom air, hal ini disebabkan pada kanal biru dan kanal merah terdapat panjang gelombang yang sesuai untuk penetrasi kedalaman kolom air yaitu antara 0,5 - 0,6  $\mu\text{m}$  Berikut merupakan rumus Lyzenga (Lyzenga, 1981) :

$$Y = \ln (TM1) + k_i/k_j \ln (TM2) \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

- Y = citra hasil ekstrasi dasar perairan
- TM1 = nilai digital kanal 1 (Landsat TM)
- TM2 = nilai digital kanal 2 (Landsat TM)
- Ki/kj = nilai koefisien atenuasi

Dimana

$$k_i/k_j = \alpha + \sqrt{\alpha^2 + 1} \dots \dots \dots (4)$$

Dengan

$$\alpha = (\text{var } TM1 - \text{var } TM2) / (2 + \text{covar } TM1 \text{ } TM2) \dots \dots \dots (5)$$

var = nilai ragam dari nilai digital





covar = nilai koefisien keragaman dari nilai digital

Proses input algoritma Lyzenga dilakukan dengan menggunakan software ER Mapper 7.1 dengan input data citra satelit Landsat yang sudah melewati proses koreksi radiometrik. Untuk mencari nilai koefisien atenuasi, dapat dilakukan dengan membuat *region* disetiap lokasi terumbu karang perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil, kemudian *region* akan diproses dengan *calculate statistic* untuk mendapatkan nilai disetiap *band* yang digunakan untuk terumbu karang. Selanjutnya tahap mencari nilai varian dan kovarian dilakukan dengan menggunakan software Microsoft Excel 2010 untuk memproses hasil nilai dari *calculate statistic*. Jika sudah didapatkan nilai varian dan kovarian, kemudian nilai tersebut diinput ke dalam rumus koefisien atenuasi ( $k_i/k_j$ ) dimana nilai koefisien atenuasi tersebut diinputkan kedalam rumus algoritma Lyzenga, input nilai tersebut masih menggunakan software Microsoft Excel 2010. Kemudian rumus algoritma Lyzenga dimasukkan ke dalam data citra yang sudah dikoreksi radiometrik, proses ini menggunakan menu *input algorithm* yang berada pada *icon edit algorithm*, untuk kanal 1 menggunakan band biru dan untuk kanal 2 menggunakan band merah.

#### 3.3.1.4 Klasifikasi Citra

Validasi terhadap hasil klasifikasi menggunakan data *Ground Check*. Menurut Pasaribu (2008), klasifikasi citra merupakan suatu proses untuk memperoleh citra yang sudah dikelompokkan dalam kelas-kelas tertentu berdasarkan nilai reflektansi dari setiap objek. Hasil citra yang telah di transformasi kemudian diklasifikasi untuk membuat kelas objek atau tutupan lahan ekologi terumbu karang. Penelitian ini menggunakan data yang telah dilakukan proses input algoritma Lyzenga dan menggunakan software ER Mapper 7.1. Tahap ini menggunakan 2 jenis klasifikasi, yang pertama *klasifikasi ISOCLASS*

*Unsupervised Classification* (klasifikasi tidak terbimbing). Klasifikasi tidak terbimbing digunakan untuk meringkas kelas setelah diperoleh citra hasil perhitungan algoritma Lyzenga. Klasifikasi *supervised* (terbimbing), adalah klasifikasi terbimbing untuk lebih meringkas kelas dan untuk menghitung luasannya.

### 3.3.1.5 Perhitungan Luasan

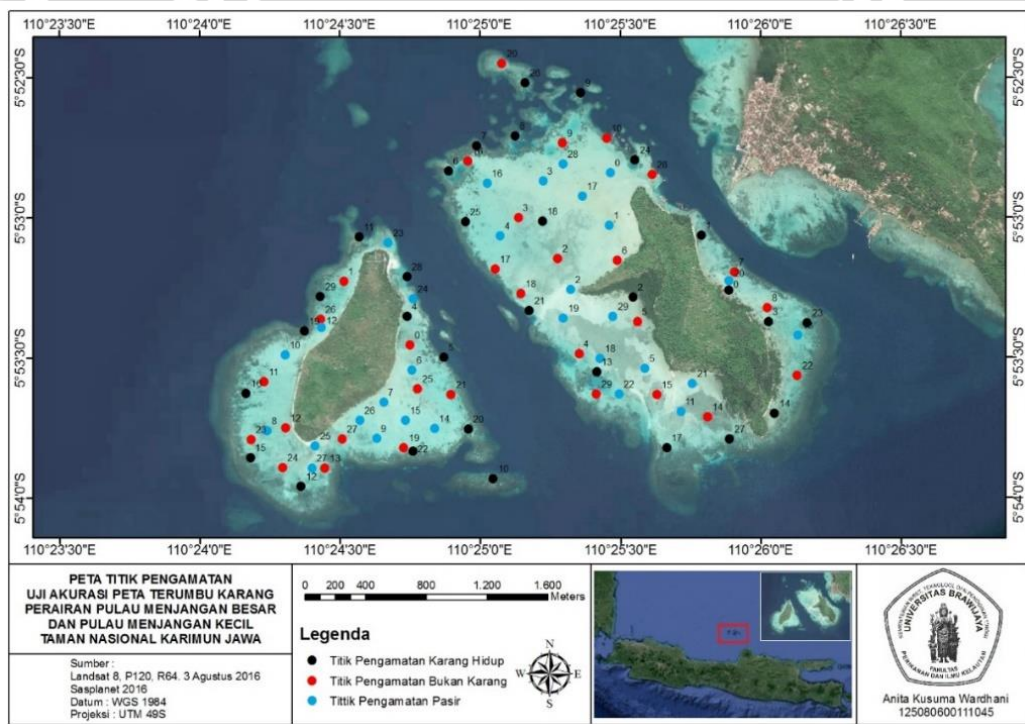
Proses perhitungan luasan bertujuan untuk melihat perkembangan luasan terumbu karang dari tahun 2010 hingga tahun 2016. Perhitungan luasan terumbu karang diproses dengan metode *calculate geometric*. Menurut Utama (2005), *calculate geometric* adalah suatu prosedur perhitungan otomatis pada ArcGIS berdasarkan bentuk geometri dari data GIS yang tergambar dari sistem koordinat yang digunakan. Pada proses ini digunakan data *vector* sehingga pada proses klasifikasi ini data raster akan dikonversi ke dalam data *vector*. Menurut Yekti *et al.* (2013), konversi data raster menjadi data *vector* dilakukan agar mempermudah perhitungan luas perubahan tutupan lahan dari citra hasil klasifikasi yang sudah dipotong. Konversi data ini menggunakan salah satu proses pada *software* ENVI yang mengubah data raster menjadi data *vector* dalam bentuk *shapefile* (.shp). Kemudian dari *shapefile* tersebut akan dihitung luasannya melalui proses *calculate geometric* yang terdapat pada *software* ArcGIS 10.2.

### 3.3.1.6 Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui perbandingan data lapang dengan data citra satelit. Menurut Gandharum dan Chen (2006), untuk mengetahui seberapa akurat hasil klasifikasi citra yang telah dilakukan, uji akurasi dilakukan melalui matriks kesalahan (*error matrix*), untuk pengerjaan tersebut diperlukan dua data yaitu *image* hasil klasifikasi yang akan diuji akurasinya dan data dari lapang (*ground truth data*) sebagai referensinya. Uji akurasi dilakukan sesuai dengan



metode yang dibuat oleh peraturan ketua Badan Informasi Geospasial nomor 8 tahun 2014 tentang pedoman teknis dan pengolahan data geospasial habitat dasar pengolahan perairan dangkal. Peraturan tersebut dijelaskan mengenai tata cara pengukuran tingkat keakuratan peta dilakukan dengan pengambilan sampel (*Ground Check*) dengan metode *Stop and Go* dan untuk indikator tingkat keakuratan peta maka digunakan peta klasifikasi terumbu karang pada tahun terakhir. Nilai yang diperoleh dari hasil perbandingan tersebut akan dijadikan sebagai acuan tingkat keakuratan peta terumbu karang yang dibuat. Gambar 4 merupakan peta pengambilan data validasi :



Gambar 4. Peta Pengambilan Data Validasi

Hasil dari uji akurasi di perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil, selanjutnya dilakukan analisis menggunakan data klasifikasi yang ada di peta terumbu karang pada tahun 2016. Menurut peraturan ketua Badan Informasi Geospasial nomor 8 (2014), mengenai pedoman teknis dan pengolahan data geospasial habitat dasar pengolahan perairan dangkal, uji



akurasi menggunakan acuan 70% data lapang. Sehingga perbandingan data yang diklarifikasi dengan data lapang harus mencapai nilai minimal 70%, yang artinya nilai kesalahan minimal interpretasi peta adalah 30%.

### 3.3.1.7 Persentase Luasan Tutupan Terumbu Karang

Kriteria persentase tutupan terumbu karang digunakan perbandingan data karang hidup dan data non karang hidup. Kriteria persentase mengacu pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.4 Tahun 2011 mengenai kriteria baku kerusakan terumbu karang dengan kategori, hasil akhir dari pengolahan data (persen tutupan karang) dapat dikelompokkan ke dalam 4 (empat) kategori seperti yang tertera dalam (Kepmen LH No.4 Tahun 2001). Tabel 5 adalah data acuan dalam persentase luasan terumbu karang di perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil :

Tabel 5. Persentase Luasan Tutupan Terumbu Karang yang Hidup

Parameter	Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang (%)		
Persentase Luas Tutupan Terumbu Karang yang Hidup	Rusak	Buruk	0 - 24,9
		Sedang	25 - 49,9
	Baik	Baik	50 - 79,9
		Baik Sekali	80 - 100

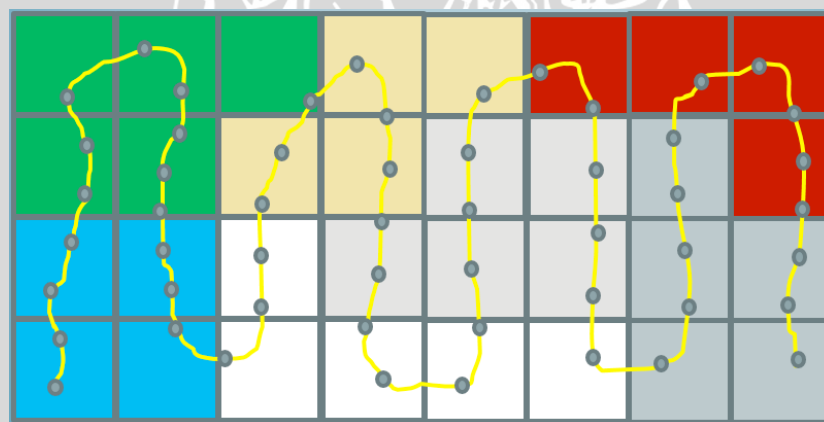
### 3.3.2 Survei Lapang (*Groundcheck*)

Survei lapang dilakukan untuk memverifikasi hasil yang telah diperoleh dengan sistem informasi geografis dengan keadaan lapang sekaligus untuk menggambarkan variabel geomorfologi pada wilayah kajian yang telah dipilih. Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian teknik observasi langsung. Titik koordinat telah ditentukan dengan metode *random sampling*.

Metode observasi langsung yang digunakan adalah metode *Stop and Go*. Metode *Stop and Go* merupakan metode yang digunakan untuk memantau obyek dasar perairan secara cepat, namun dapat digunakan untuk validasi maupun

pengumpulan data ekologi. Penentuan sampel dilakukan secara acak berdasarkan variabilitas kelas habitat yang terlihat dari hasil klasifikasi obyek atau karakteristik spektral citra yang diperoleh dari hasil interpretasi awal. Perolehan data dengan metode ini adalah variasi kelas habitat (persen cover dalam bentuk atribut). Variasi kelas habitat adalah kelas habitat yang terdiri dari kelas dominan dan kelas lain yang dapat teridentifikasi dengan baik (PERKA BIG, 2014)

Metode survei *stop and go* digunakan untuk pemetaan skala 1:50.000 dan 1:25.000. Peralatan yang dibutuhkan dalam metode *stop and go* adalah peralatan *skin dive*, *GPS receiver* dan kamera bawah air (*underwater camera*). *Surveyor* melakukan *snorkeling* dengan mengambil titik sampel dan foto kelas habitat pada interval tertentu terkontrol *GPS receiver*. Titik sampel ditentukan dari pertimbangan aspek kondisi alamiah seperti kedalaman perairan, aspek keruangan (Coremap CTI, 2014). Gambar 5 merupakan penjelasan mengenai metode *Stop and Go* ;



- Keterangan :
-  : Jalur Pindah Pengamatan
  -  : Titik Pengamatan
  -  : Bagian Hasil Pengamatan

Gambar 5. Metode *Stop and Go* (PERKA BIG, 2014)

Hasil *stop and go* yang telah dilakukan, dijadikan data perbandingan dengan data citra satelit yang telah diolah untuk peta sebaran terumbu karang di perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil. Nilai dari hasil perbandingan



tersebut dijadikan sebagai acuan tingkat keakuratan peta terumbu karang yang dibuat. Dalam proses perbandingan ini menggunakan matriks kesalahan (*error matrix*). Menurut PERKA BIG (2014) minimal kesalahan interpretasi peta yaitu 30% yang berarti minimal keakuratan peta sebesar 70%.

### 3.3.3 Pengukuran Parameter Kualitas Perairan

Pengukuran parameter kualitas perairan dibagi menjadi dua yaitu parameter fisika dan kimia. Parameter fisika yaitu suhu dan kecepatan arus. Parameter kimia terdiri dari salinitas, pH dan DO. Pengukuran seluruh parameter kualitas perairan dilakukan secara *in-situ* atau pengukuran langsung di lapang dengan pengulangan sebanyak tiga kali.

### 3.3.4 Pengolahan Data Anomali SPL dan *Coral Bleaching Alert Area Stress Level*

Tahap awal dalam pengolahan data anomali suhu permukaan laut adalah pengumpulan data anomali suhu permukaan laut dari NOAA yang *download* dari *website* [noaa.coralreefwatch.noaa.gov](http://noaa.coralreefwatch.noaa.gov) mulai dari bulan Januari 2010 hingga bulan Desember 2016. Proses selanjutnya dilakukan perhitungan anomali suhu permukaan laut dalam Microsoft Excel 2010. Nilai *coral bleaching alert area stress level* diolah untuk mengetahui tingkat tekanan yang terjadi pada karang. Nilai tersebut didapatkan dari pengumpulan data yang *download* dari *website* [coralreefwatch.noaa.gov](http://coralreefwatch.noaa.gov) yang selanjutnya akan diolah menggunakan aplikasi *CoastWatch Master Tool*, maka didapatkan nilai *coral bleaching alert area stress level*.

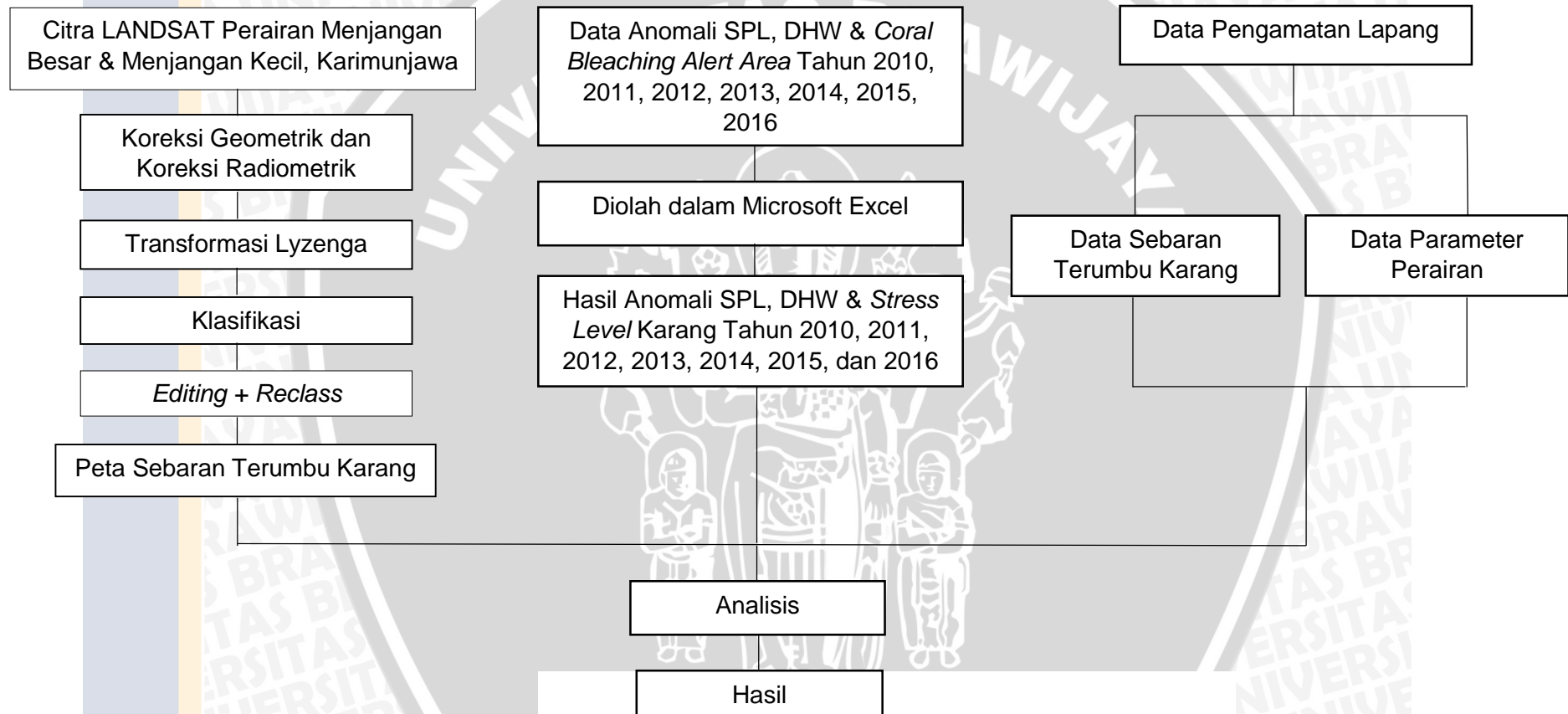
## 3.4 Skema Kerja

Skema kerja dalam penelitian ini dimulai dari *download* citra satelit Landsat 7 untuk tahun 2010, 2011 dan 2012, Landsat 8 untuk tahun 2013, 2014, 2015 dan 2016, citra tersebut diolah dengan koreksi geometrik untuk mengoreksi citra dari



kesalahan interpretasi koordinat, sedangkan koreksi radiometrik untuk mengoreksi kesalahan perekaman dari gangguan atmosfer. Proses selanjutnya citra diproses dengan menggunakan algoritma Lyzenga 1981. Data tersebut kemudian dilakukan tahap klasifikasi yang sesuai dengan RSNi tahun 2011 untuk meringkas kelas pada data pengolahan citra satelit Landsat. Tingkat keakuratan peta dan pencarian luasan peta dilakukan dengan uji akurasi yang nantinya di transformasi ke dalam format *vector*. Skema di lapangan, data diambil dengan menggunakan metode “*Stop and Go*” yang dapat menjadi sebuah acuan untuk uji akurasi peta, selanjutnya dilakukan pengukuran dan pengamatan parameter di lokasi penelitian dan dilakukan pemantauan untuk faktor-faktor perubahan luasan terumbu karang.

Proses pengolahan data tersaji pada gambar 6 yang merupakan diagram alir dari skema kerja penelitian mengenai perubahan luasan terumbu karang di perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil Taman Nasional Karimunjawa. Tahap awal adalah proses pengolahan peta dari citra satelit Landsat 7 dan Landsat 8. Tahap kedua adalah uji akurasi dan groundcheck. Tahap ketiga adalah pengolahan data anomali suhu permukaan laut, pengolahan data *degree heating week* (DHW), dan pengolahan data *coral bleaching alert area stress level*. Pengolahan data tersebut dilakukan pada *software* yang sudah ditentukan, kemudian dianalisis dan didapatkan hasil.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian Skripsi



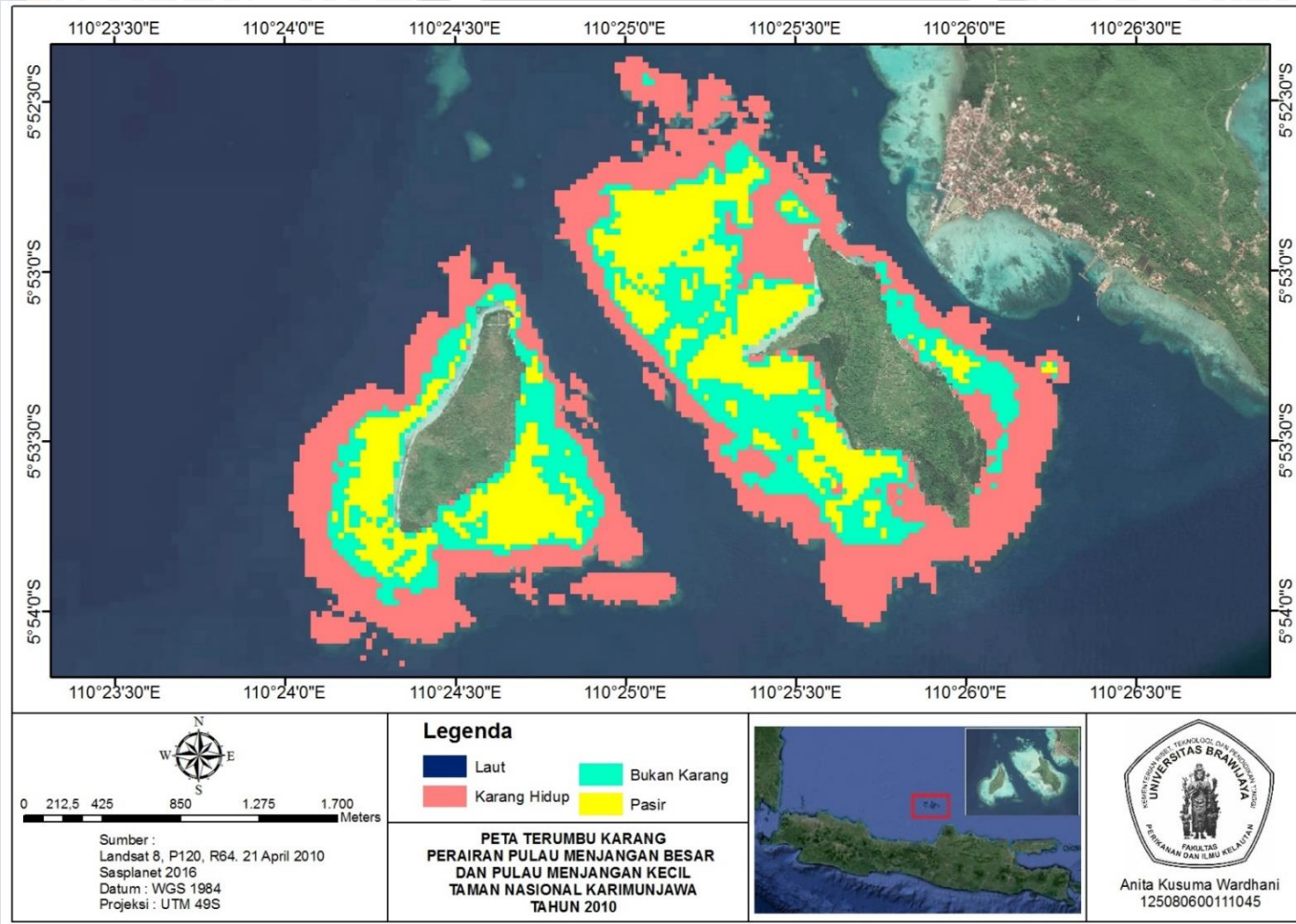
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

Hasil dari penelitian ini meliputi peta dan data angka hasil luasan terumbu karang yang dilakukan di software ArcGIS 10.2, hasil uji akurasi peta dengan perhitungan luasan terumbu karang dengan citra satelit Landsat pada bulan Agustus tahun 2016 dengan perhitungan sesuai peraturan ketua Badan Informasi dan Geospasial No.8 tahun 2014, hasil dari pengukuran parameter lingkungan, yang dilakukan di perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil, data anomali suhu permukaan laut, mulai Januari 2010 hingga Oktober 2016 yang diperoleh dari ERRST, data coral bleaching alert area stress level mulai dari bulan Januari 2010 hingga Oktober 2016 dan grafik korelasi antara anomali suhu permukaan laut dengan *coral bleaching alert area stress level*.

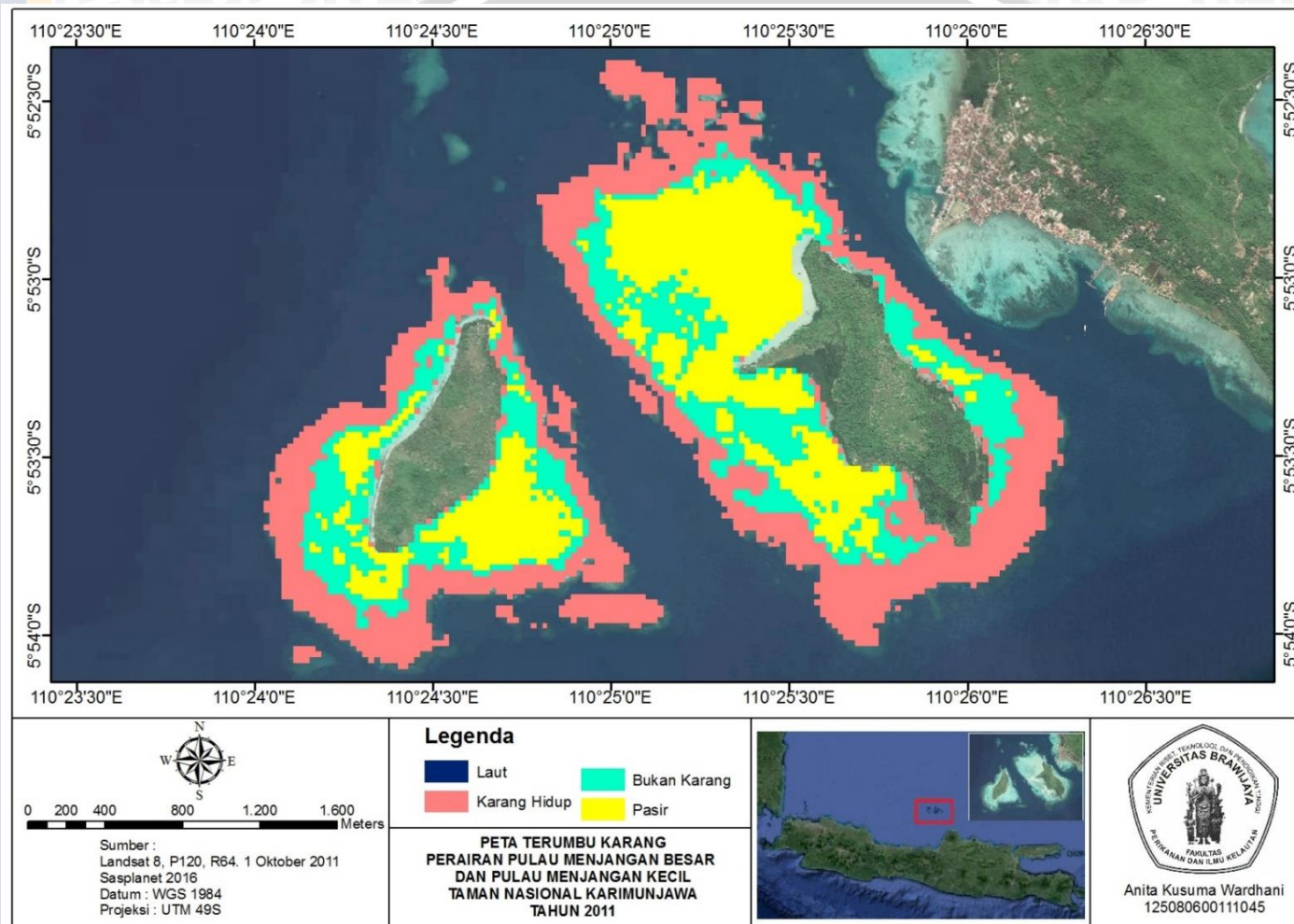
#### 4.1.1 Pengolahan Data Citra Satelit Landsat

Pengolahan data citra satelit Landsat didapatkan hasil berupa peta luasan terumbu karang perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil. Dengan menggunakan koreksi kolom air Lyzenga 1981, gambar 7, 8, dan gambar 9 merupakan peta luasan terumbu karang dengan citra satelit Landsat 7, sedangkan Gambar 10, 11, 12 dan 13, merupakan peta luasan terumbu karang dengan citra satelit Landsat 8. Berdasarkan Badan Standarisasi Nasional Indonesia tentang Pemetaan Habitat Perairan Laut Dangkal (2011), warna merah muda adalah karang hidup, warna cyan adalah bukan karang dan warna kuning adalah pasir.

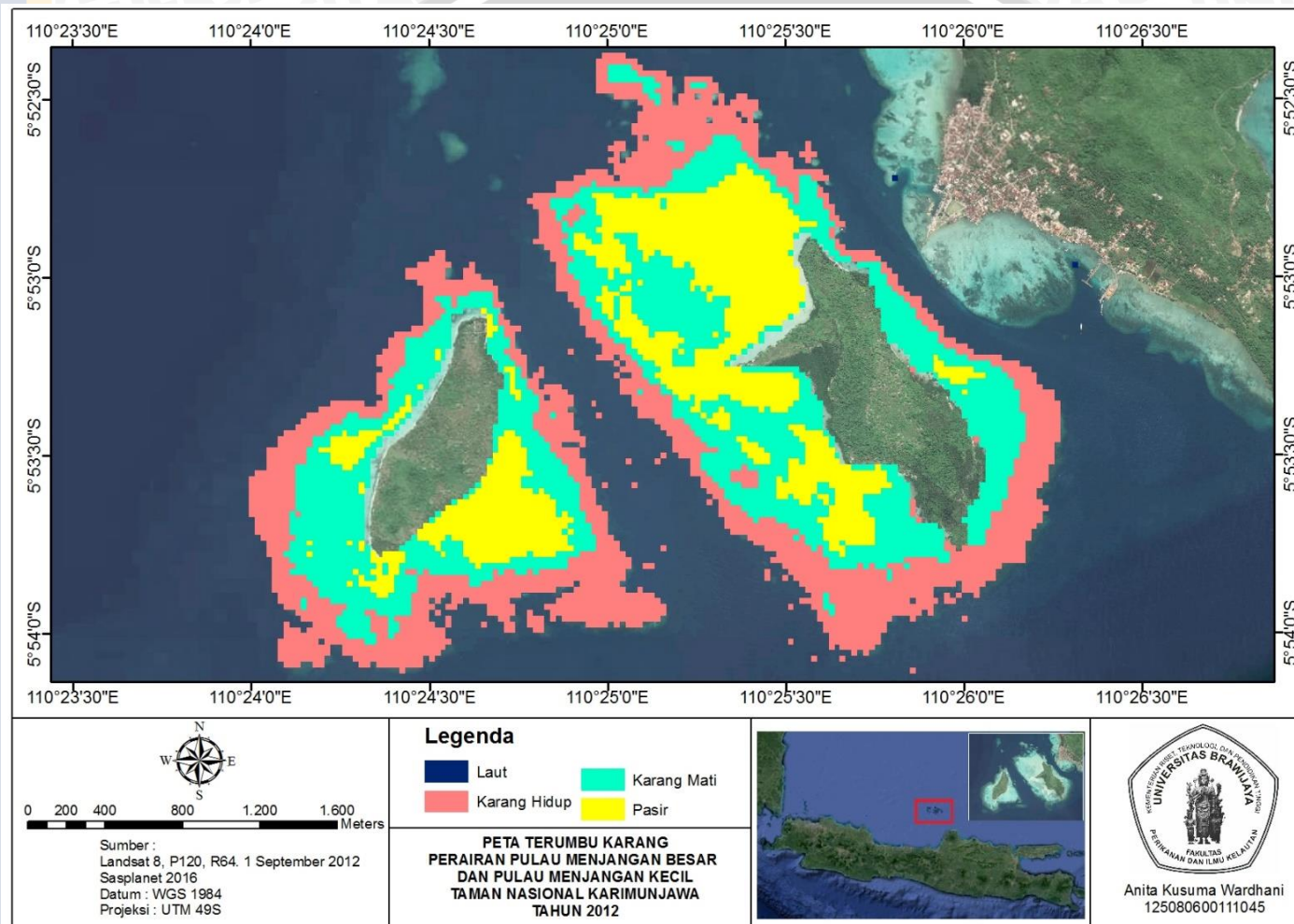


Gambar 7. Peta Sebaran Terumbu Karang Tahun 2010



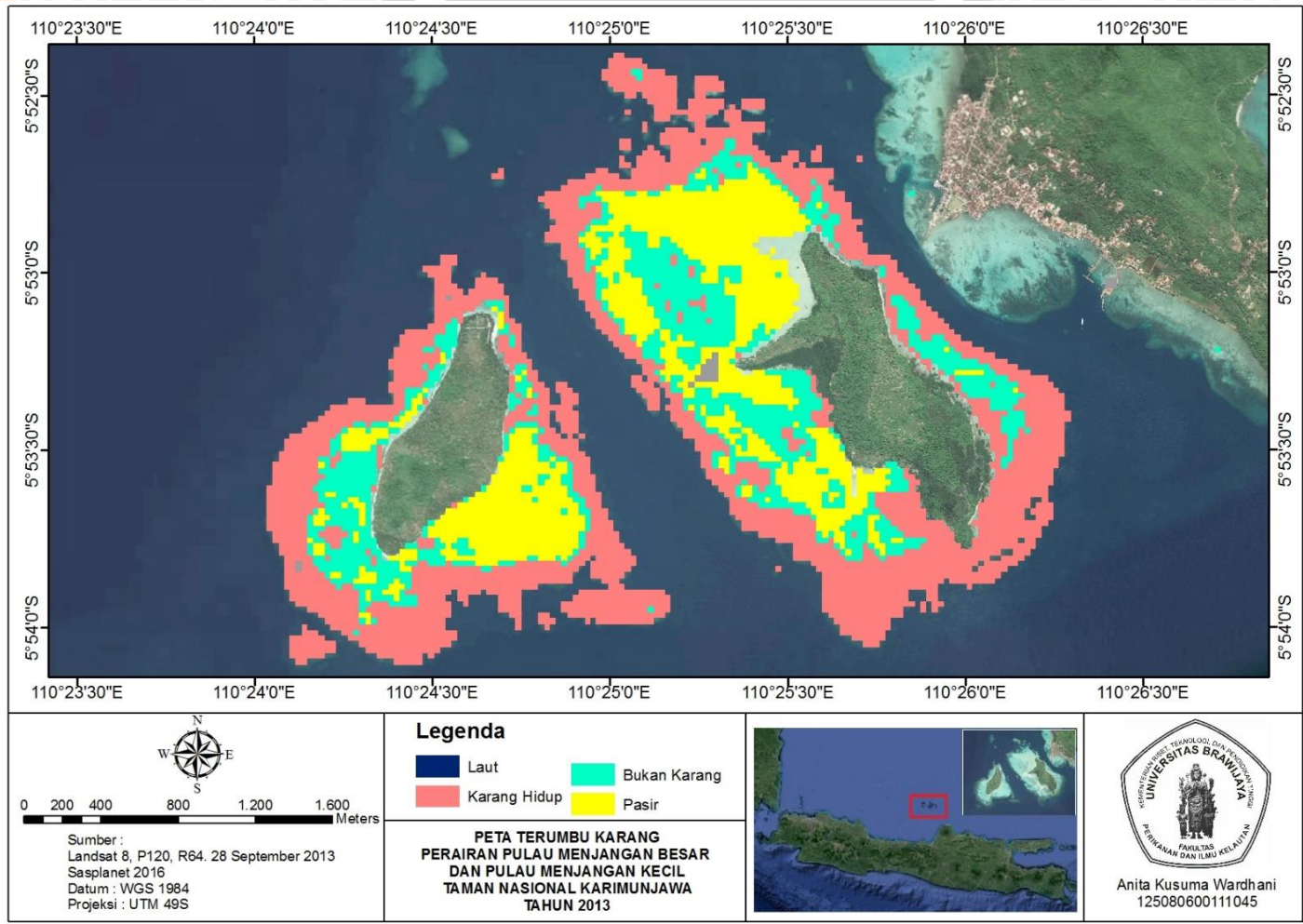


Gambar 8. Peta Sebaran Terumbu Karang Tahun 2011

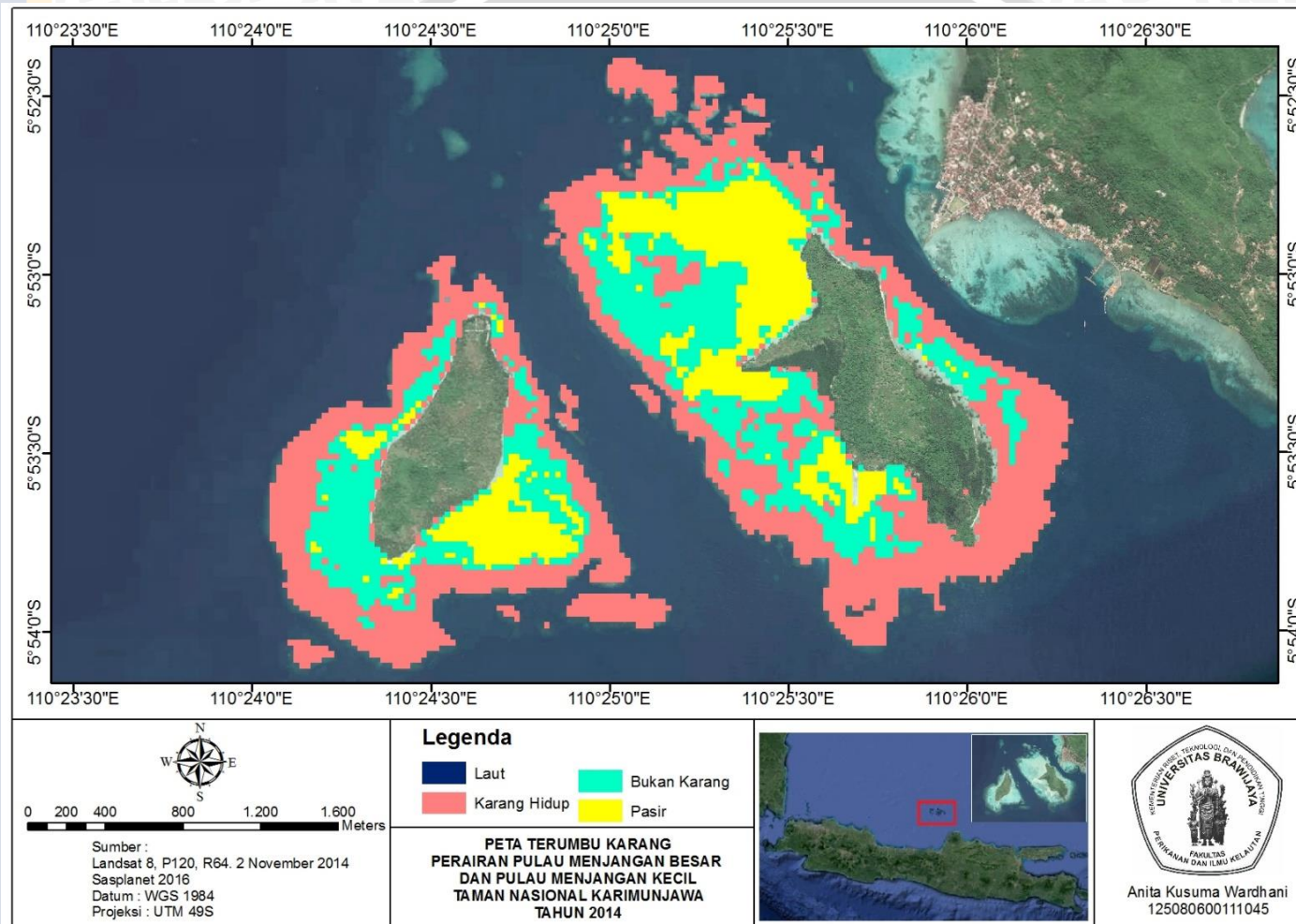


Gambar 9. Peta Sebaran Terumbu Karang Tahun 2012



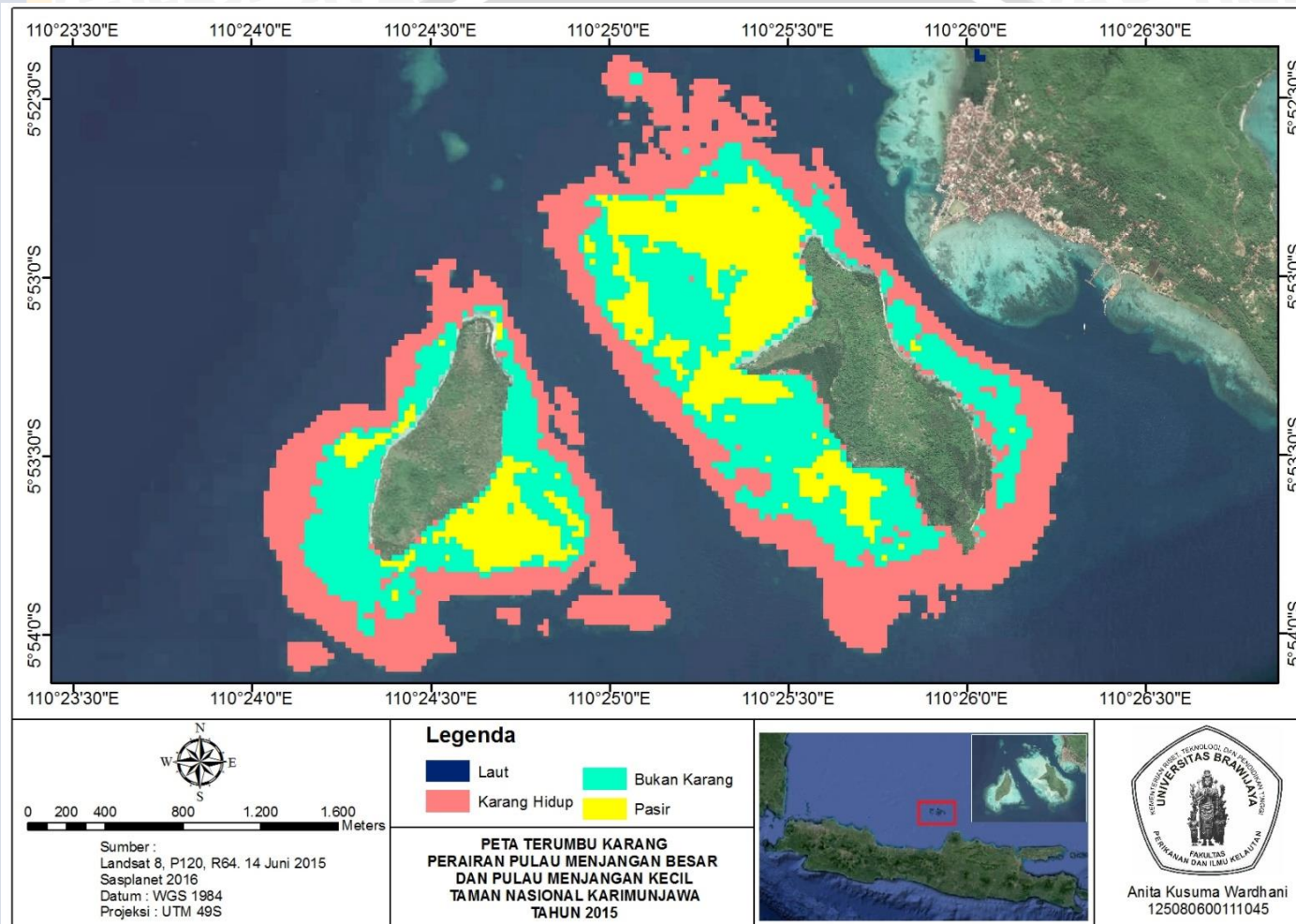


Gambar 10. Peta Sebaran Terumbu Karang Tahun 2013

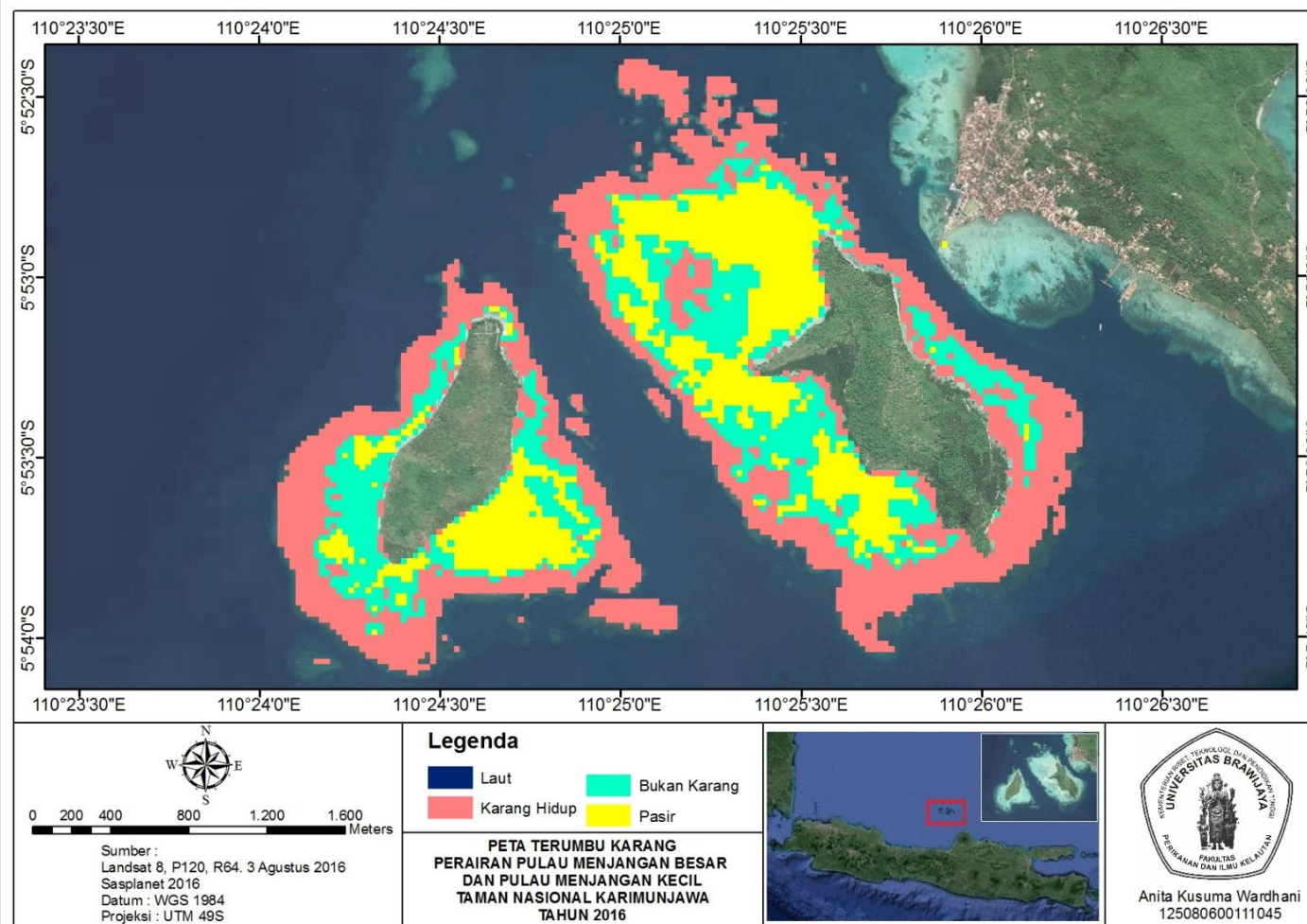


Gambar 11. Peta Sebaran Terumbu Karang Tahun 2014





Gambar 12. Peta Sebaran Terumbu Karang Tahun 2015



Gambar 13. Peta Sebaran Terumbu Karang Tahun 2016



#### 4.1.2 Perubahan Luasan Tutupan Karang

Perhitungan luasan tutupan karang di perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil tahun 2010 hingga tahun 2016 dengan *calculate geometric* pada *software* ArcGIS 10.2 ditampilkan pada Tabel 6 :

Tabel 6. Data Perkiraan Luasan Tutupan Karang Tahun 2010 – 2016

Tahun	Karang Hidup (ha)	Bukan Karang (ha)	Pasir (ha)	Total Luasan (ha)
2010	259	133	130	522
2011	221	120	151	492
2012	218	190	130	538
2013	243	129	127	499
2014	247	135	93	475
2015	245	175	102	522
2016	225	118	119	462

Perubahan luasan tutupan karang tertera pada Tabel 6, tahun 2010 luasan karang hidup mencapai nilai tertinggi, yaitu sekitar 259 ha, luasan bukan karang 133 ha dan luasan pasir 130 ha. Total luasan dari 3 kategori hasil klasifikasi pada tahun 2010 sebesar 522 ha. Tahun 2011 luasan karang hidup berkurang 38 ha menjadi 221 ha, luasan bukan karang berkurang 13 ha menjadi 120 ha, dan luasan pasir bertambah 21 ha menjadi 151 ha. Luasan pasir pada tahun 2011 merupakan luasan pasir dengan nilai tertinggi. Total luasan dari 3 kategori hasil klasifikasi pada tahun 2011 sebesar 492 ha.

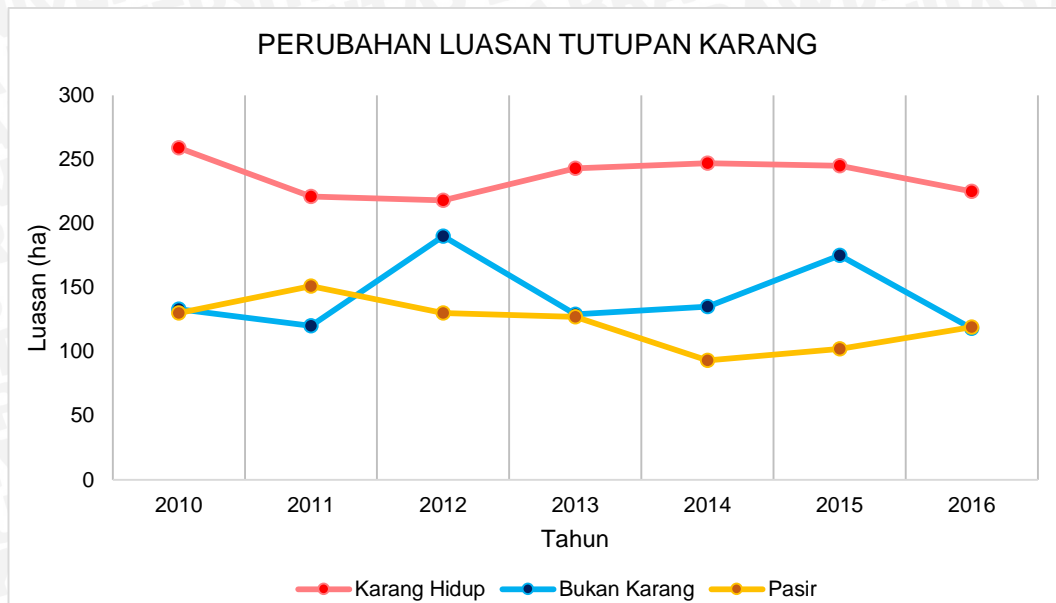
Tahun 2012 luasan karang hidup ini berkurang sekitar 3 ha menjadi 218 ha, luasan karang hidup tersebut merupakan luasan dengan nilai terendah. Luasan bukan karang bertambah drastis sebanyak 70 ha menjadi 190 ha dan luasan pasir berkurang 21 ha menjadi 130 ha. Total luasan dari 3 kategori hasil klasifikasi pada tahun 2012 sebesar 538 ha. Tahun 2013 luasan karang hidup bertambah sekitar 25 ha menjadi 243 ha, luasan bukan karang berkurang drastis sebanyak 61 ha

menjadi 129 ha, dan luasan pasir berkurang 3 ha menjadi 127 ha. Total luasan dari 3 kategori hasil klasifikasi pada tahun 2013 sebesar 499 ha.

Tahun 2014 luasan karang hidup bertambah sekitar 4 ha menjadi 247 ha, luasan bukan karang bertambah 6 ha menjadi 135 ha dan luasan pasir berkurang drastis sekitar 34 ha menjadi 93 ha. Total luasan dari 3 kategori hasil klasifikasi pada tahun 2014 sebesar 475 ha. Tahun 2015 luasan karang hidup berkurang sekitar 2 ha menjadi 245 ha, luasan bukan karang bertambah 40 ha menjadi 175 ha dan luasan pasir bertambah 9 ha menjadi 102 ha. Total luasan dari 3 kategori hasil klasifikasi pada tahun 2015 sebesar 522 ha. Tahun 2016 luasan karang hidup berkurang sekitar 20 ha menjadi 225 ha, luasan bukan karang berkurang 57 ha menjadi 118 ha, luasan tersebut merupakan luasan bukan karang dengan nilai terendah dan luasan pasir bertambah 17 ha menjadi 119 ha. Total luasan dari 3 kategori hasil klasifikasi pada tahun 2016 sebesar 462 ha.

Grafik perubahan luasan tutupan karang mulai tahun 2010 hingga tahun 2016 di perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil ditunjukkan pada Gambar 14, dimana penurunan luasan karang hidup dimulai dari tahun 2011 dan mengalami kenaikan kembali pada tahun 2013 kemudian pada tahun 2015 kembali mengalami penurunan luasan. Namun penurunan luasan terbesar terjadi pada tahun 2012.





Gambar 14. Grafik Perubahan Luasan Terumbu Karang Tahun 2010 – 2016

Luasan bukan karang cenderung mengalami kenaikan dibandingkan dengan penurunan luasan. Kenaikan luasan bukan karang tertinggi terdapat pada tahun 2012, kemudian pada tahun 2015, sedangkan penurunan luasan bukan karang terbesar terjadi pada tahun 2016. Luasan pasir mengalami kenaikan dan penurunan yang cukup stabil. Luasan tertinggi terdapat pada tahun 2011, sedangkan luasan pasir terendah terdapat pada tahun 2014.

#### 4.1.3 Uji Akurasi Peta

Uji akurasi peta luasan tutupan karang pada bulan Agustus tahun 2016 dengan menggunakan citra satelit Landsat ditunjukkan pada Tabel 7 dengan perhitungan sesuai peraturan ketua Badan Informasi dan Geospasial No.8 tahun 2014. Berdasarkan uji akurasi yang telah dilakukan, didapatkan nilai akurasi total sebesar 72,89% dari hasil observasi pada perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil. Hal ini menunjukkan bahwa satelit Landsat cukup baik untuk digunakan dalam menganalisis luasan terumbu karang.

Tabel 7. Hasil Uji Akurasi Pemetaan Terumbu Karang

Kelas	Karang Hidup	Bukan Karang	Pasir	Kelas Benar	Total	Komisi	Ketelitian Produsen
Karang Hidup	<b>21</b>	4	5		30	30	70
Bukan Karang	4	<b>19</b>	7		30	36,67	63,33
Pasir	1	4	<b>25</b>		30	16,67	83,33
				<b>65</b>			
Total	26	27	37		<b>90</b>		
Omisi	19,24	29,63	32,44				
Ketelitian Pengguna	80,76	70,37	67,56				<b>72,89</b>

#### 4.1.4 Pengukuran Parameter Lingkungan

Hasil dari pengukuran parameter lingkungan, yang dilakukan di perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil dapat dilihat pada Tabel 8 :

Tabel 8. Hasil Pengambilan Parameter Perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil

Stasiun	Parameter			
	Suhu (°C)	Sainitas (ppt)	DO (mg/l)	pH
Stasiun 1	29	32	6,7	8,2
Stasiun 2	28	34,6	6,4	8,1
Stasiun 3	29	34	6,9	8,1
Stasiun 4	31	34	7,9	8,2
Stasiun 5	28	30	6,8	8,0
Stasiun 6	29	30	7,1	8,1

Pengukuran parameter lingkungan pada perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil tertera pada Tabel 8. Hasil suhu tertinggi pada stasiun 4 sebesar 31°C, suhu terendah pada stasiun 2 dan 5 sebesar 28°C. Salinitas tertinggi terdapat pada stasiun 2 sebesar 34,6 ppt, salinitas terendah terdapat pada stasiun 5 dan 6 sebesar 30 ppt. DO tertinggi terdapat pada stasiun 4 sebesar 7,9 mg/l, DO terendah terdapat pada stasiun 2 sebesar 6,4 mg/l. pH tertinggi



terdapat pada stasiun 1 dan stasiun 4 sebesar 8,2, pH terendah terdapat pada stasiun 5 sebesar 8,0.

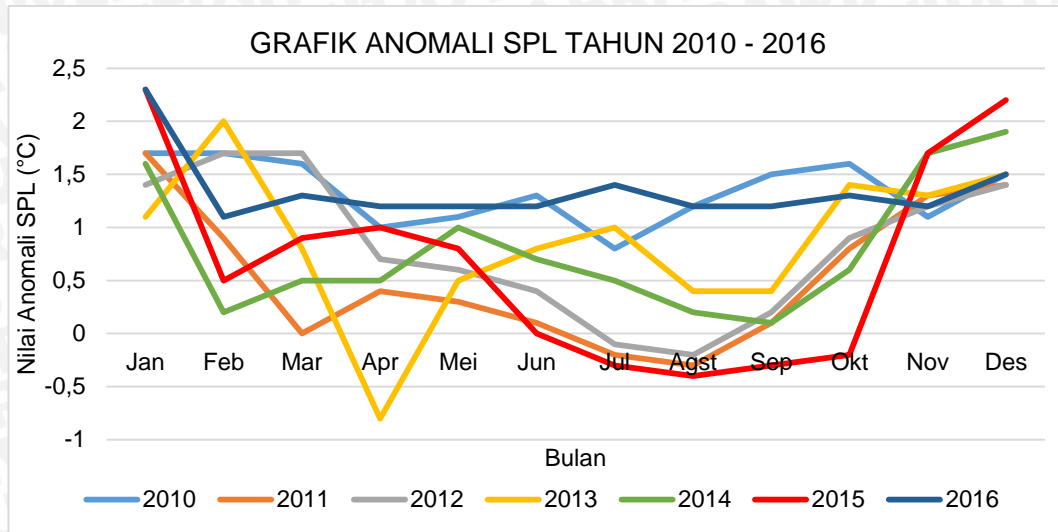
#### 4.1.5 Hasil Anomali Suhu Permukaan Laut

Pengolahan data anomali suhu permukaan laut, mulai Januari 2010 hingga Desember 2016 berdasarkan data yang diperoleh dari NOAA *Coral Reef Watch* (2016), dapat dilihat pada Tabel 9 :

Tabel 9. Nilai Anomali Suhu Permukaan Laut

Bulan / Tahun	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Jan	1,7	1,7	1,4	1,1	1,6	2,3	2,3
Feb	1,7	0,9	1,7	2	0,2	0,5	1,1
Mar	1,6	0	1,7	0,8	0,5	0,9	1,3
Apr	1	0,4	0,7	-0,8	0,5	1	1,2
Mei	1,1	0,3	0,6	0,5	1	0,8	1,2
Jun	1,3	0,1	0,4	0,8	0,7	0	1,2
Jul	0,8	-0,2	-0,1	1	0,5	-0,3	1,4
Agst	1,2	-0,3	-0,2	0,4	0,2	-0,4	1,2
Sep	1,5	0,1	0,2	0,4	0,1	-0,3	1,2
Okt	1,6	0,8	0,9	1,4	0,6	-0,2	1,3
Nov	1,1	1,3	1,2	1,3	1,7	1,7	1,2
Des	1,5	1,4	1,4	1,5	1,9	2,2	1,5
Rata - Rata	1,3	0,5	0,8	0,9	0,8	0,7	1,3

Nilai rata-rata anomali suhu permukaan laut tertinggi di perairan Menjangan Besar dan Menjangan Kecil, Taman Nasional Karimunjawa tertera pada Tabel 9 terdapat pada tahun 2010 dan tahun 2016 sebesar 1,3°C, sedangkan nilai rata-rata anomali suhu permukaan laut terendah terdapat pada tahun 2011 sebesar 0,5°C. Grafik anomali suhu permukaan laut tahun 2010 hingga tahun 2016 dapat dilihat pada Gambar 15 :



Gambar 15. Grafik Anomali SPL Tahun 2010 – 2016

Anomali suhu permukaan laut pada Gambar 15, nilai tertinggi terdapat pada tahun 2015 yang ditunjukkan dengan garis warna merah dan tahun 2016 yang ditunjukkan dengan garis warna biru tua. Bulan Januari anomali suhu permukaan laut bernilai 2,3°C, sedangkan anomali suhu permukaan laut terendah terdapat pada tahun 2013 pada bulan April dengan nilai -0,8°C yang ditunjukkan dengan garis warna kuning.

#### 4.1.6 Hasil Degree Heating Week (DHW)

Pengolahan data *degree heating week* mulai Januari 2010 hingga Desember 2016 berdasarkan data yang diperoleh dari NOAA *Coral Reef Watch* (2016), dapat dilihat pada Tabel 10 :

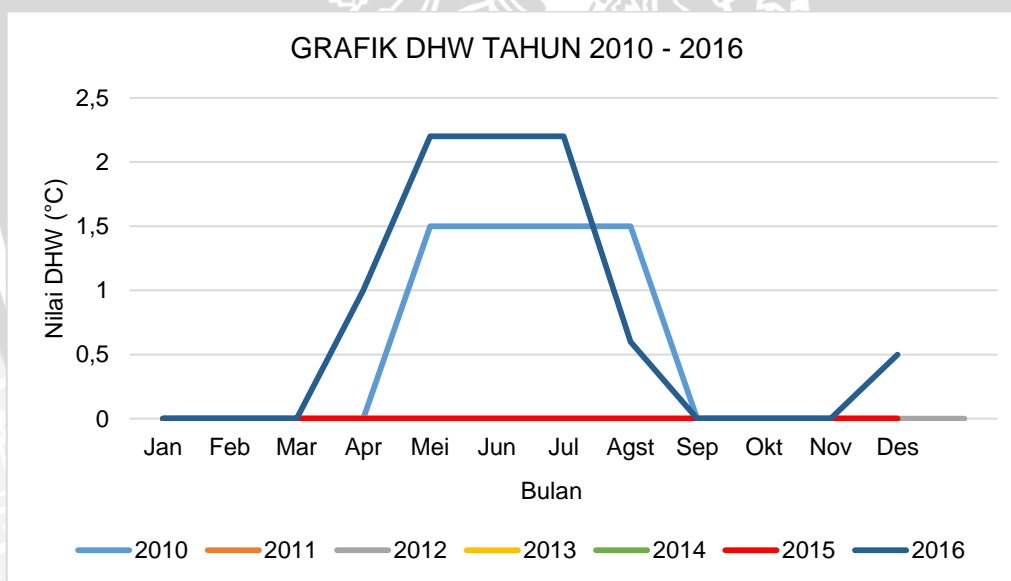
Tabel 10. Nilai Degree Heating Week

Bulan / Tahun	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Jan	0	0	0	0	0	0	0
Feb	0	0	0	0	0	0	0
Mar	0	0	0	0	0	0	0
Apr	0	0	0	0	0	0	1
Mei	1,5	0	0	0	0	0	2,2
Jun	1,5	0	0	0	0	0	2,2
Jul	1,5	0	0	0	0	0	2,2



Bulan / Tahun	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Agst	1,5	0	0	0	0	0	0,6
Sep	0	0	0	0	0	0	0
Okt	0	0	0	0	0	0	0
Nov	0	0	0	0	0	0	0
Des	0	0	0	0	0	0	0,5
Rata - Rata	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7

Perairan Menjangan Besar dan Menjangan Kecil, Taman Nasional Karimunjawa dapat diketahui nilai rata-rata *degree heating week* tertinggi terdapat pada tahun 2016 sebesar 0,7°C, sedangkan nilai rata-rata *degree heating week* terendah terdapat pada tahun 2011, 2012, 2013, 2014 dan 2015 sebesar 0,0°C. Gambar 17 merupakan hasil grafik dari *degree heating week* (DHW) tahun 2010 - 2016 :



Gambar 16. Grafik DHW Tahun 2010 – 2016

Pada gambar 17 dapat diketahui bahwa nilai *degree heating week* (DHW) memiliki hasil yang cukup tinggi pada tahun 2016 dan nilai tinggi kedua pada tahun 2010. Hasil yang tidak terlalu terlihat berbeda terdapat pada tahun 2011 hingga tahun 2015 nilai DHW rendah dan stabil dengan nilai DHW sebesar 0.

#### 4.1.7 Hasil Coral Bleaching Alert Area Stress Level

Pengolahan *coral bleaching alert area stress level* mulai dari bulan Januari 2010 hingga Oktober 2016 dapat dilihat pada Tabel 11 :

Tabel 11. Nilai Coral Bleaching Alert Area Stress Level

Bulan / Tahun	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Jan	0	0	0	1	0	1	1
Feb	0	0	1	1	0	1	1
Mar	1	0	1	1	0	1	2
Apr	1	0	1	1	1	0	3
Mei	1	0	1	1	1	1	3
Jun	1	0	0	1	1	0	1
Jul	0	0	0	1	0	0	0
Agst	0	0	0	0	1	0	1
Sep	0	0	0	0	0	0	1
Okt	1	0	0	1	0	0	-
Nov	0	0	1	1	1	1	-
Des	0	0	1	0	1	1	-
Rata - Rata	0.4	0	0.5	0.8	0.5	0.5	1.4

Nilai *coral bleaching alert area stress level* pada Tabel 12 diketahui nilai tertinggi terdapat pada tahun 2016 sebesar 1.4, sedangkan nilai *coral bleaching alert area stress level* terendah terdapat pada tahun 2011 sebesar 0. Nilai kategori tekanan pemutihan karang (*Bleaching Alert*) dapat diketahui dari Tabel 12 sebagai berikut ini :

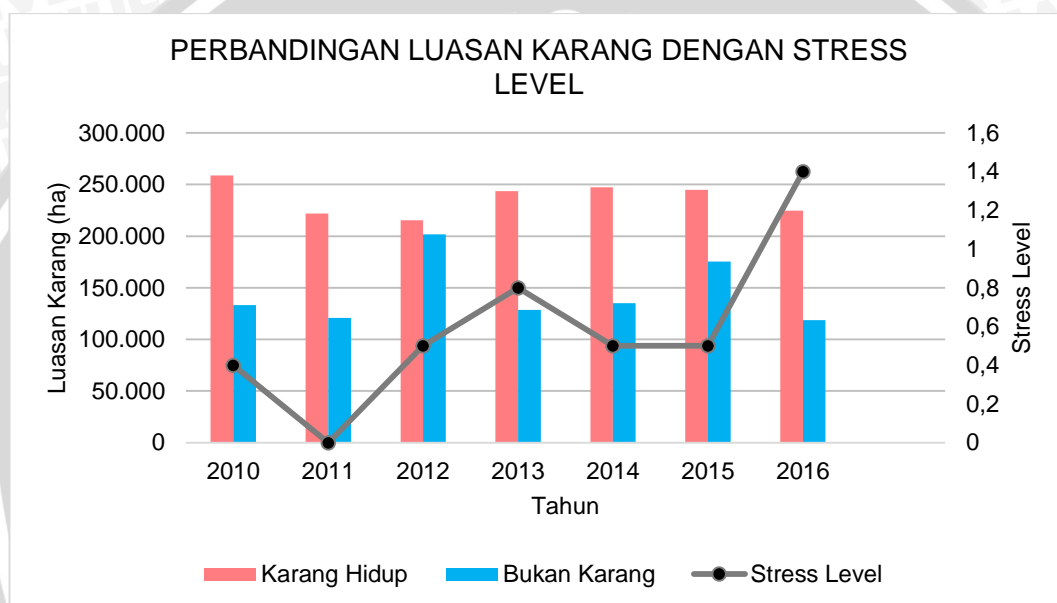
Tabel 12. Kriteria Penilaian Status Karang (NOAA, 2016)

Tingkat Tekanan	Definisi	Intensitas Pemutihan Karang
0	No Stress	Tidak terjadi tekanan pada karang
1	Watch	Tidak terdapat tanda pemutihan karang
2	Warning	Kemungkinan terjadi pemutihan karang
3	Alert Level 1	Terjadi pemutihan karang
4	Alert Level 2	Terjadi kematian pada karang

Berdasarkan kriteria penilaian status karang pada Tabel 13 dapat diketahui bahwa nilai *coral bleaching alert area stress level* perairan Pulau Menjangan Besar



dan Pulau Menjangan Kecil masih dalam tingkat tekanan 0 dan tingkat tekanan 1. Gambar 18 berikut ini merupakan grafik perbandingan luasan karang hidup dan bukan karang dengan nilai *stress level* mulai tahun 2010 hingga tahun 2016. Diketahui pada Gambar 18, tahun 2011 luasan karang hidup menurun dengan nilai *coral bleaching alert area stress level* yang rendah, sedangkan pada tahun 2016 luasan karang hidup tinggi dengan nilai *coral bleaching alert area stress level* yang tinggi pula.



Gambar 17. Grafik Luasan Terumbu Karang dengan *Stress Level*

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Analisa Perubahan Luasan Tutupan Karang

#### 4.2.1.1 Faktor Potensial *Increase* dan *Decrease* Ekosistem Karang

Berdasarkan hasil pengamatan di lapang, didapatkan hasil bahwa beberapa faktor *decrease* yang terjadi di lokasi penelitian mempengaruhi keberlangsungan kehidupan karang. Aktifitas pariwisata, pemanasan global serta kurang lengkapnya ekosistem pendukung terumbu karang di wilayah penelitian merupakan faktor yang secara kasat mata terlihat dan mempengaruhi secara langsung karang di lokasi penelitian. Aktifitas pariwisata menjadi salah satu faktor

yang mempengaruhi keberadaan terumbu karang di lokasi penelitian, dapat dilihat dari grafik kunjungan wisatawan dimana tahun 2012 menunjukkan peningkatan yang cukup tinggi dan berbanding lurus dengan penurunan nilai karang hidup (Grafik Lampiran 2 dan Gambar 14). Menurut Santoso dan Kardono (2008), faktor potensial yang menyebabkan rusaknya karang secara umum di Indonesia diakibatkan oleh beberapa faktor, berikut merupakan faktor-faktor beserta penjelasannya:

### 1. Aktifitas Daratan

Beberapa aktifitas daratan yang merusak ekosistem terumbu karang antara lain, pemasukan nutrisi atau bahan pencemar ke laut yang melebihi ambang batas, intensifikasi pertanian di DAS hulu, akan meningkatkan laju erosi tanah dan sedimentasi ke laut, sedimentasi karena pengundulan hutan, tumpahan minyak serta buangan dari kapal atau industri di sekitar pantai, kegiatan pembangunan di pesisir seperti kegiatan reklamasi, power plant, dll.

### 2. Praktek Penangkapan Ikan yang Merusak

Peningkatan penangkapan ikan pemakan alga akan menyebabkan konsentrasi alga di sekitar atau di permukaan karang menjadi tinggi. Hal ini akan mengakibatkan gangguan pada proses fotosintesis dari karang. Penggunaan bahan berbahaya atau beracun untuk menangkap ikan seperti *cyanide* dan racun juga dapat merusak karang dalam skala yang luas.

### 3. Wisata Bahari yang Merusak

Aktivitas wisata bahari juga dapat berpotensi merusak ekosistem karang. Aktivitas tersebut seperti menyelam atau *snorkeling* juga memberikan kontribusi terhadap laju kerusakan akibat terinjak penyelam pemula. Aktivitas lain seperti kapal wisata yang berperan sebagai akomodasi dalam kegiatan menyelam dan

snorkeling juga dapat merusak bila penurunan jangkar tidak dengan cara yang tepat atau mengenai karang.

#### 4. Tidak ada Ekosistem Mangrove

Keberadaan ekosistem mangrove efektif terhadap penyerapan sedimen tanah. Tidak adanya ekosistem mangrove, dapat menimbulkan potensi proses sedimentasi yang tinggi. Sedimentasi akan menutupi permukaan karang sehingga karang sulit mendapatkan cahaya untuk proses fotosintesis dan dapat menimbulkan kematian pada karang.

Sodium sianida telah digunakan di Filipina untuk mengumpulkan ikan laut tropis untuk akuarium dan makanan perdagangan sejak awal 1960-an. Sianida adalah metode cepat untuk setrum dan mengumpulkan ikan. Praktek ini merusak terumbu karang *ireversibel*. Sebagian besar negara sianida adalah ilegal, tetapi sebagian besar negara-negara ekspor dan impor tidak memiliki uji dan sertifikat sistem. Sianida yang digunakan untuk penangkapan ikan tentunya berpengaruh terhadap potensi kerusakan karang (Mak *et. al*, 2005).

Australia Great Barrier Reef (GBR) adalah salah satu keajaiban alam luar biasa, tetapi rentan terhadap perubahan iklim. Efek dari tiga dekade meningkatkan *stress* panas pada organisme karang. Di masa lampau, kenaikan suhu yang diramalkan saat musim panas merangsang ketahanan organisme karang dan ketahanan terhadap stres termal. Hasilnya telah terjadi peningkatan pemutihan dan kematian pada karang; terutama paling ekstrim terjadi selama 2016 disebabkan fenomena El Nino (Ainsworth, *et. al*, 2016).

Kegiatan *over-fishing* atau *over-exploitation* di wilayah penelitian sudah dihentikan dan hampir tidak ditemukan. Kegiatan penangkapan ikan dengan bahan berbahaya seperti sianida, racun atau bom tidak dilakukan pada wilayah penelitian. Lokasi penelitian hanya terdapat ekosistem karang tanpa adanya



ekosistem yang lain memiliki dampak yang cukup terasa dimana tidak adanya ekosistem seperti mangrove dan ekosistem lamun yang sedikit membuat karang tidak memiliki penyaring alami logam berat dan sedimen yang terbawa dari daratan.

Pemutihan karang atau *coral bleaching* pada wilayah penelitian masih dalam kondisi yang tidak mengkhawatirkan. Hal ini berdasarkan data DHW pada wilayah Menjangan Besar dan Menjangan Kecil, Taman Nasional Karimunjawa masih dalam angka yang aman dengan *range* nilai 0-2. Faktor *decrease* ini tidak memiliki pengaruh yang cukup berarti dengan hasil penurunan luasan karang yang signifikan pada tahun 2012 yang mencapai 218 ha. Faktor lain dari diluar ekologi diduga dapat mempengaruhi luasan karang pada hasil penelitian ini.

Hasil pengamatan di lapang, diketahui bahwa tindakan pencegahan yang termasuk dalam faktor *increase* pernah dilakukan oleh pihak pengelola pada akhir tahun 2015 hingga awal tahun 2016 dalam bentuk transplantasi karang secara bertahap namun dengan target yang merata. Menurut Santoso dan Kardono (2008), teknologi transplantasi memiliki beberapa cara diantaranya:

#### 1. Terumbu Karang Buatan

Metode sederhana ini adalah dengan menenggelamkan struktur bangunan di dasar laut agar dapat berfungsi seperti terumbu karang alami sebagai tempat berlindung ikan. Jangka waktu tertentu, struktur yang dibuat dengan berbagai bahan seperti struktur beton berbentuk kubah dan piramida, selanjutnya membantu tumbuhnya terumbu karang alami di lokasi tersebut. Fungsinya sebagai tempat ikan mencari makan, serta tempat memijah dan berkembang biak berbagai biota laut dapat terwujud.

## 2. Pencangkakan

Metode ini dikenal dengan transplantasi. Metode ini digunakan dengan cara memotong karang hidup, lalu ditanam di tempat lain yang mengalami kerusakan diharapkan dapat mempercepat regenerasi terumbu karang yang telah rusak dan dapat pula dipakai untuk membangun daerah terumbu karang baru yang sebelumnya tidak ada. Hal tersebut diperkirakan karena spesies-spesies tersebut memiliki cabang yang kecil dan mudah rapuh.

## 3. *Mineral Accretion*

Metode ini dikembangkan oleh Thomas J. Goreau and Wolf Hilbertz seorang ahli biologi dari AS. Mereka mengkaitkan terumbu karang pada bronjong-bronjong kawat baja yang dialiri listrik DC (*direct current*) dengan *voltage* rendah. Aliran listrik yang mengalir melalui kawat baja tersebut diharapkan dapat merangsang percepatan pertumbuhan karang. Hasil dari transplantasi model ini ternyata lebih cepat 3-5 kali dibanding cara transplantasi cara biasa.

Perairan pantai Malalayang di wilayah perairan Teluk Manado memiliki terumbu karang yang potensial dikembangkan, namun di sekitar perairan tersebut terancam akibat aktivitas manusia seperti reklamasi dan kegiatan wisata pantai. Ancaman degradasi keanekaragaman hayati ekosistem terumbu karang memerlukan perhatian guna kelestarian sumberdaya yang ada. Langkah konservasi seperti penetapan daerah perlindungan laut maupun restorasi/rehabilitasi ekosistem saat ini menjadi tantangan tersendiri dalam upaya pelestarian sumberdaya. Rehabilitasi dan restorasi biologis pada ekosistem terumbu karang berupa transplantasi hewan karang secara langsung dapat meningkatkan dan memulihkan terumbu yang terdegradasi (Kambey, 2013).

Tindakan pencegahan yang dilakukan pada lokasi penelitian hanya dengan metode pencangkakan atau transplantasi. Tindakan pencegahan dengan metode



terumbu karang buatan dan *mineral accretion* belum diterapkan pada lokasi penelitian. Hal ini tidak berarti besar dengan hasil kenaikan luasan tutupan karang yang signifikan pada tahun 2013 yang mencapai 243 ha karena pertumbuhan karang setiap tahunnya tidak bisa cepat. Faktor lain dari diluar ekologi diduga dapat mempengaruhi luasan karang pada hasil penelitian ini.

#### 4.2.1.2 Faktor *Error* Satelit

Luasan karang hidup tertinggi pada penelitian ini berada di tahun 2010, dan luasan karang hidup terendah berada di tahun 2012. Perbedaan ini disebabkan oleh hasil pemantulan spektral terumbu karang dalam bentuk kurva spektral yang dipengaruhi oleh cahaya (Helmi, 2011). Pemantulan tersebut dipengaruhi oleh adanya perbedaan musim pada saat pengambilan atau perekaman citra pada tahun 2010 dan 2012. Citra tahun 2010 diambil pada bulan April dan citra tahun 2012 diambil pada bulan September.

Faktor lain yang mempengaruhi nilai luasan tertinggi dan terendah pada penelitian ini adalah *error* satelit dan dominansi penilaian dalam metode *stop and go* dimana satu piksel pada peta sama dengan 30x30 meter dilapang, sebagai contoh apabila 70% dalam piksel tersebut didominasi oleh karang hidup dan 30% bukan karang, maka seluruh bagian dalam satu piksel tersebut dianggap karang hidup semua. Berdasarkan bentuk dari respon spektral, terumbu karang sangat berbeda dengan laut dan pasir pada penelitian ini. *Coral bleaching* atau pemutihan karang mempunyai warna yang lebih terang dimana nilai spektral dari *coral bleaching* adalah  $> 8$ , sedangkan karang hidup mempunyai nilai spektral  $7,5 - \leq 7,6$  dan pasir memiliki nilai spektral  $7,8 - \leq 8,1$  (Siregar, 2010), dimana warna terang akan memantulkan cahaya tinggi yang akan direkam oleh sensor dan *coral bleaching* tergolong dalam kategori klasifikasi bukan karang.



#### 4.2.2 Analisa Terumbu Karang Dengan Anomali Suhu Permukaan Laut

Nilai anomali suhu permukaan laut pada tahun 2010 dan 2016 termasuk dalam anomali suhu positif dengan rata-rata 1,3. Hal ini menunjukkan bahwa suhu permukaan laut perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil lebih hangat 1,3°C dari suhu rata-rata perairan tersebut (Tabel 9). Hal ini disebabkan pada tahun 2010 dan 2016 terjadi fenomena alam yaitu, El-Nino dan La-Nina yang cukup panjang.

Nilai anomali suhu permukaan laut pada tahun 2011 termasuk dalam anomali suhu negatif dengan nilai paling rendah dengan rata-rata 0,5. Hal ini menunjukkan bahwa suhu permukaan laut perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil lebih hangat 0,5°C dari suhu rata-rata perairan tersebut (Tabel 9). Anomali suhu permukaan laut pada tahun 2010 hingga 2016 terjadi karena adanya fenomena alam yang berpengaruh pada wilayah Indonesia, diantaranya :

1. Perubahan Iklim

Perubahan iklim mengakibatkan naiknya suhu permukaan laut dan perubahan kondisi lingkungan yang mempengaruhi terumbu karang. Perubahan suhu yang diluar batas toleransi karang menyebabkan karang menjadi *stress*. Dampak dari *stress* pada karang mempengaruhi pigmentasi karang sehingga karang mengalami pemutihan atau disebut dengan *coral bleaching*. *Bleaching* pada karang yang berkelanjutan dapat membuat karang mengalami kematian (Johannes, 1975).

2. El-Nino dan La-Nina

Fenomena El Nino pada tahun 2015 mencapai tingkat El Nino terkuat pada bulan Juli sebelum memuncak pada bulan Desember 2015 (Acaps, 2016), seperti terlihat pada Gambar 17 karena suhu laut yang meningkat maka alga simbiosis pemberi khas warna yang hidup pada karang mengalami kematian sehingga terjadilah pemutihan karang (*coral bleaching*) (Burke *et al.*, 2012).

La Nina juga dapat mengganggu ekosistem terumbu karang dengan lebatnya intensitas hujan, sehingga salinitas air laut menjadi berkurang. Salinitas mempengaruhi tekanan osmotik dalam tubuh organisme, sehingga organisme tersebut mengeluarkan energi untuk beradaptasi dengan lingkungannya melalui mekanisme osmoregulasi. Namun apabila salinitas tersebut dibawah batas toleransi maka terumbu karang akan *stress* dan mati (Burke *et al.*, 2012).

Berdasarkan data NOAA CPC (2016) (Lampiran 2) menunjukkan bahwa angka berwarna merah merupakan angka anomali suhu pada saat fenomena El-Nino dan angka berwarna biru merupakan angka anomali suhu pada saat fenomena La-Nina. Pada tahun 2010 terjadi fenomena El-Nino dan La-Nina, tahun 2011 hingga awal tahun 2012 terjadi fenomena La-Nina dan pada akhir tahun 2014 hingga pertengahan tahun 2016 terjadi fenomena El-Nino.

#### **4.2.3 Analisa Korelasi DHW dengan *Coral Bleaching Alert Area Stress Level***

Nilai *Degree Heating Week* (DHW) pada wilayah Menjangan Besar dan Menjangan Kecil, Taman Nasional Karimunjawa berkisar antara 0-2°C dari range DHW 0-16°C. Hal ini menunjukkan pada wilayah Menjangan Besar dan Menjangan Kecil, Taman Nasional Karimunjawa tidak terjadi hal yang mengancam atau mengkhawatirkan terhadap karang. Nilai DHW < 8 tergolong aman karena tidak terjadi *coral bleaching* (NOAA Coral Reef Watch, 2016).

Nilai *coral bleaching alert area stress level* adalah suatu acuan sebagai penilaian terhadap tingkat *stress* karang. Tahun 2016 merupakan nilai *stress level*



tertinggi dengan nilai 1,4, nilai *stress level* tertinggi kedua pada tahun 2013 sebesar 0,8 dan nilai *stress level* terendah pada tahun 2011 sebesar 0. Nilai *strees level* pada tahun 2016 dan 2013 termasuk dalam tingkat tekanan 1 yang artinya tidak terdapat tanda pemutihan karang. Nilai *stress level* pada tahun 2011 termasuk dalam tingkat tekanan 0 yang artinya tidak terjadi tekanan pada karang. Kriteria penilaian status karang tersebut dapat dilihat pada (Tabel 13). Nilai *stress level* 1 dan 0 masih tergolong dalam keadaan yang aman bagi ekosistem terumbu karang.

#### 4.2.4 Analisa Terumbu Karang Dengan Aktivitas Manusia

Penurunan luasan terumbu karang di perairan Pulau Menjangan Besar dan Menjangan Kecil didukung dengan adanya aktivitas manusia dalam hal pariwisata dimana Pulau Menjangan Besar dan Menjangan kecil ini menjadi salah satu tujuan utama bagi sebagian besar pengunjung. Kenaikan jumlah pengunjung di Taman Nasional Karimunjawa dapat dilihat pada (Lampiran 2). Data jumlah pengunjung tersebut didapatkan dari Statistik Balai Taman Nasional Karimunjawa.

Pada umumnya sebagian besar pengunjung yang datang melakukan aktivitas yang berkaitan dengan terumbu karang seperti menyelam dan snorkeling. Meningkatnya angka jumlah pengunjung, membuat kenaikan drastis terjadi pada tahun 2012 yang mencapai 25.157 jiwa. Namun di tahun 2013 mengalami penurunan pengunjung menjadi 15.160 jiwa, tahun 2014 mengalami kenaikan menjadi 16.527 jiwa dan pada tahun 2015 mengalami penurunan kembali menjadi 6.816 jiwa, penurunan jumlah pengunjung pada tahun 2015 ini diduga karena seringnya cuaca buruk di perairan utara Laut Jawa,

Melihat kenaikan jumlah pengunjung pada tahun 2012, pada tahun yang sama pula luasan karang hidup di perairan Pulau Menjangan Besar dan Menjangan Kecil mengalami penurunan yang paling besar jika dibandingkan



dengan tahun lainnya dalam *range* penelitian ini, yaitu sebesar 218 ha pada tahun 2012, sebagaimana dalam Tabel 6.

Naiknya jumlah pengunjung yang ke Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil dapat memicu pembangunan untuk sarana prasarana dan perkembangan pariwisata. Menurut Inskeep (1991), pengembangan pariwisata menimbulkan dampak negatif berupa polusi air, polusi pemandangan, polusi suara, polusi udara, masalah dalam pengolahan limbah, penurunan ekologi, bencana lingkungan, kerusakan situs bersejarah dan arkeologi, dan permasalahan tentang tata guna lahan, yang pengaruhnya dapat berdampak pada terumbu karang baik langsung maupun tidak langsung. Perkembangan pariwisata berperan dalam kerusakan terumbu karang, seperti pengambilan terumbu karang yang dimanfaatkan sebagai souvenir dan menginjak atau berjalan diatas terumbu karang (Lestyono, 2010).

Pada penelitian ini ditemukan beberapa aktivitas manusia yang dapat mengganggu ekosistem terumbu karang yang ditemukan di perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada (Lampiran 4).

1. *Spot Snorkeling* atau *Diving*

Sebagai destinasi wisata yang menonjolkan potensi baharinya, perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil memiliki ekosistem terumbu karang yang menarik bagi wisatawan untuk melakukan aktivitas snorkeling ataupun diving. Pada (Lampiran 3) merupakan keadaan spot diving dan snorkeling yang sering dikunjungi wisatawan.

2. Aktivitas Nelayan

Faktor rusaknya terumbu karang juga berkaitan dengan aktivitas para nelayan yang merusak ekosistem karang dengan mematahkan atau dengan jangkar yang

menyangkut pada terumbu karang (Lampiran 3). Menurut Risyad (2002) nelayan adalah variabel yang dominan, nelayan mengoperasikan alat tangkap tidak ramah lingkungan di terumbu karang, contohnya penarikan pukat harimau, penggunaan bom dan racun untuk menangkap ikan, dan ditambah lagi dengan kunjungan wisata dan eksploitasi terumbu karang untuk souvenir dan bangunan.





## 5 PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai Analisis Perubahan Luasan Tutupan Karang dan Faktor yang Mempengaruhi di Perairan Menjangan Besar dan Menjangan Kecil, Taman Nasional Karimunjawa, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Luasan terumbu karang di perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil mengalami kenaikan dan penurunan. Luasan karang hidup pada tahun 2010 sekitar 259 ha, tahun 2011 sekitar 221 ha, tahun 2012 sekitar 218 ha, tahun 2013 sekitar 243 ha, tahun 2014 sekitar 247 ha, tahun 2015 sekitar 245, tahun 2016 sekitar 225 ha.
2. Perubahan luasan karang pada penelitian ini besar dipengaruhi oleh faktor *error* satelit, pengaruh lainnya dikarenakan adanya perubahan iklim, fenomena alam El Nino dan La Nina yang menyebabkan anomali suhu permukaan laut dan aktivitas manusia dalam hal pariwisata.

### 5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan citra yang beresolusi lebih besar agar ada peningkatan kualitas keakuratan peta, juga peningkatan ketelitian pada saat *groundcheck* lapang. Penelitian juga dapat dilakukan dengan waktu yang berkelanjutan dan pengambilan sampel lapang pada musim yang berbeda untuk melihat variasi nilai parameter dan perubahan luasan karang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ainsworth, T.D., S.F. Heron., J.S Ortiz. P.J. Mumby., A. Grech., D. Ogawa., C.M. Eakin., W. Leggat. 2016. *Climate Change Disable Coral Bleaching Protection on the Great Barrier Reef*. James Cook University. Australia.
- Arini, D. I. D. 2016. *Potensi Terumbu Karang Indonesia “Tantangan Dan Upaya Konservasinya”*. Balai Penelitian Kehutanan Manado.
- Aziz, M., M. Kamal., P. Zamani dan Subhan. 2011. *Coral Settlement on Concrete Artificial Reef in Pramuka Island Waters, Kepulauan Seribu, Jakarta and Management Option*. Journal of Indonesia Coral Reefs 1 (1) 55-64.
- Azwar, S. 2007. *Metode Penelitian*. Yogyakarta. Pustaka Pelajar.
- Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Stasiun Meteorologi Klas I Juanda Surabaya. <http://meteojuanda.info/index.php>. Diakses pada tanggal 3 Desember 2016 pukul 14.44 WIB
- Badan Penelitian dan Pengembangan Provinsi Jawa Tengah (Balitbang Jateng). 2006. *Penelitian dan Pengembangan Sarana Pendukung Obyek Wisata Kepulauan Karimunjawa*. Jawa Tengah. Semarang.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2002. *Jaring Kontrol Horizontal*. SNI 19-6724-2002
- Barus, T.A. 2004. *Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Sungai dan Danau*. Program Studi Biologi. Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara. Medan
- Bengen, D. G. 2001. *Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 62 hal.
- BTN Karimunjawa, 2010. Statistik Balai Taman Nasional Karimunjawa Tahun 2010. <https://karimunjawanationalpark.org>. Diakses pada tanggal 24 Febuari 2016 pukul 11.46 WIB.
- Burke, L. R. Katlen, P. Alisson dan M. Spalding. 2012. *Menengok Kembali Terumbu Karang yang Terancam di Segitiga Terumbu Karang*. World Resourcer Institute.
- Cahyarini, S. Y. 2011. *Rekonstruksi Suhu Permukaan Laut Periode 1993 – 2007 Berdasarkan Analisis Kandungan Sr/Ca Koral dari Wilayah Labuan Bajo, Pulau Simelue*. Jurnal Geologi Indonesia. Puslit Geoteknologi LIPI. Bandung.
- Campbell J. 2013. Landsat 8 Set to Extend Long Run of Observing
- Coralwatch. 2011. *Terumbu Karang dan Perubahan Iklim. Panduan Pendidikan dan Pembangunan Kesadartahuan*. The University of Queensland. Australia, 272 hal



- Coremap CTI, 2014. *Monitoring Kesehatan Terumbu Karang dan Kesehatan Ekosistem Terkait, Kabupaten Kepulauan Mentawai*. Pusat Penelitian Oseanografi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Danang, C. 2014. *Koreksi Radiometrik Citra Landsat-8 Kanal multispektral Menggunakan Top Of Atmosphere (ToA) Untuk Mendukung Klasifikasi Penutup Lahan*. Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional.
- Estiningtyas, W. F. Ramadhan., E. Aldrian. *Analisis Korelasi Curah Hujan dan Suhu Permukaan Laut Untuk Wilayah Indonesia, Serta Implikasinya Untuk Prakiraan Curah Hujan (Studi Kasus Kabupaten Cilacap)*. J. Agromet Indonesia 21 (2) : 46 – 60.
- Gandharum, L. dan Cen, C. 2006. *Pemanfaatan Informasi Tekstur untuk Klasifikasi Tanaman Sawit Menggunakan Citra FORMOSAT-2*. Badan Penerapan dan Pengkajian Teknologi. Jakarta.
- Helmi, M., A. Hartoko., Herkiki, S., Munasik., 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.
- [http://www.coremap.or.id/tentang\\_karang/](http://www.coremap.or.id/tentang_karang/). Diakses pada tanggal 16 April 2016, pukul 13.10 WIB.
- <http://www.goblue.or.id/tentang-terumbu-karang>. Diakses pada tanggal 16 April 2016 pukul 13.15 WIB.
- Informatika. 2014. Artikel Teknik Informatika dan Sistem Informasi. <http://informatika.web.id/operasi-cropping.htm>. Diakses pada tanggal 8 Oktober 2016.
- Inskeep, E. 1991. *Tourism Planning: an Integrated and Sustainable Development Approach*. Van Nostrand Reinhold: New York.
- Jameson, C.S. 1976. *Early Life History of The Giant Clams Tridacna crocea Lamarck, Tridacna maxima (Roding) and Hippopus hippopus (Linnaeus)* Pacific Science. 30,(3) : 219-233.
- Lestyono, R. 2010 . *Dampak Negatif Perkembangan Pariwisata Terhadap Lingkungan Fisik Pesisir. Studi Kasus: Pantai Pangandaran*. Institut Teknologi Bandung.
- Lillesland, T. M., R. W. Kiefer. 2007. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.
- Lyzenga, D. R. 1981. *Remote Sensing of Bottom Reflectance and Water Attenuation Parameters in Shallow Water Using Aircraft and Landsat Data*. International Jurnal Remote Sensing.
- Johannes, RE. 1975. *Pollution and Degradation of Coral Reef Communities*. Pp.13-51 in Tropical



- Kambey, A. D. *The Growth of Hard Coral (Acropora sp.) Transplants in Coral Reef of Malalayang Waters, North Sulawesi, Indonesia*. Jurnal Ilmiah Platax. Universitas Sam Ratulangi.
- Kardono, P. Suprajaka. 1993. *Teknologi Inderaja untuk Kelautan dalam GEOMATIKA*. BAKOSURTANAL. Jakarta.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 04 Tahun 2001.
- Landsat. 2016. *Landsat 8 Data Documentation and Information*. <http://landsat.usgs.gov/landsat8.php>. Diakses pada 21 Februari 2016.
- Mak, K.W.K., H. Yanase., R. Renneberg. 2005. *Cyanide Fishing and Cyanide Detection in Coral Reef Using Chemical Tests and Biosensors*. The Hong Kong University of Science and Technology.
- Manessa, M.D.M., A. Kanno., M. Sekine., E.E Ampou., N. Widagti., A.R As-syakur. 2014. *Shallow-Water Benthic Identification Using Multispectral Satellite Imagery : Investigation on the Effect of Improving Noise Correction Method and Spectral Cover*. *Remote Sensing*. Article. ISSN 2072-4292.
- Manullang, J. C., H. H. Surbakti. 2014. *Analisis Perubahan Luasan Terumbu Karang dengan Menggunakan Data Pengideraan Jauh di Perairan Pulau Pramuka Kabupaten Administratif Kepulauan Seribu*. Universitas Sriwijaya. Indralaya.
- Nana, S. 2014. *Analisis Citra Alos Avnir-2 Untuk Pemetaan Terumbu Karang (Studi Kasus : Banyuputih, Kabupaten Situbondo)*. Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional. Jakarta.
- NASA, 2016. Mission Updates. <http://www.nasa.gov>. Diakses pada tanggal 17 Februari 2016 pukul 14.32 WIB.
- NOAA, 2016. *Coral Reefs Conservation Program*. <http://coralreef.noaa.gov/aboutcorals/facts/>. Diakses pada tanggal 21 Februari 2016.
- NOAA CPC. 2016. *Cold and Warm Episodes by Season*. [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.html](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.html). Diakses pada tanggal 5 Desember 2016.
- Nybakken, J.W. 1992. *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis* (Alih Bahasa oleh: Muh.Eidman, Koesoebiono, Dietrich G.B., M. Hutomo, S. Sukardjo). Penerbit PT.Gramedia. Jakarta. 459 hal.
- Odum, E.P. 1994. *Dasar-Dasar Ekologi*. Edisi Ketiga. Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada Press.
- Risyad, I. M. 2002. *Peranan Manusia yang Melatar Belakangi Kerusakan Terumbu Karang di Pantai Barat Sumatera Selatan*. Universitas Sumatera Utara. Medan.

- PERKA, BIG. 2014. *Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Habitat Dasar Periran Laut Dangkal*.
- Pasaribu, R. 2008. *Studi Perubahan Luasan Terumbu Karang Dengan Menggunakan Data Penginderaan Jauh Di Perairan Bagian Barat Daya Pulau Moyo, Sumbawa*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Prahasta, E. 2009. *Sistem Informasi Geografis : Konsep-konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*. Penerbit Informatika. Bandung.
- Purbowaseso, B. 1995. *Penginderaan Jauh Terapan*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Rowlands, Gwilym., S. Purkis., A. Bruckner. 2016. *Tight Coupling Between Coral Reef Morphology and Mapped Resilience in the Red Sea*. Marine Pollution Bulletin 105. 575 -585.
- Roy, D.P., V. Kovalsky., H.K. Zhang., E.F. Vermote., L. Yan., S.S Kumar., A. Egorov. 2015. *Characteristic of Landsat-7 to Landsat-8 Reflective Wavelength and Normalized Difference Vegetation Index Continuity. Remote Sensing of Environment*. Elsevier.
- Sadarun, B., Nezon, E., Wardono, S., Afandy, Y.A., Nuriadi, L. 2006. *Petunjuk Pelaksanaan Transplantasi Karang*. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta. 36 hal.
- Santoso, A. D., Kardono. 2008. *Teknologi Konservasi dan Rehabilitasi Terumbu Karang*. Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Saitoh, S., Arata, F., Katsuya, S., Semedi, B., Robinson, M., Satsuki, M. and Fumihiro, T. 2010. *Estimation of Number of Pasific Saury Fishing Vessels Using Night-Time Visible Images. International Archives of the Photogrammetry. Remote Sensing and Spatal Information Science*. 38(8): 1013-1016.
- Semedi, B., F. Rahmawan. 2016. *Estimation of Stress Level of Coral Reefs Bleaching Using Night-time Satellite Data: A Case Study of Indonesian Tropical Waters*. Nature Environment & Pollution Technology. Vol 15, Issue No. 1. 297-300 hal.
- Siregar, V. 2010. *Pemetaan Substrat Dasar Perairan Dangkal Karang Congkak dan Lebar Kepulauan Seribu Menggunakan Citra Satelit Quick Bird*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Siswandono. 1987. *Aplikasi Penginderaan Jauh Untuk Kajian Terumbu Karang Kepulauan Seribu*. Thesis Fakultas Pasca Sarjana. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Shalihati, S.F. 2014. *Pemanfaatan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi dalam Pembangunan Sektor Kelautan serta Pengembangan Sistem Pertahanan Negara Maritim*. Geoedukasi Volume III Nomer 2. 115 – 126.



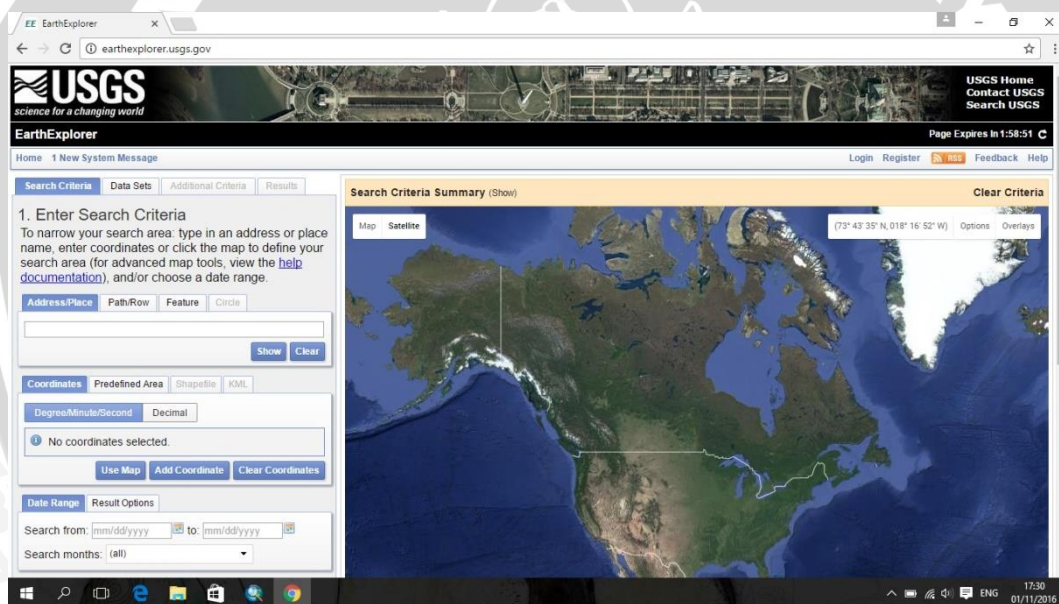
- Surat Keputusan Kementerian Kehutanan Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam. 2012. *Zonasi Taman Nasional Karimunjawa*.
- Sorokin, Y. I. 1993. *Coral Reef Ecology*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Sukmara, Asep., A.J. Siahainenia., C.Rotinsulu. 2001. *Panduan Pemantauan Terumbu Karang Berbasis Masyarakat Dengan Metoda Manta Tow*. Proyek Pesisir, CRC/URI CRMP, NRM Secretariat, Ratu Plaza Building. Jakarta Selatan.
- Supriharyono, 2000. *Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang*. Djambatan, Jakarta. 108 hlm.
- Stumpf, R. P., K. Holderied. 2003. *Determination of Water Depth With High-Resolution Satellite Imagery Over Variable Bottom Type*. *Limnology and Oceanography*. 48-91. 547-556.
- Umardiono, A. 2011. *Pengembangan Obyek Wisata Taman Nasional Laut Kepulauan Kaimunjawa*. Universitas Airlangga. Volume 24 Nomer 3. 192-201 hal.
- Utama, E. 2005. *Modul Pelatihan SIG Menggunakan ArcGIS 2<sup>nd</sup> Edition*. Comlabs ITB. Bandung.
- Westmacott, S., Teleki, K., Wells, S., West. J. M. 2000. *Pengelolaan Terumbu Karang yang Telah Memutih dan Rusak Kritis*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. vii + 36 pp.
- Wilkinson, C.R. 2004. *Status Of Coral Reefs On The World:2004*. Global Coral Reef Monitoring Network.
- Xu, J., D. Zhao. 2014. Review of Coral Reef Ecosystem Remote Sensing. *Acta Ecologica Sinica* 34. 19 – 25.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Pengolahan Data

#### 1. Mengunduh Data Citra

Citra satelit di dapatkan di situs Earth Explorer yang merupakan salah satu situs yang dimiliki oleh USGS (*United States Geological Survey*) yang menyediakan layanan citra gratis, salah satunya citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Landsat 7 dan Landsat 8. Pada penelitian ini menggunakan citra satelit pada daerah Kepulauan Karimunjawa khususnya Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil.



Gambar 18. Situs Earth Explorer

#### 2. Pemotongan (*Cropping*)

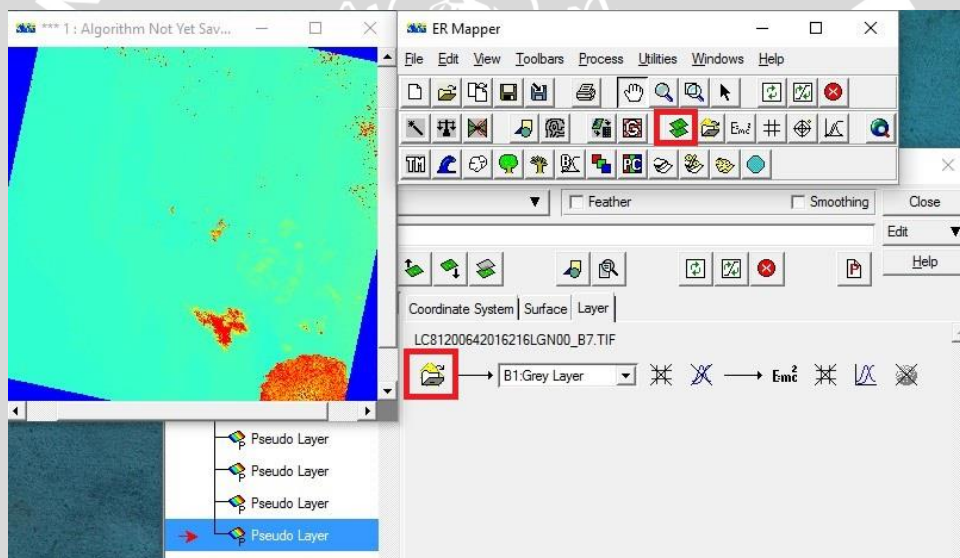
Tahap *cropping* adalah suatu proses pemotongan citra pada koordinat tertentu pada area citra. Dalam pemotongan bagian dari citra, digunakan dua koordinat, yang pertama adalah koordinat awal yang merupakan awal koordinat bagi hasil pemotongan citra dan yang kedua adalah koordinat akhir yang



merupakan titik akhir dari hasil pemotongan citra. Sehingga akan membentuk segi empat dimana tiap *pixel* yang ada pada area koordinat tertentu akan disimpan dalam citra yang baru.

Pada tahap Cropping ini menggunakan software ER Mapper 7.1. Berikut ini merupakan langkah pemotongan citra satelit Landsat pada Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil :

1. *Copy layer* menjadi 7 *layer* pada kotak perintah “*Algorithm*”. *Input 7 layer* pada icon “*Load Dataset*” dengan citra yang telah diunduh.
2. Perbesar pada daerah Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil.



Gambar 19. Pemotongan Citra

3. Memasukkan Rumus Reflektansi

Reflektansi merupakan perbandingan rasio cahaya yang dipantulkan oleh suatu permukaan terhadap cahaya yang mengenainya atau cahaya yang datang pada bidang dimana pantulan cahaya dalam citra satelit dibuat memiliki pencahayaan yang rata. Nilai reflektansi dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\rho_{\pi'} = M_p Q_{cal} + A_p / \sin \theta_{SE}$$

Dimana rumus reflektansi Landsat setelah diolah adalah sebagai berikut :

$$R1 = ((0.00002*i1)-0.100000)0.797991099$$

$$R2 = ((0.00002*i1)-0.100000)0.797991099$$

$$R3 = ((0.00002*i1)-0.100000)0.797991099$$

$$R4 = ((0.00002*i1)-0.100000)0.797991099$$

$$R5 = ((0.00002*i1)-0.100000)0.797991099$$

#### 4. Mencari Nilai Ki/Kj

Nilai Ki/Kj merupakan suatu nilai untuk homogenitas kedalaman suatu perairan dimana nilai tersebut akan diproses secara lanjut pada tahap selanjutnya dengan algoritma Lyzenga. Dari pengolahan data dengan algoritma Lyzenga tersebut tentunya akan didapatkan hasil sebaran terumbu karang. Sebelum dilakukan pengolahan nilai Ki/Kj maka dibuat *region* wilayah terlebih dahulu. Berikut ini merupakan hasil *region* yang didapatkan pada salah satu citra satelit Landsat :

Tabel 13. Nilai Region Wilayah Citra Satelit Landsat

Region	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
11	2.720	2.598	2.382	1.831	1.378	1.233	1.194
12	2.721	2.587	2.400	1.946	1.364	1.213	1.181
13	2.710	2.594	2.361	1.778	1.370	1.230	1.192
14	2.692	2.564	2.275	1.715	1.380	1.233	1.197
15	2.689	2.565	2.284	1.710	1.367	1.226	1.192
16	2.692	2.554	2.294	1.755	1.366	1.229	1.192
17	2.711	2.594	2.424	1.917	1.426	1.242	1.204
18	2.713	2.612	2.323	1.701	1.363	1.225	1.190
19	2.743	2.652	2.495	1.956	1.615	1.443	1.303
2	2.681	2.563	2.439	2.014	1.501	1.251	1.191
20	2.707	2.584	2.377	1.845	1.369	1.234	1.197
21	2.719	2.603	2.377	1.795	1.353	1.221	1.188
22	2.726	2.626	2.389	1.784	1.343	1.208	1.176
23	2.711	2.596	2.386	1.833	1.348	1.216	1.181



Region	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
24	2.680	2.547	2.358	1.888	1.351	1.216	1.185

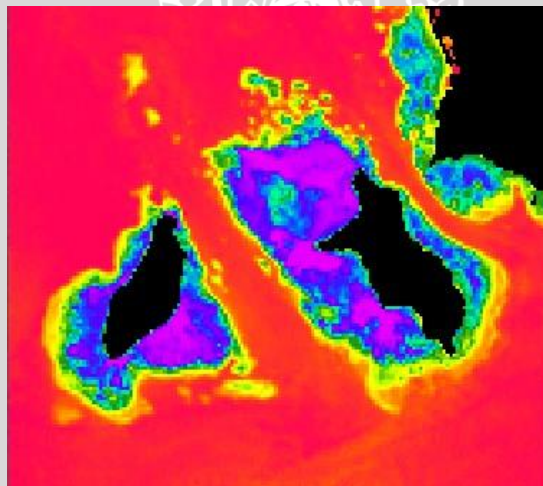
Nilai *region* tersebut dihitung dengan rumus

$$ki/kj = a + \sqrt{(a^2+1)}$$

Dimana nilai (a) = (var Band 1 – var Band 2) / (2 x (Covar Band 1 Band 2))

#### 5. Algoritma Lyzenga

Transformasi algoritma Lyzenga merupakan suatu rumus untuk menghasilkan nilai *Depth Invariant Indeks*, dimana nilai tersebut dapat membedakan objek pada dasar perairan. Berikut ini merupakan hasil pengolahan algoritma Lyzenga pada tahun 2016 :



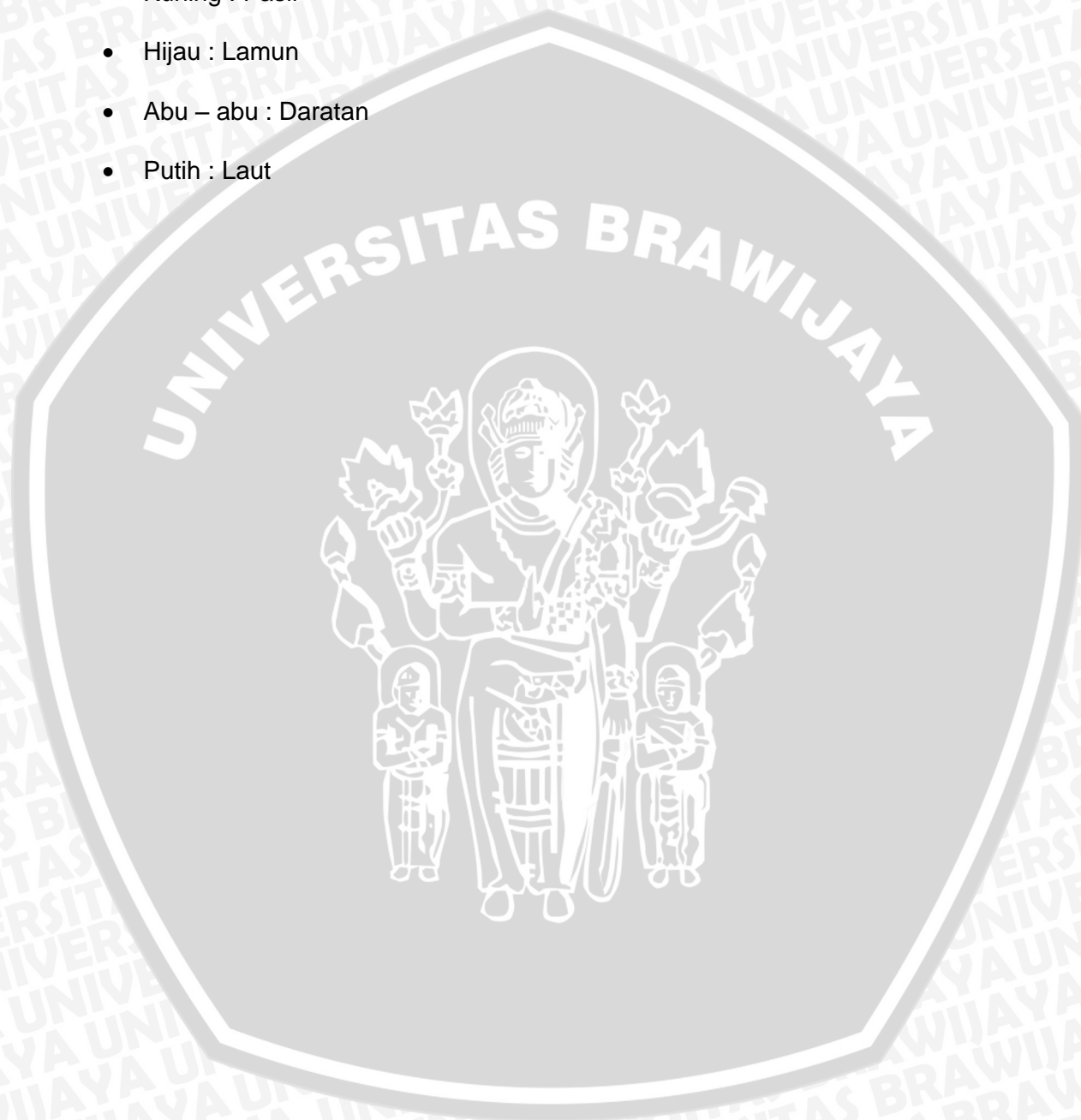
Gambar 20. Hasil Transformasi Algoritma Lyzenga pada Citra Satelit Landsat

#### 6. Klasifikasi dan *Editing*

Klasifikasi dan *Editing* merupakan proses untuk membedakan kelas, mengoreksi kelas dan mengedit kelas pada gambar yang sudah dihasilkan dari transformasi algoritma Lyzenga. Proses ini memiliki tujuan untuk memperjelas dan membedakan warna terumbu karang dengan daratan, pasir dan air laut dalam suatu gambar :

Warna sesuai dengan kelas :

- Cyan : Karang Hidup
- Merah : Karang Mati
- Kuning : Pasir
- Hijau : Lamun
- Abu – abu : Daratan
- Putih : Laut

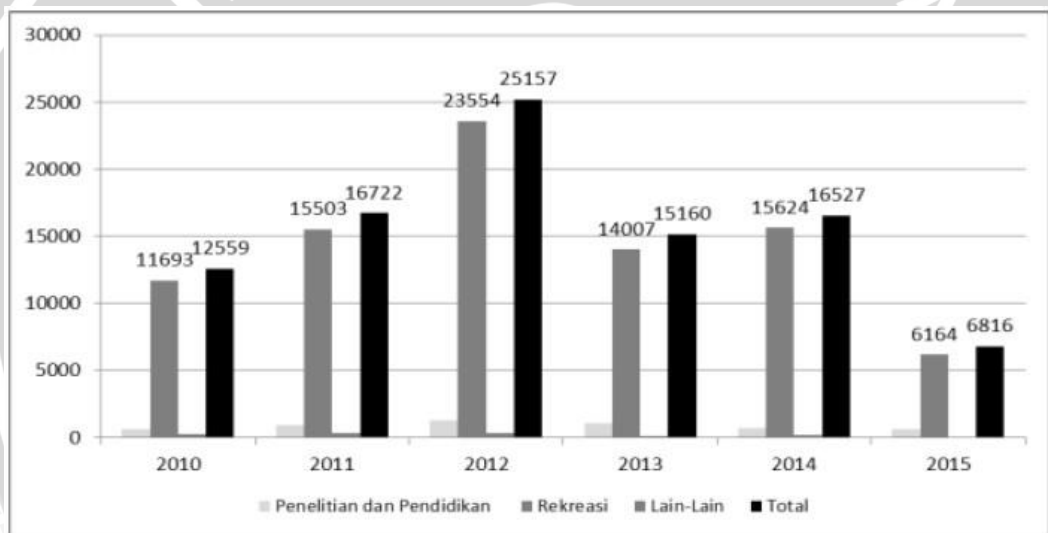




Lampiran 2. Tabel El-Nino dan La-Nina dan Grafik Kunjungan Wisatawan Taman Nasional Karimunjawa Tahun 2010 -2015





Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2010	1.3	1.2	0.9	0.5	0.0	-0.4	-0.9	-1.2	-1.4	-1.5	-1.4	-1.4
2011	-1.3	-1.0	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.6	-0.8	-0.9	-1.0	-0.9
2012	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
2014	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.4	0.5	0.6
2015	0.6	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.2	2.3
2016	2.2	2.0	1.6	1.1	0.6	0.1	-0.3	-0.6	-0.7			

(NOAA, CPC, 2016)






(Statistik BTNKJ, 2015)





Lampiran 3. Terumbu Karang di perairan Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil

No	Gambar	Keterangan
1.		<p><i>Acropora</i> sp. Karang Cabang</p>
2.		<p>Karang Pulau Menjangan Kecil</p>
3.		<p>Karang Pulau Menjangan Besar</p>
4.		<p>Karang Pulau Menjangan Kecil</p>
5.		<p>Karang Pulau Menjangan Besar</p>



No	Gambar	Keterangan
6.		<p><i>Acropora</i> sp.</p>
7.		<p><i>Rabel</i></p>
8.		<p>Bagian Karang Mati dan Pasir</p>
9.		<p>Transplantasi karang di perairan Pulau Menjangan Kecil</p>

**Lampiran 4. Aktivitas Manusia yang Mempengaruhi Ekosistem Terumbu Karang**





No	Gambar	Keterangan
1		Dermaga Pulau Menjangan Kecil
2		Aktivitas snorkelling di perairan Pulau Menjangan Kecil
3		Kapal Wisata
4		Jangkar pada karang di perairan Pulau Menjangan Kecil



Lampiran 5. Kondisi Lingkungan Sekitar Pulau Menjangan Besar dan Pulau Menjangan Kecil

No.	Gambar	Keterangan
1		Tempat budidaya kerapu di Pulau Menjangan Besar
2		Tempat Penangkaran Hiu di Pulau Menjangan Besar
3		Gosong yang muncul ketika air laut surut di Pulau Menjangan Kecil
4		Pantai Pulau Menjangan Kecil

Lampiran 6. Kegiatan Pengambilan Data Lapang

No.	Gambar	Keterangan
1.		Pencarian titik koordinat menggunakan GPS
2.		Pengukuran pH meter
3.		Survei kondisi karang dengan snorkeling
4.		Pengukuran DO meter