ANALISIS PERUBAHAN LUASAN TERUMBU KARANG DAN KONDISI LINGKUNGAN DI PERAIRAN PULAU KARIMUNJAWA DAN PULAU KEMUJAN TAMAN NASIONAL KARIMUNJAWA

SKRIPSI

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

Oleh :

AGUNG SETYO MUKTI

125080607111004

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2017

ANALISIS PERUBAHAN LUASAN TERUMBU KARANG DAN KONDISI LINGKUNGAN DI PERAIRAN PULAU KARIMUNJAWA DAN PULAU KEMUJAN TAMAN NASIONAL KARIMUNJAWA

SKRIPSI

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN

JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

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

Oleh :
AGUNG SETYO MUKTI
125080607111004

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2017

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERUBAHAN LUASAN TERUMBU KARANG DAN KONDISI LINGKUNGAN DI PERAIRAN PULAU KARIMUNJAWA DAN PULAU KEMUJAN TAMAN NASIONAL KARIMUNJAWA

Oleh :

AGUNG SETYO MUKTI

NIM. 125080607111004

Telah dipertahankan didepan penguji pada tanggal 12 Januari 2017

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Mengetahui
Dosen Penguji I

(M. Arif Zainul Fuad, S.kel., M.Sc.)
NIP. 198010052005011002
Tanggal: 24 JAN 2017

Dosen pembimbing I

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

Dosen Penguji II

(Dhira Khurniawan S, S.Kel., M.Sc)
NIK.201201860151001
Tanggal: 24 JAN 2017

Dosen pembimbing II

(Muliawati Handayani, S.Pi., M.Si)
NIK. 2013098810052001
Tanggal: 24 JAN 2017

Mengetahui
Ketua Jurusan PSPK
(Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP)

NIP. 19630608 198703 1 003
Tanggal: 24 JAN 2017

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Agung Setyo Mukti

Nim : 125080607111004

Program Studi : Ilmu Kelautan

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

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 15 Desember 2016

Mahasiswa

Agung Setyo Mukti

125080607111004

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunianya, sehingga penulis mampumenyelesaikan skripsi ini. Tidak lupa sholawat untuk junjungan kita Muhammad SAW.
2. Sujud dan terima kasih pada kedua orang tua saya Ayahanda Djoko Prasetyo dan Ibunda Djarwati yang telah memberikan dorongan semangat, motivasi dan do'a yang tak pernah putus sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.d dan Ibu Muliawati Handayani, S.Pi., M.Si, selaku dosen pembimbing yang sangat sabar dalam membimbing demi terselesainyaskripsi ini.
4. Terimakasih kepada Bapak dan Ibu di Balai Taman Nasional Karimunjawa yang telah memberi izin dan pengarahan untuk penelitian saya.
5. Terimakasih kepada Anita Kusuma, Mas Taufik Rivai, Mas Imam, Amin telah membantu saat penelitian dan penyusunan laporan, serta teman- teman dari Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik , Yulmitha dan Amili yang telah membantu saat penelitian dan Mes di Balai Taman Nasional Karimunjawa
6. Terimakasih kepada rekan saya Restu Yulfierisa yang telah membantu penelitian saya dari awal hingga akhir.
7. Teman- teman kontrakan Moeslim M. Sigit Firmansyah, Farid Burhanudin, Gogo, Wisnuwardhana, Mas Aan, Dico yang senantiasa memberi motivasi selama penyusunan laporan ini dan sahabat- sahabat saya Rifky, R Oki, Bogang, Desi, Diah Ardani, Depong, Lady, Mila yang telah memberi dukungan serta semangat untuk menyusun laporan ini.
8. Teman - teman satu bimbingan Bapak Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.d dan Ibu Muliawati Handayani, S.Pi., M.Si,serta seluruh teman Ilmu Kelautan khususnya angkatan 2012 keluarga Poseidon UB yang telah memberikan dukungan, doa dan bantuannya dalam penyusunan laporan ini.

repository.ub.ac.id

RINGKASAN

Agung Setyo Mukti. Skripsi tentang Analisis Perubahan Luasan Terumbu Karang dan Kondisi Lingkungan di Perairan Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan Taman Nasional Karimunjawa. Dibawah bimbingan **Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.D** dan **Muliawati Handayani, S.Pi., M.Si**

Pulau Karimunjawa dan Kemujan adalah salah satu pulau terbesar di Kepulauan Karimunjawa yang memiliki ekosistem terumbu karang dengan kondisi yang masih baik. Tetapi terumbu karang dipengaruhi kondisi lingkungan yang ada disekitarnya. Kondisi lingkungan yang tidak sesuai batas toleransi terumbu karang dapat mempengaruhi keberadaannya. Parameter lingkunganyang menjadi faktor pembatas keberadaan terumbu karangantara lain suhu, salinitas, DO, pH dan arus. Suhu menjadi faktor yang paling berpengaruh terhadap terumbu karang. Perubahan suhu permukaan laut $1^0 – 2^0$ C dapat menyebabkan hilangnya *Zooxanthellae* dan menyebabkan *coral bleaching*. Perubahan kondisi lingkungan terutama suhu di Indonesia akibat fenomena El Nino dan La Nina dan nilai DHW. Pulau ini merupakan juga pusatpemukiman, pusat perekonomian masyarakat dan tempat wisata. Total rata- rata pengunjung dari tahun 2010 hingga 2015 mencapai 87.000 jiwa . Peningkatan wisatawan dapat mempengaruhi kondisi lingkungan seperti limbah, sedimentasi dan polusi dan secara tidak langsung juga mempengaruhi kondisi terumbu karang yang ada. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui luasan terumbu karang dengan menggunakan citra satelit Landsat dan pengaruh kondisi lingkungan terhadap perubahan luasan terumbu karang di Pulau Karimunjawa dan Kemujan. Penelitian ini menggunakan metode penginderaan jauh dengan algoritma Lyzenga untuk pemetaan terumbu karang. Metode ini lebih efisien dan dapat menjangkau wilayah kajian yang luas .

Parameter lingkungan seperti suhu, DO, salinitas, pH dan arus didapatkan dengan pengukuran langsung di lapang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai suhu rata- rata 30^0C, DO rata- rata 6,9, salinitas rata- rata $32^0/_{00}$, pH rata- rata 8,2 masih dalam kategori baik dan dalam toleransi terumbu karang. Perubahan iklim seperti El-Nino dan La-Nina dan DHW diduga juga mempengaruhi luasan terumbu karang. Pada tahun 2015-2016 terjadi fenomena El-Nino dengan nilai kenaikan melebihi $2,0^0$C nilai tersebut masuk dalam kategori *very strong* El-Nino. DHW dengan nilai diatas 5^0C juga dapat menyebabkan *bleaching*. Tingkat pariwisata dan aktifitas nelayan di Pulau Karimunjawa diduga juga mempengaruhi perubahan terumbu karang yang ada disana, mengingat banyak aktivitas yang dilakukan seperti snorkling dan diving. Kegiatan tersebut bersentuhan langsung dengan terumbu karang dan dapat merusak terumbu karang.

Perubahan luasan terumbu karang di Pulau Karimunjawa dan Kemujan berdasarkan citra satelit Landsat didapatkan hasil dari tahun 2000 sekitar 509 Ha pada tahun 2013 terumbu karang mengalami peningkatan sekitar 155 Ha menjadi 664 Ha. Dari tahun 2013 hingga tahun 2014 mengalami peningkatan sekitar 25 Ha menjadi 689 Ha. Tahun 2014 hingga 2015 mengalami penurunan sekitar 2 Ha menjadi 687 Ha dari tahun 2015 hingga 2016 mengalami peningkatan sekitar 104 Ha menjadi 791 Ha. Berdasarkan pengamatan parameter kualitas perairan Pulau Karimunjawa pada tujuh titik stasiun pengambilan sampel menunjukkan bahwa, kondisi lingkungan perairan pulau Karimunjawa dalam kondisi “Baik”. Nilai DHW rata- rata 1,850C tidak menyebabkan terjadi karang bleaching. ENSO juga berpengaruh sedikit terhadap perubahan terumbu karang. Faktor lokal yang diindikasikan menjadi penyebab perubahan luasan terumbu karang adalah wisata yang merusak karang dan penangkapan yang tidak ramah lingkungan (*destructive fishing*).

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat mengajukan usulan Skripsi dengan judul“ **Analisis Perubahan Luasan Terumbu Karang dan Kondisi Lingkungan Di Perairan Pulau Karimunjawa Dan Pulau Kemujan Taman Nasional Karimunjawa”**. Di dalam penulisan pengajuan usulan Skripsi ini disajikan bahasan mengenai latar belakang, tujuan, manfaat, metodologi dan hasil dalam pelaksananan Skripsi dengan judul di atas.

Sangat disadari bahwa terdapat kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun telah dikerapkan segala kemampuan untuk teliti, tetapi masih dirasakan banyak kekurangtepatan. Oleh karena itu penulis mengharapkan agar pengajuan usulan Skripsi ini dapat diterima .

Malang, 15 November 2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN..... **Error! Bookmark not defined.**
PERNYATAAN ORISINALITAS ii
UCAPAN TERIMAKASIH iii
RINGKASAN iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vi
DAFTAR TABEL viii
DAFTAR GAMBAR ix
1. PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan 4
1.4 Manfaat 4
1.5 Waktu dan Tempat 4
2.TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Terumbu karang 6
2.1.1 Fungsi dan manfaat terumbu karang 6
2.1.2 Ekosistem terumbu karang 7
2.2 PenurunanLuasan Terumbu karang 8
2.2.1 Faktor Alam 8
2.2.2 Aktifitas Manusia 8
2.3 Faktor Pembatas Terumbu Karang 9
2.3.1 Suhu 9
2.3.2 Salinitas 9
2.3.3 Oksigen Terlarut (DO) 9
2.3.4 pH 10
2.3.5 Arus 10
2.4 Penginderaan Jauh 10
2.4.1 Radiasi Elektromagnetik dengan Kolom Air 11
2.4.2 Pemanfaatan Pengideraan Jauh untuk Terumbu Karang 12
2.5 Citra Landsat 13
2.5.1 Landsat 7 *Enhanced Thematic Mapper* (ETM) 13
2.5.2 Landsat 8 *Operational Land Imager* (OLI) 14
2.6 *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) 15
2.6.1 *El-Nino Southern Oscillation (*ENSO) 16

2.6.2 *Degree Heating Weeks* (DHW) 17
2.7 Sistem Informasi Geografis (SIG) 18
3. METODOLOGI 20
3.1 Profil Lokasi 20
3.2 Alat dan Data Citra Satelit 25
3.3 Metode Penelitian 26
3.3.1 Pengumpulan Data Digital 27
3.3.2 Metode Pengolahan data digital 27
3.3.3 Survey Lapangan 30
3.3.4 Perhitungan Luasan dan Persentase Tutupan terumbu Karang 31
3.3.5 Akurasi Citra 31
3.4 Skema Kerja 34
4. HASIL DAN PEMBAHASAN 36
4.1 Hasil 36
4.1.1 Hasil Data Berdasarkan Penginderaan Jauh 36
4.1.2 Perubahan Luasan Terumbu Karang 41
4.1.3 Uji Akurasi Peta 42
4.1.4 Data Parameter Lingkungan 44
4.1.5 *El-Nino Southern Oscillation (*ENSO) 48
4.1.6 *Degree Heating Weeks* (DHW) 49
4.2 Pembahasan 51
4.2.1 Luasan Terumbu Karang 51
4.2.2 Analisi Perubahan Luasan Terumbu Karang dan Kondisi Lingkungan di Perairan Pulau Karimunjawa dan Kemujan 55
5. KESIMPULAN DAN SARAN 70
5.1 Kesimpulan 70
5.2 Saran 70
DAFTAR PUSTAKA 71
LAMPIRAN 75

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi Landsat 7 ETM 14
Tabel 2. Spesifikasi Landsat 8 OLI 15
Tabel 3. Spesifikasi NOAA AVHRR 16
Tabel 4. Pengambilan Titik Sampel Ground Check lapang 21
Tabel 5. Alat yang digunakan dalam penelitian 25
Tabel 6. Data Citra Satelit yang digunakan dalam penelitian 26
Tabel 7.Baku Mutu Kriteria Tutupan Karang KLH Tahun 2004 31
Tabel 8. Luasan kelas karang hidup, karang mati, dan pasir 41
Tabel 9. hasil pengukuran uji akurasi dengan matrix confusion 43
Tabel 10.Pengamatan Parameter di Stasiun 1 di Pulau Karimunjawa dan Kemujan 44
Tabel 11.Pengamatan Parameter di Stasiun 2 di Pulau Karimunjawa dan Kemujan 44
Tabel 12.Pengamatan Parameter di Stasiun 3 di Pulau Karimunjawa dan Kemujan 45
Tabel 13.Pengamatan Parameter di Stasiun 4 di Pulau Karimunjawa dan Kemujan 45
Tabel 14.Pengamatan Parameter di Stasiun 5 di Pulau Karimunjawa dan Kemujan 45
Tabel 15.Pengamatan Parameter di Stasiun 6 di Pulau Karimunjawa dan Kemujan 45
Tabel 16. Pengamatan Parameter di Stasiun 7 di Pulau Karimunjawa dan Kemujan 46
Tabel 17. Perbandingan parameter baku mutu 48
Tabel 18. Nilai Anomali Suhu tahun 2000 - 2016 48
Tabel 19. Nilai DHW di Perairan Pulau Karimunjawa dan Karimunjawa 49
Tabel 20. Luasan terumbu karang berdasarkan hasil pengolahan citra 51
Tabel 21. Luasan terumbu Karang di Pantai Ujung gelam, Mangrove, P. Merican (Budidaya rumput laut) dan Tanjung Bomang. 53
Tabel 22. Prersentase Tutupan Terumbu Karang Pulau Karimunjawa dan Kemujan 55
Tabel 23. Kategori Kondisi El-Nino dan La-Nina dalam Tingkatannya dari Tahun 2000 sampai 2016 60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Teknologi Penginderaan Jauh untuk Terumbu Karang 12
Gambar 2. Peta titik pengambilan sampel untuk ground check 21
Gambar 3. Titik Lokasi Pengambilan Sampel Parameter Lingkungan 24
Gambar 4. Skema kerja penelitian 34
Gambar 5. Peta luasan karang Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan tahun 2000..... 37
Gambar 6. Peta luasan karang Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan tahun 2010..... 37
Gambar 7.Peta luasan karang Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan tahun 2011..... 38
Gambar 8.Peta luasan karang Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan tahun 2012..... 38
Gambar 9. Peta luasan karang Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan tahun 2013..... 39
Gambar 10.Peta luasan karang Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan tahun 2014 39
Gambar 11.Peta luasan karang Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan tahun 2015 40
Gambar 12.Peta luasan karang Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan tahun 2016 40
Gambar 13. Hasil klasifikasi dan luasan dari pengolahan citra satelit landsat..... 42
Gambar 14.Perubahan Luasan Terumbu Karang Tahun 2000 Sampai 2016 Di Perairan Karimunjawa Dan Kemujan. 52
Gambar 15. Peta Lokasi Perubahan Terumbu Karang..... 53
Gambar 16. Periode Fenomena El-Nino dan La-Nina 59
Gambar 17. Perbandingan Luasan Terumbu Karang dan ENSO (El-Nino Southern Oscillation) Tahun 2000-2016 61
Gambar 18. Patahan karang yang diakibatkan oleh aktifitas manusia..... 64
Gambar 19. Kerusakan Terumbu Karang yang diakibatkan oleh bom..... 65
Gambar 20. Pengetahuan Masyarakat Tentang Zonasi Tahun 2004 68
Gambar 21.Pengetahuan Masyarakat Tentang Zonasi Tahun 2009..... 69

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Terumbu Karang memiliki fungsi yang kompleks dan penting bagi ekosistem laut. Terumbu karang sebagai sumber nutrien, habitat ikan, penahan ombak, dan dapat dijadikan sebagai indikator lingkungan serta memiliki peranan yang penting bagi ekosistem laut. Total luasan terumbu karang di Indonesia sebesar ± 75.000 km^2 . Pada tahun 2011 hingga tahun 2014 kondisi terumbu karang hampir sepertiganya mengalami kerusakan. Namun dalam beberapa tahun terakhir luasan terumbu karang terus mengalami penurunan.Total persentase kondisi terumbu karang di Indonesa sebesar 30,4% dalam kondisi rusak, 37,18% kurang baik, 27,13 % dalam kondisi baik dan hanya 5,29% dalam kondisi sangat baik (LIPI, 2012).

Kepulauan Karimunjawa merupakan salah satu kepulauan di Indonesia yang memiliki ekosistem terumbu karang dengan kondisi yang masih baik dengan persentase sebesar >50% (BTNKJ, 2015). Salah satu pulau yang terbesar adalah PulauKarimunjawadan Kemujan , pulau ini juga menjadi pemukiman, pusat perekonomian masyarakatdan tempat wisata. Menurut BTNKJ total rata- rata pengunjung dari tahun 2010 hingga 2015 mencapai 87.000 jiwa . Kegiatan pariwisata seperti transportasi laut, pembangunan fasilitas wisata secara langsung dan tidak langsung dapat mempengaruhi kondisi lingkungan , dan mempengaruhi luasan tutupan karang seperti, limbah ,sedimentasi, menginjak karang dan kegiatan penangkapan ikan tidak ramah lingkungan (Lestyono,2011)

Kerusakan terumbu karang dapat disebabkan oleh adanya pengaruh dari aktifitas manusia seperti penangkapan ikan yang tidak ramah lingkungan, sedimentasi, pembangunan fasilitas, dan transportasi laut maupun karena adanya faktor alam yang dapat mempengaruhi kondisi perairan (Yusuf,

2013).Berdasarkan data statistik BTNKJ (2015) pada tahun 2010 hingga 2015 ditemukan sedikitnya 15 kasus perusakan terumbu karang di Pulau Karimunjawa seperti menangkap ikan dengan cantrang, potasium sianida dan bom.

Pertumbuhan dan perkembangan terumbu karang dipengaruhi kondisi lingkungan yang ada disekitarnya. Kondisi lingkungan yang tidak sesuai batas toleransi terumbu karang dapat mempengaruhi keberadaannya. Parameter lingkunganyang menjadi faktor pembatas keberadaan terumbu karangantara lain suhu, salinitas, DO, arus dan pH.Diantara faktor-faktor lingkungan tersebut , suhu adalah faktorlingkungan yang paling besar pengaruhnya terhadap pertumbuhan organisme laut termasuk karang (Nybakken, 1992).

Suhu laut global diperkirakan meningkat sebesar 0,6˚C antara pertengahan tahun 1950-1990 dan diprediksi akan terus meningkat hingga tahun mendatang. Beberapa penelitian memprediksikan untuk peningkatan suhu laut di masa yang akan datang mencapai 1,4 ˚C -5,8 ˚C pada tahun 2100 (IPCC,2010). Perubahan suhu di Indonesia akibat fenomena El Nino dan La Nina dapat mengakibatkan terjadinya fenomena pemutihan karang jika terjadi anomali suhu permukaan air laut 1˚C - 2˚C diatas suhu musim panas rata-rata (Muttaqin*et al*, 2014). Meningkatnya suhu juga dapat dilihat dengan DHW untuk mengetahui terjadi *coral bleaching*atau tidak (Bruno,2001). Fenomena pemutihan karang diduga juga akan mempengaruhi perubahan luasan terumbu karang terutama di Pulau Karimunjawa.

Untuk menjaga kondisi terumbu karang di Pulau Karimunjawa, melalui Balai Taman Nasional Karimunjawa melakukan berbagai upaya konservasi dalam menjaga potensi terumbu karang dan perencanaan pengelolaan jangka panjang agar ke depannya akan lebih baik.Untuk melakukan upaya konservasi terumbu karang salah satunya dapat dilakukan dengan pemantaua nmenggunakan data

penginderaan jauh. Penginderaan jauh memiliki nilai lebih ekonomis dan lebih efektif dalam memantau dengan jarak pandang yang luas (Danoedoro. 2012).

Menurut Syah (2010), menggunakan penginderaan jauh dalam memonitoring perubahan luasan terumbu karang di Pulau Karimunjawa dari tahun ke tahun jauh lebih efektif dan efisien. Perkembangan yang terus dilakukan para pakar penginderaan jauh sudah dapat mengkalsifikasi mana karang hidup dan karang mati dengan menggunakan citra satelit multi spektral, selain itu tingkat keakuratan peta pun sudah dapat mencapai nilai 70%. Untuk mendapatkan sebaran terumbu karang dapat menggunakan klasifikasi Lyzenga tahun 1981 dimana klasifikasi ini mengacu pada nilai koreksi kolom air dan digabungkan dengan nilai reflektan band citra satelit yang cocok untuk pemetaan terumbu karang.

1.2 Rumusan Masalah

Terumbu karang memiliki manfaat yang sangat besar bagi ekosistem laut dan juga sebagai indikator lingkungan. Akan tetapi terumbu karang sangatlah rentan mendapatkan pengaruh dari faktor alam maupun faktor dari manusia. Faktor dari aktifitas manusia seperti menangkap ikan yang tidak ramah lingkungan dan faktor dari alam seperti perubahan iklim, secara langsung maupun tidak langsung dapat mempengaruhi kondisi lingkungan dan luasan tutupan karang. Oleh karena itu diperlukan upaya pemantauan berkelanjutan hingga tahun 2016 agar dapat mengetahui perubahan luasan terumbu karang di Pulau Karimunjawa dan Kemujan. Berdasarkan uraian diatas rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah perubahan luasan terumbu karang di Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan dengan menggunakan citra satelit Landsat?
2. Bagaimanakah pengaruh kondisi lingkungan terhadap perubahan luasan terumbu karang ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menganalisis perubahan luasan terumbu karang di Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan dengan menggunakan citra satelit Landsat.
2. Untuk menganalisis pengaruh kondisi lingkungan terhadap perubahan luasan terumbu karang.

1.4 Manfaat

Beberapa hal yang dapat diambil manfaatnya dari hasil penelitian ini diantaranya, sebagai berikut :

1. Tersedianya materi pemetaan terumbu karang dengan penggunaan rumus algoritma Lyzenga 1981 dan *Clasification* secara *Unsupervise* dengan membedakan tiga kelas yaitu Karang Hidup, Karang mati dan Pasir
2. Tersedianya informasi dalam memudahkan memonitoring luasan terumbu karang dengan menggunakan data citra satelit Landsat dan metode penginderaan jauh
3. Tersedianya informasi yang berguna sebagai ide penelitian selanjutnya mengenai pemetaan terumbu karang yang ada di Pulau Karimunjawa dan Kemujan Balai Taman Nasional Karimunjawa.

1.5 Waktu dan Tempat

Kegiatan penelitian skripsi tentang Analisis Perubahan Luasan Terumbu Karang dan Kondisi Lingkungan di Perairan Pulau Karimunjawa dan Pulau

Kemujan Taman Nasional Karimunjawa dilakukan pada tanggal 16 Agustus sampai 21 Agustus 2016 yang berlokasi di Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan, Jepara, Jawa Tengah.

2.TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Terumbu karang

Karang merupakan binatang yang sederhana berbentuk tabung dengan mulut berada di atas yang juga berfungsi sebagai anus. Di sekitar mulut dikelilingi oleh tentakel yang berfungsi sebagai penangkap makanan. Mulut karang berhubungan dengan tenggorokan yang pendek dengan rongga perut terletak di bawahnya. Rongga perut berisi usus yang disebut dengan mesenteri filamen yang berfungsi sebagai alat pencerna, dan tempat perkembangan gonad. Selanjutnya dijelaskan bahwa karakteristik dari hewan tersebut ialah: bentuk tubuh simetris bilateral, cara hidup berkoloni (kelompok), bereproduksi secara seksual dan aseksual, skeleton kompak yang terbuat dari bahan kapur, dengan jumlah tentakel enam atau kelipatannya (Suharsono, 1996).

Terumbu karang adalah sekumpulan hewan karang atau polip yang bersimbiosis dengan sejenis tumbuhan alga yang disebut *zooxanthellae*. Terumbu karang terdiri dari dua kata yaitu terumbu dan karang. Terumbu adalah endapan masif batu kapur terutama kalsium karbonat (CaCO3), sedangkan karang adalah hewan tak bertulang belakang yang termasuk dalam filum coelenterata (hewan berongga) atau cnidaria yang mampu mensekresi CaCO33. Penyerapan dan pertumbuhan terumbu karang dipengaruhi oleh banyak faktor yaitu salinitas, cahaya, suhu, pH, kejernihan air, aarus dan substrat (Nontji 1993 *dalam* Damayanti 2012)

2.1.1 Fungsi dan manfaat terumbu karang

Terumbu karang mempunyai fungsi sebagai rumah berbagai aneka ragam biota laut, tempat bertelur, tempat memijah, pembesaran, tempat mencari makanan serta tempat tinggal sementara bagi biota laut. Terumbu karang juga berfungsi sebagai benteng hempasan ombak, arus dan pasang surut bagi pulau-

pulau dan berbagai ekosistem pantai lainnya seperti padang lamun dan mangrove (Munasik, 2006).

Nontji (1987)*dalam* Manullang(2012) menambahkan bahwa fungsi alami terumbu karang adalah sebagai berikut :

1) Sebagai lingkungan hidup karena merupakan tempat tinggal dan tempat berlindung, tempat mencari makan dan berkembang biak bagi biota yang hidup di terumbu karang.
2) Sebagai pelindung fisik terhadap pantai dari pengaruh arus dan gelombang karena terumbu karang sebagai pemecah ombak dan penahan arus.
3) Sebagai sumberdaya hayati karena menghasilkan beberapa produk yang memiliki nilai ekonomis penting seperti berbagai jenis ikan karang, alga, teripang, dan mutiara.
4) Sebagai sumber keindahan karena menampilkan pemandangan yang sangat indah dan jarang dapat ditandingi oleh ekosistem lain.

2.1.2 Ekosistem terumbu karang

Ekosistem terumbu karang merupakan ekosistem yang subur dan paling produktif di lautan, hal ini disebabkan oleh kemampuan terumbu untuk menahan nutrien dalam sistem dan berperan sebagai kolam untuk menampung segala masukan dari luar terumbu karang memiliki potensi keragaman spesies penghuninya yang bernilai ekonoms tinggi. Salah satu penyebab tingginya keragaman spesies ini adalah karena variasi habitat yang terdapat di terumbu, dan ikan merupakan organisme yang jumlahnya paling banyak yang dapat ditemui (Yusuf, 2013).

2.2 PenurunanLuasan Terumbu karang

Secara umum kerusakan dan penurunan dari terumbu karang dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu dari aktifitas manusia dan faktor alam.

2.2.1 Faktor Alam

Salah satu yang menyebakan kerusakan karang berasal dari faktor alam yaitu meningkatnya jumlah predator atau hewan pemakan karang yang dapat menyebabkan kerusakan hingga kematian karang dan perubahan iklim global seperti peningkatan suhu. Dampak peningkatan suhu terhadap terumbu karag dapat mengakibatkan *coral bleaching* dan kematian karang. Selain itu, adanya pemangsa oleh predator akan mengakibatkan kerusakan karang dengan sekala yang besar. Beberapa contoh hewan yang termasuk predator alami terumbu karang seperti bintang laut berduri (*Acanthaster plancii*), bulu babi (*Echinometra mathaei)* dan beberapa jenis ikan karang seperti *Chaetodon sp* dan ikan kakatua (*Scarrus sp*) (Pasaribu,2008).

2.2.2 Aktifitas Manusia

Ekosistem terumbu karang terus mengalami tekanan akibat dari aktifitas manusia. Aktifitas manusia secara langsung maupun tidak langsung dapat berdampak pada ekosistem terumbu karang. Beberapa aktivitas manusia yang secara langsung menyebabkan kerusakan terumbu karang antara lain adalah menangkap ikan dengan menggunakan bom, dan racun sianida (potas), pembuangan jangkar, penggunaan alat tangkap yang merusak terubu karang, penambangan batu karang, penambangan pasir dan sebagainya. Aktifitas manusia yang secara tidak langsung menyebabkan kerusakan terumbu karang seperti sedimentasi yang disebabkan aliran lumpur akibat dari penggundulan hutan, kegiatan pertania, penggunaan pupuk pestisida yang berlebih, sampah plastik dan lainya (Sukmara *et al*, 2001)

2.3 Faktor Pembatas Terumbu Karang

Faktor-faktor fisik-kima yang dapat mempengaruhi laju kehidupan atau pertumbuhan karang, diantaranya adalah suhu, salinitas, DO, pH, dan arus.

2.3.1 Suhu

Terumbu karang dapat bertahan selama beberapa waktu pada suhu agak di bawah 20^0C. Pertumbuhan karang yang paling optimal terjadi padaperairan dengan suhu rata-rata tahunannya 23-25^0C, namun masih mentoleransi suhu sampai pada 36-40^0C Terumbu karang peka terhadap perubahan iklim sebab mereka *bleaching* dengan cepat secara dramatis sebagai respon dari peningkatan temperatur permukaan laut terumbu karang hidup di lingkungan-lingkungan yang dekat dengan ambang batas yang berkenaan dengan panas (Batas Temperatur maksimal untuk hidup), dan bahkan peningkatan-peningkatan temperatur dari 1 atau 2^0C di atas rata-rata dalam satu periode satu periode dapat menjadi penyebab *bleaching* massal (Nybakken, 1992).

2.3.2 Salinitas

Terumbu karang tidak dapat bertahan dari salinitas yang jelas menyimpang dari salinitas air laut normal yaitu 32–$35^0/_{00}$ (Nybakken, 1988). Menurut Munandar (2006), terumbu karang memiliki batas kisaran salinitas air laut yang normal antara 23-$36^0/_{00}$. Di bawah kisaran ini, proses pembentukan didominasi karbonat oleh kerang-kerang dan alga biru-hijau. Salinitas rendah dan kekeruhan adalah merupakan dasar mengapa batas penyebaran karang tidak terjadi pada muara sungai.

2.3.3 Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut atau DO adalah salah satu faktor pembatas yang paling penting bagi organisme air. Banyaknya oksigen terlarut melalui udara ke air tergantung pada luas permukaan air, suhu, dan salinitas air. Oksigen yang terlaurt diperlukan oleh *zooxanthellae* untuk melakukan proses fotosintesis, yang dapat

membantu koral untuk membentuk terumbu. Kandungan oksigen terlarut (DO) minimum adalah 2 mg/L dalam keadaan normal dan tidak tercemar oleh senyawa beracun (toksik). Kandungan oksigen terlarut minimum ini sudah cukup mendukung kehidupan organisme (Aini, 2013).

2.3.4 pH

Kehidupan organisme aquatic sangat dipengaruhi oleh fluktasi nilai dari pH. Pada umumnya organisme aquatic toleran pada kisaran nilai pH yang netral menyatakan pH yang ideal bagi organisme aquatic 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).

2.3.5 Arus

Faktor arus dapat berdampak baik atau buruk bagi terumbu karang. Dampak positif apabila arus membawa nutrien dan bahan-bahan organik yang diperlukan oleh karang dan *zooxanthellae*, sedangkan dampak negatifnya apabila arus menyebabkan sedimentasi di perairan terumbu karang dan menutupi permukaan karang sehingga berakibat pada kematian karang (Aryati,2007).

2.4 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah teknik yang dikembangkan untuk memperoleh dan menganalisis informasi tentang bumi dimana informasi tersebut khusus berbentuk radiasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan dari permukaan bumi (Darmawan, 2010). Menurut Lillesand dan Keifer (1990), bahwa pada dasarnya pengideraan jauh merupakan suatu ilmu atau teknologi untuk memperoleh fenomena alam atau suatu informasi melalui suatu analisis data yang diperoleh dari hasil rekaman objek, daerah atau fenomena yang dikaji. Perekaman atau pengumpulan data penginderaan jauh dilakukan dengan

menggunakan alat penginderaan (sensor) yang biasanya dipasang di pesawat terbang atau satelit.

2.4.1 Radiasi Elektromagnetik dengan Kolom Air

Radiasi elektromagnetik sebelum terdeteksi oleh sensor akan mengalami interaksi dengan atmosfer yang disebabkan oleh komponen gas dan partikel yang ada didalamnya. Besar interaksi atmosfer tergantung dengan panjang gelombang elektromagnetik, variasi harian dari kondisi atmosfer dan panjang lintasan yang digunakan (Butler, *et al*., 1998). Bentuk interaksi yang biasanya terjadi antara energi dengan atmosfer adalah hamburan (*Scattering*) dan penyerapan (*absorption*). Hamburan atmosfer adalah suatu mekanisme dimana radiasi elektromagnetik mengalami refleksi ke segala arah oleh partikel atmosfer. Ada sebagian dari spektrum radiasi elektromagnetik yang energi radiasi elektromagnetiknya diteruskan oleh atmosfer, yaitu pada interval tertentu berupa celah sempit yang dikenal sebagai jendela atmosfer (Paine, 1992).

Radiasi elektromagnetik yang mengenai suatu kenampakan di muka bumi akan berinteraksi dengan obyek, dengan tiga perlakuan, yaitu dipantulkan, diserap, dan ditransmisikan. Pantulan, serapan dan transmisi akibat interaksi dengan obyek itu mempunyai keseimbangan tenaga yang berbeda, yang disebabkan oleh beberapa hal diantaranya, jenis obyek muka bumi (jenis materi dan kondisinya) serta panjang gelombang. Pemantulan akibat interaksi dengan target terdiri dari pemantulan spekuler (*spekuler reflectance*) dan pemantulan hambur (*diffuse reflectance*). Pemantulan spekuler terjadi apabila energi elektromagnetik dipantulkan ke satu arah, disini sudut datang sama dengan sudut refleksi. Sedangkan pemantulan hambur adalah proses pemantulan radiasi elektromagnetik yang menyebar ke segala arah.

2.4.2 Pemanfaatan Pengideraan Jauh untuk Terumbu Karang

Penginderaan jauh untuk terumbu karang mempunyai berbagai macam tujuan yang relevan, mulai dari komposisi karang : batas fisik, bentik, batimetri rugosity, dan lingkungan parameter seperti permukaan laut suhu, eksposur, cahaya, karbonat kimia (Hedley J.D *et al*, 2016).

Objective dan sensor	Feasibility	Pertimbangan	Keterbatasan
Reef Extent			
Resolusi satelit tinggi dan sedang,sensor airborne	Secara umum mungkin	keheterogenenan spasial yang menentukan lokasi dengan menggunakan sensor	
Rugosity			
Sensor aktif pada kapal dan airborne	Secara umum mungkin	Kedalaman, kekeruhan dan spasial heterogen untuk menentukan lokasi dengan metode akustik (laser, suara)	Peta yang dihasilkan dari interpolasi diantara jalur, hasilnya tidak akurasi jika jarak dengan datasetnya terlalu besar.
Coral vs Macroalgae			
Sensor hyperspectral airborne	Hanya ditujukan pada beberapa kasus	Nilai attenuitas kolom air , persen dari komponen spektral yang sama dan spasial heterogen pada lokasi yang kemungkinan sama	Mixing spektral membuat jumlah penutupan tidak memungkinkan pada saat ini
Coral mortality			
Sensor hyperspectral airborne	Hanya ditujukan pada beberapa kasus	Nilai attenuitas kolom air , dan spasial heterogen pada lokasi yang kemungkinan sama	Hanya mortalitas secara masa yang dapat diketahui
Coral bleaching			
Sensor multispektral hyperspectral airborne dan sensor satelit	Hanya ditujukan pada beberapa kasus dan teori	Nilai attenuitas kolom air , dan spasial heterogen pada lokasi yang sama. Kesalahan spektral dengan pasir seharusnya dihindari dengan membandingkan antara image dengan loksi yang sama	Perbedaan spektral dari beberapa intensitas pemutihan tidak mungkin. Kecuali pemutihan secara masa terjadi di lokasi, penilaian pemutihan menggunakan perbandingan satelit tidak layak
Bathymetri			
Hyperspectral airborne dan resolusi tinggi pada sensor satelit, akaustik dan LIDAR	Secara umum mungkin	Untuk metode pengolahan citra optik bisa tapi cukup rumit	Tingkat keakurasian data optik pada batas kedalaman dan air keruh. Metode akustik memerlukan interpolasi diantara jalur

Gambar 1. Teknologi Penginderaan Jauh untuk Terumbu Karang

Sekarang pemetaan terumbu karang sudah sangat berkembang. Studi yang dilakukan oleh Brandon J. Russel tahun 2016 yaitu dapat memetakan refleksi spektral untuk merespon *zooxanthellae* didalam karang (*Symbiodiniumtrenchii*). Nilai spektral reflektan diambil dari beberapa jenis simbion dari terumbu karang yang berbeda , jenis simbionya yaitu *Cyphastrea serailia* (*C. serailia*) dan *Pachyseris rugosa* (*P. rugosa*), dari lokasi inshore dan lepas pantai dengan kedalaman yang berbeda. Menggunakan resolusi piksel sebesar 10.000 *pixel* per Cm^2 . Meskipun hasil penelitian ini bekum ada spektral yang membedakan jenis simbion, tetapi perbedaan spektral ini dapat memberi informasi tentang kelimpahan simbion yang ada di karang (Rusell *et al*, 2016) .

2.5 Citra Landsat

Citra satelit Landsat memiliki tingkat akurasi dalam penampakan ruang bumi seperti permukaan tanah, kedangkalan pantai dan terumu karang. Program landsat bergabung dengan perusahaan *U.S. Geological Survey* (USGS) dan *the National Aronautics and Space Administratioin* (NASA). NASA mengembangkan instrumentasi *remote sensing* dan pesawat luar angkasa, meluncurkan dan memvalidasi kemampuan instrumentasi dan satelit. USGS mengasumsikan kepemilikan dan pengoperasian satelit, selain mengelola seluruh permukaan bumi dan pengarsipan data (USGS, 2013).

2.5.1 Landsat 7 *Enhanced Thematic Mapper* (ETM)

NASA meluncurkan satelit pertama pada tanggal 23 juli 1972 yang disebut dengan ERTS-1 (*earth resources technology satelllite*), menuyusul pada tahun 1975 ERTS-2 yang membawa sensor RBV (*Retore Beam Vidcin*) dan MSS (*Multi Spectral Scanner*) yang mempunyai resolusi spasial 80 x80 m. Setelah ERSTI-1 dan ERST-2 diluncurkan telah berganti nama menjadi Landsat 1 dan Landsat 2,

diteruskan dengan seri-seri berikutnya, yaitu Landsat 3, 4, 5, 6 , dan Landsat 7 yang diorbitkan pada bulan Maret 1998, merupakan bentuk baru dari landsat 6 yang gagal mengorbit (NASA, 2013).

Tabel 1. Spesifikasi Landsat 7 ETM

Band	Keterangan	Panjang Gelombang	Resolusi
1	Biru (-hijau)	0.45-0.52 µm	30 Meter
2	Hijau	0.52-0.60 µm	30 Meter
3	Merah	0.63-0.69 µm	30 Meter
4	NIR	0.76-0.90 µm	30 Meter
5	SWIR	1.55-1.75 µm	30 Meter
6	TIR	10.40-12.50 µm	60 Meter
7	SWIR	2.08-2.35 µm	30 Meter
Pan	VNIR/False color	0.52-0.90 µm	15 Meter

(NASA,2013)

2.5.2 Landsat 8 *Operational Land Imager* (OLI)

Landsat 8 merupakan kelanjutan dari misi lansat yang pertama kalinya menjadi satelit bumi sejak (1972) Landsat 1. Landsat 8 atau LDCM mulai menyediakan produk citra *open access* sejak tanggal 30 Mei 2013, NASA lalu menyerahkan satelit LDCM kepada USGS. Pengolahan arsip data citra masih ditangani oleh EROS Center. Sensor Landsat 8 OLI dapat mempelajari lingkungan perairan dengan baik, seperti pemodelan atmosfer, pengukuran kenaikan permukaan air laut lebih baik dari satelit lansat sebelumnya. Hal ini dikarenakan adanya penambahan band dan peningkatan SNR yang menyebabkan pengambilan data bentik lebih akurat (Green, 1996)

Landsat satelit bumi yang telah lama beroperasi untuk melakukan perekaman semua objek yang ada dibumi. Landsat 8 adalah satelit bumi hasil pengembangan dari landsat 7 ETM+ yang telah berhenti pada bulan Mei tahun 2013. Lansat 8 OLI memiliki resolusi sama dengan Landsat 7 sebelumnya yaitu 30 meter dengan resolusi panchromatic 15 meter tetapi untuk band 10 dan band 11 memiliki resolusi 100 meter. Landsat 8 OLI ini juga memili band 11 dimana spesifikasi dari setiap band dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Spesifikasi Landsat 8 OLI

Band	Keterangan	Panjang Gelombang	Resolusi
1	Coastal/Aerosol	0.433-0.453 µm	30 Meter
2	Blue	0.450-0.515 µm	30 Meter
3	Green	0.525-0.600 µm	30 Meter
4	Red	0.630-0.680 µm	30 Meter
5	Near-IR	0.845-0.885 µm	30 Meter
6	SWIR-1	1.560-1.660 µm	30 Meter
7	SWIR-2	2.100-2.300 µm	30 Meter
8	Pan	0.500-0.680 µm	15 Meter
9	Cirrus	1.360-1.390 µm	30 Meter
10	LWIR-1	10.30-11.30 µm	100 Meter
11	LWIR-2	11.50-12.50 µm	100 Meter

(NASA,2013)

2.6 *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA)

Satelit ini melintas bumi melewati kutub utara dan kutub selatan bumi (Polar Orbital Satellite)Satelit NOAA memantau setengah luas wilayah Indonesia sekitar Panjang 2997 Km, dan Lebar 5106 Km. Sensor yang digunakan adalah AVHRR yaitu pengamatan berupa fenomena perairan –upwelling, front thermal dan SST.

Tabel 3. Spesifikasi NOAA AVHRR

KANAL AVHRR	PANJANG GELOMBANG (μm)	DAERAH SPEKTRUM	FUNGSI
1	0.58 – 0.68	Sinar tampak (*visible*)	- mendeteksi permukaan darat dan laut - pemetaan awan disiang hari - pemetaan salju dan lapisan es - mendeteksi jenis awan - memantau perkembangan tanaman
2	0.725 – 1.10	Infra merah dekat (*near infrared*)	- menentukan batas perairan - pemantauan salju dan es
3	3.55 – 3.93	Infra merah menengah (*middle infrared*)	- penentuan awan dimalan hari - membedaan daratan dan laut - memantau aktivitas vulkanik - memonitor kebakaran hutan
4	10.30 – 11.30	Infra merah jauh (*far infrared*)	- pengukuran *Sea Surface Temperature* (SST) - pemetaan awan siang malam - mengukur kelembaban tanah
5	11.50 – 12.50	Infra merah jauh (*far infrared*)	- pengukuran SST - pemetaan awan siang malam - mengukur kelembaban tanah

2.6.1 *El-Nino Southern Oscillation (*ENSO)

El Nino Southern Oscillation (ENSO) yang dinyatakan dalam skema (*Monsoon-Atmospehere-Ocean System*, MAOS). Data yang digunakan adalah suhu permukaan laut dan vektor angin pada level ketinggian 850 hPa yang diolah selama periode 20 tahun (1970-1990). Terjadi peningkatan suhu permukaan laut di Samudera Pasifik barat ekuator sejak September hingga Mei dan secara bersamaan, terjadi penurunan suhu permukaan laut di Samudera Pasifik Timut ekuator yang berlangsung sejak Juli hingga Maret. Pada periode monsun kuat tersebut, sirkulasi timur-barat di Samudera Pasifik mengalami penguatan. Sedangkan pada periode tahun “monsun lemah” yang berlangsung

dari Juni sampai September, suhu permukaan laut di Samudera Pasifik timur ekuator memanas (Juli- Maret) sedangkan di Samudera Pasifik barat ekuator melemah (September- Juni). Pada periode tahun monsun lemah, terjadi depresi pada sirkulasi timur- barat di Samudera Pasifik ekuator sehingga terjadi fenomena El Nino (yulihastin, 2010).

El Nino Southern Oscillation (ENSO) suatu istilah yang menandai terjadinya perubahan tekanan udara secara global yang kemudian diikuti oleh El Nino. Pada waktu keadaan normal, tekanan udara di atas Lautan Pasifik bagian timur relatif tinggi sedangkan tekanan udara di atas lautan Hindia (Indo-Australia) relatif rendah, sehingga mengakibatkan timbulnya arah angin dari arah timur ke barat. Sedangkan pada saat terjadi El Nino kondisinya berbalik, dari arah barat ke timur. Tekanan udara baik pada keadaan normal maupun pada waktu terjadi El Nino mengakibatkan masa air dengan suhu tertentu (panas). ENSO biasanya dimulai dari bagian tengah lautan Pasifik dekat ekuator pada bulan September dan akhir kurang lebih dalam kurun waktu setahun (Hutabarat, 2001).

2.6.2 *Degree Heating Weeks* (DHW)

NOAA *Coral Reef Watch* (CRW) menyajikan data dalam dua kali seminggu dengan satelit 50 km yaitu *Degree Heating Weeks* (DHW) yang menunjukan akumulasi suhu yang menyebabkan stres pada karang dan pemutihan karang hingga kematian pada karang. Skala nilai DHW adalah 0 sampai 16˚C per minggu. Untuk resolusi spasialnya lebih tepatnya adalah satu setengah derajat. Hasil DHW mengakumulasi pemutihan saat suhu tertinggi atau saat terjadi stres yang diukur dengan *Coral Bleaching Hotspot* selama periode 12 minggu dengan data yang paling baru. Hal ini terkait langsung dengan waktu dan intensitas pemutihan karang. Pemutihan karang secara signifikan biasanya terjadi ketika nilai DHW mencapai 4˚C per minggu. Pada saat nilai DHW mencapai 8˚C per minggu,

kemungkinan akan terjadi pemutihan secara luas dan mortalitas secara signifikan (NOAA, 2017).

Bruno *et al* (2001), menggunakan *Degree Heating Weeks* yang dikeluarkan oleh NOAA/ NESDIS 50 km DHW maps. Observasi ini menunjukkan bahwa ENSO yang terjadi bersamaan dengan kenaikan suhu perairan telah menyebabkan pemulihan di wilayah Pulau tetpai tidak bergantung pada cover area melainkan ketahanan pada tiap spesies. Kajian terumbu karang yang mengalami pemutihan menunjkan hampir 48% dari 946 koloni mengalami pemutihan dan 15% mengalami awal pemutihan tetapi untuk sebagian spesies seperti *Goniopora spp*. Dan *Mentiopora spp*. lebih sedikit mengalami belaching dimanan spesies mempunyai ketahanan tersendiri terhadap stress. Untuk nilai yang berpengaruh terhadap terumbu karang jika nilai DHW > 8.

2.7 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Pengertian Sistem Informasi Geografi (SIG atau GIS) adalah sistem berbasis komputer yang dapat digunakan untuk menyimpan, memanipulasi informasi geografi yang terdiri dari komponen utama yaitu perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*) dan organisasi (manajemen) dan pemakai (Aronof, 1993).Suatu sistem informasi yang dirancang untuk bekerja dengan data yang bereferensi spasial (keruangan) atau koordinat geografi dan data teks (atribut) objek yang dihubungkan secara geografis di bumi (*georeference*) (Anon, 2001).

Data spasial merupakan data yang berkaitan dengan lokasi keruangan umumnya berbentuk peta. Penyajian data spasial memiliki tiga cara dasar yaitu bentuk titik, garis dan area (*polygon*). Struktur data spasial dibagi menjadi dua yaitu data raster dan data vektor. Data raster adalah data yang disimpan dalam bentuk kotak segi empat (grid/sel). Data vektor adalah data yang direkam dalam bentuk koordinat titik dan menyimpan data berupa titik, garis, atau area dengan sistem

dua dimensi. Menurut Green J.P (1996) data atribut adalah data berupa keterangan dalam bentuk statistik, tabular, diagram, maupun tekstual.

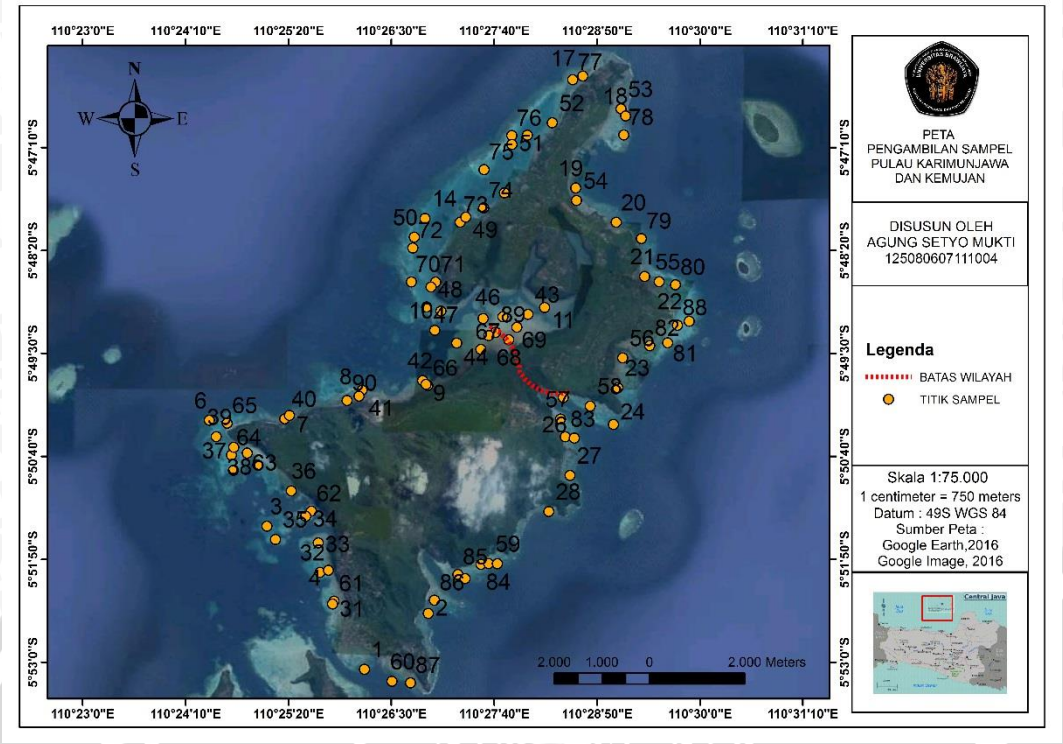
Sistem Informasi Geografis (SIG), yaitu sistem informasi geospasial berbasis komputer dengan melibatkan perangkat lunak dalam penelitian ini yaitu berupa Laptop sebagai *hardware* dan *software* berupa ERMapper dan ArcGis. Pada analisis ini prinsipnya berupa basis data dari data primer maupun data sekunder dengan data aktual sekarang seperti data biologi, data fisik dan data oseanografi (Yulius, 2013).

3. METODOLOGI

3.1 Profil Lokasi

Kepulauan Karimunjawa terdiri atas gugusan 27 pulau. Posisi geografis Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan adalah 5°40'LS sampai dengan 5°57'LS dan 110°04'BT sampai dengan 110°40'BT. Penelitian ini dilaksanakan di Taman Nasional Laut Kepulauan Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Pada bulan Agustus 2016. Penentuan titik lokasi stasiun pengamatan ditempatkan pada daerah yang mewakili sebaran terumbu karang di Pulau Karimunjawa sebagaimana hasil dari pengolahan dan klasifikasi data citra satelit Landsat.

Berdasarkan hasil klasifikasi dibagi menjadi 3 kelas, yaitu karang hidup, karang mati dan pasir. Untuk metode survey lapang menggunakan metode *Stop and Go.* Metode ini dilakukan dengan pengambilan randomsamplingsebanyak 30 titikyang sudah mewakili pada tiap kelasnya, jadi untuk kelas karang hidup 30 titik, kelas karang mati 30 titik dan kelas pasir 30 titik. Kemudian ditentukan dengan menggunakan alat GPS untuk membantu menentukan titik lokasi tersebut dilapangan dan perahu motor sebagai alat akomodasi. Untuk analisis uji akurasi menggunakan *matriks confusion* untuk melihat berapa tingkat akurasi kebenaran peta tersebut dengan keadaan yang sebenarnya dilapangan. Berikut adalah peta titik pengambilan sampel untuk kelas karang, kelas karang mati dan kelas pasir.



Gambar 2. Peta titik pengambilan sampel untuk *ground check*

Berikut ini Tabel 3 adalah titik sampel untuk *ground check* di Perairan Pulau Karimunjawa dan Kemujan :

Tabel 4. Pengambilan Titik Sampel *Ground Check* lapang

Titik	Longitude	Latitude
1	110.436207320	-5.884074670
2	110.429995149	-5.877606129
3	110.448654669	-5.874099989
4	110.418165188	-5.857619797
5	110.429772309	-5.865973882
6	110.416417194	-5.846103474
7	110.407274621	-5.837634275
8	110.422410485	-5.836710059
9	110.435554518	-5.833081043
10	110.448227738	-5.830861190
11	110.449880224	-5.820640677
12	110.470650321	-5.816313192
13	110.459033481	-5.818417107
14	110.451056977	-5.816999454
15	110.448023668	-5.799489626
16	110.463044891	-5.794686732
17	110.467395849	-5.783763690
18	110.477847094	-5.772611236

Titik	Longitude	Latitude
19	110.485934890	-5.780138387
20	110.476537215	-5.793759387
21	110.484156954	-5.800228682
22	110.489544406	-5.810455766
23	110.497984000	-5.818923087
24	110.484480456	-5.831483026
25	110.483652840	-5.838414551
26	110.474154121	-5.833353415
27	110.476258884	-5.840992630
28	110.475431034	-5.848041627
29	110.471435476	-5.854852650
30	110.461687678	-5.864713028
31	110.434386065	-5.881888453
32	110.430554171	-5.872341399
33	110.428196263	-5.866346778
34	110.427832542	-5.860798058
35	110.425473718	-5.855765143
36	110.419780975	-5.860123978
37	110.422745342	-5.850953776
38	110.411816229	-5.847095582
39	110.411894657	-5.842730973
40	110.408572542	-5.840730087
41	110.421503483	-5.837340555
42	110.436135312	-5.831955007
43	110.447587024	-5.830116901
44	110.467469908	-5.817633675
45	110.454020593	-5.823021249
46	110.460079223	-5.821621491
47	110.462741887	-5.818073065
48	110.448339293	-5.816209711
49	110.449155514	-5.812437612
50	110.455742394	-5.799275828
51	110.445988375	-5.803039264
52	110.464471579	-5.785524131
53	110.472083407	-5.781462433
54	110.485085916	-5.778811132
55	110.476649511	-5.796114455
56	110.492295441	-5.811442327
57	110.485412580	-5.825861963
58	110.473656493	-5.837391772
59	110.479272978	-5.834955703
60	110.460035226	-5.864706882
61	110.430849878	-5.879774559
62	110.430119886	-5.870383575
63	110.426556485	-5.854798656
64	110.414410425	-5.843825910
65	110.411452065	-5.844207907
66	110.410630154	-5.838164128

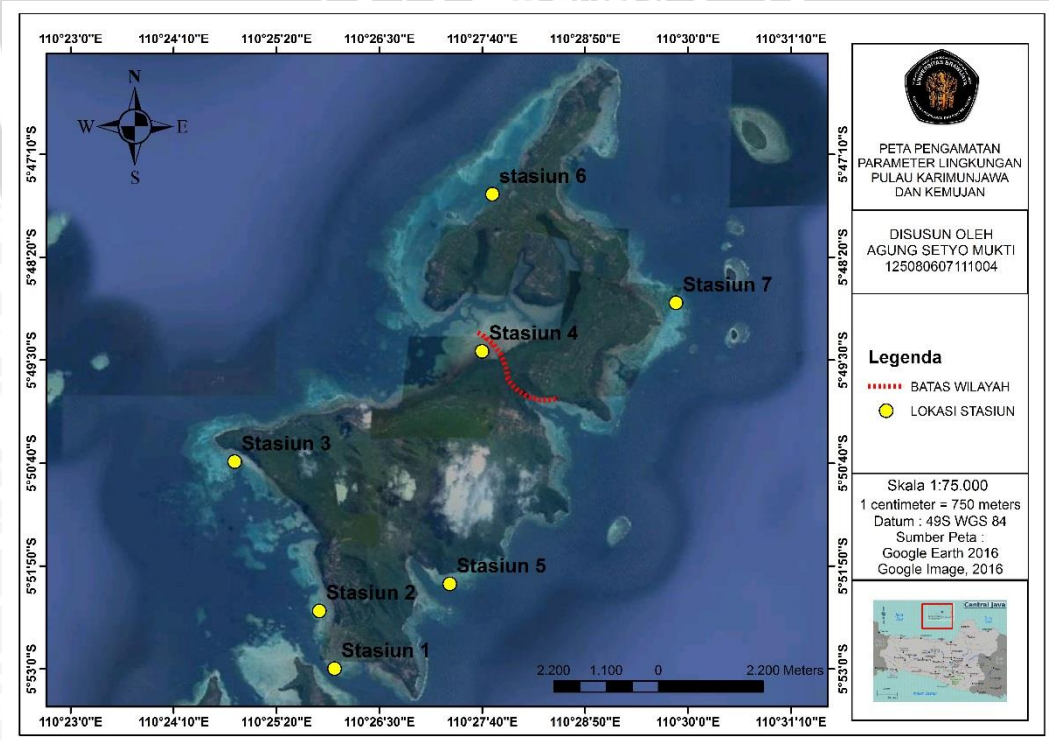
Titik	Longitude	Latitude
67	110.448557882	-5.831063609
68	110.458591760	-5.824230572
69	110.463858499	-5.822428637
70	110.465398832	-5.820060305
71	110.445441693	-5.811480183
72	110.450055843	-5.811514316
73	110.445743728	-5.805082051
74	110.454680875	-5.800232664
75	110.459120100	-5.797511660
76	110.459186131	-5.790283849
77	110.464427316	-5.783860749
78	110.475942391	-5.773296253
79	110.485604411	-5.783732221
80	110.488928987	-5.803315745
81	110.495369210	-5.812030567
82	110.493910073	-5.822989613
83	110.490507995	-5.823549378
84	110.474548971	-5.840745385
85	110.458611897	-5.864842873
86	110.454232079	-5.866734450
87	110.449819720	-5.871617812
88	110.445278332	-5.887224266
89	110.495733026	-5.819686403
90	110.461382828	-5.821004731

Kemudian melakukan pengukuran beberapa parameter fisika dan kimia sebagai data kondisi lingkungan di Perairan Pulau Karimunjawa dan Kemujan seperti suhu, salinitas, DO, pH dan arus yang dilakukan di 7 titik stasiun dilakukan secara acak dengan mewakili kondisi daerah tersebut. Pengukuran dilakukan dengan 3 kali pengulangan agar didapatkan hasil yang valid.

Pengambilan titik stsiun 1 yaitu pada pelabuhan dimana tempat tersebut sering dijadikan tempat bersandar kapal dan air bilas serta terdapat banyak tumpahan bahan bakar minyak. Pengambilan titik stasiun 2 terletak di Pelabuhan perikanan Pulau Karimunjawa yang merupakan tempat bersandarnya kapal- kapal nelayan pencari ikan. Pengambilan titik stasiun 3 terletak di Ujung Gelam yang merupakan salah satu destinasi utama wisata snorkling di Pulau Karimunjawa. Pengambilan titik stasiun 4 yaitu daerah mangrove yang merupakan selat kecil

yang memisahkan Pulau Karimunjawa dengan Pulau Kemujan. Daerah tersebut merupakan daerah dengan kepadatan mangrove yang tinggi.

Pengambilan titik stasiun 5 yaitu daerah Teluk Legon Lele dan dekat dengan Tanjung Bomang yang merupakan salah satu zona inti di Kawasan Taman Nasional Karimunjawa. Pengambilan titik stasiun 6 berada di daerah Merican Pulau Kemujan yang merupakan zona pemanfaatan budidaya rumput laut yang berada di Pulau Kemujan. Pengambilan titik stasiun 7 berada di daerah perairan Jelamun yang merupakan zona pemanfaatan budidaya rumput laut di Pulau Kemujan. Pada daerah tersebut bayak terdapat jaring- jaring pembatas untuk budidaya rumput laut. Akan tetapi daerah ini pemanfaatannya tidak terlalu banyak dibandingkan dengan stasiun 6 yang berada didaerah dekat dengan Pulau Mrican dikarenakan arusnya yang besar sehingga pertumbuhan rumput laut menjadi kurang maksimal. Berikut ini Gambar 3 titik lokasi pengambilan sampel parameter lingkungan di Pulau Karimunjawa dan Kemujan.



Gambar 3. Titik Lokasi Pengambilan Sampel Parameter Lingkungan

3.2 Alat dan Data Citra Satelit

Alat yang digunakan dalam penelitian ini saat di lapang adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Alat yang digunakan dalam penelitian

No	Alat	Spesifikasi	Fungsi
1	Perahu Motor	-	Sebagai alat transportasi ke lokasi penelitian
2	Scuba dan Alat dasar renang	-	Sebagai alat untuk menyelam
3	GPS	GARMIN 64 S	Sebagai alat untuk menentukan posisi geografis pada saat survei lapang
4	Kamera bawah air	15 Megapixel	Untuk mendokumentasikan kegiatan pada saat di dalam air
5	Roll meter	Centimeter, Meter , Kilometer	Untuk mengukur panjang luas dan kerapatan terumbu karang
7	Termometer	Derajat Celcius	Sebagai alat untuk mengukur suhu di perairan lokasi penelitian
8	Current meter	Meter/ Second	Sebagai alat untuk mengukur kecepatan arus
9	Refrakto meter	Ppm	Sebagai alat untuk mengukur salinitas di perairan lokasi penelitian
10	pH meter	-	Sebagai alat untuk mengukur derajat keasaman di perairan lokasi penelitian
11	Laptop	RAM 4 GB 32 Byte OS (Operating System) Windows 8 Core i3	Sebagai perangkat keras untuk mengolah data dan menjalankan semua perangkat lunak yang digunakan dalam proses pengolahan data citra satelit
12	ER Mapper 7.1	-	Untuk mengolah proses koreksi citra satelit, pengklasifian substrat dasar perairan
13	ENVI 4.5	-	Untuk melakukan proses merubah data TIF kedalam bentuk Shapefile

No	Alat	Spesifikasi	Fungsi
14	Surfer 10 (32 bit)	-	Untuk mengolah data suhu, DO, pH, salinitas dan arus dengan menggunakan interpolasi data
15	ArcGIS 9.3	-	Untuk mengolah data spasial dan layouting peta
16	Ms Exel 2010	-	Untuk mengolah data perhitungan ki/kj dan data nilai suhu dari satelit NOAA

Data Citra Satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Data Citra Satelit yang digunakan dalam penelitian

Satelit	Citra	Tanggal Akuisisi	Resolusi	Sumber
Landsat 7	• LE71200642000132SGS00 • LE71200642009268EDC00 • LE71200642011274EDC00	• 11 Mei 2000 • 25 September 2009 • 01 Oktober 2011	Landsat 7 : 30 m (Band 1-5,7) Band Pan 15m	USGS (US Geological Survey) http://earthexplorer.usgs.gov
Landsat 8	• LC81200642013271LGN00 • LC81200642014306LGN00 • LC81200642015293LGN00 • LC81200642016216LGN00	• 15 Juni 2013 • 02 November 2014 • 15 Oktober 2015 • 8 Agustus 2016	Landsat 8 : 30 m (Band 1-7), 15m Band 8, 100 m Band 9 dan 10	USGS (US Geological Survey) http://earthexplorer.usgs.gov

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 16 sampai 21 Agustus 2016 di perairan Pulau Karimun Kepulauan Karimunjawa Jepara Jawa Tengah. Penelitian ini yang pertama yaitu pengolahan data citra Landsat 8 OLI dan Landsat 7 ETM. Tahap selanjutnya yaitu survei lapang dimana survei lapang mencakup pengambilan data primer perairan dan data terumbu karang tahap yang ketiga yaitu pengolahan data survei lapangan berupa data tutupan terumbu karang dan parameter perairan.

3.3.1 Pengumpulan Data Digital

Pengumpulan data digital yang dilakukan adalah mengumpulkan data citra satelit Landsat 7 ETM dan Landsat 8 OLI. Untuk mendapatkan data citra satelit tersebut dapat diunduh pada situs USGS *yaitu http//earthexploler.usgs.gov*. Data citra yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini.

3.3.2 Metode Pengolahan data digital

Metode dalam pengolahan data digital dalam penelitian dapat dilakukan dengan cara komposit dan pemotogan citra, koreksi radiometrik dan geometrik, transformasi citra, dan klasifikasi citra.

3.3.2.1 Komposit dan Pemotongan Citra

Menggabungkan beberapa band untuk memperoleh band baru dari hasil gabungan beberapa band yang berguna untuk memperoleh gambaran suatu wilayah. Pembentukan citra komposit dimaksudkan untuk mendapat gambaran umum tentang data yang akan diproses. Citra komposit penggabungan band / kanal 4,2,1 (RGB) untuk landsat 7 dan kanal 5,3,2 untuk landsat 8 (Pasaribu,2008).

Pemotongan citra hasil komposit dilakukan untuk mengurangi gambar yang tidak perlu, dan hanya memfokuskan citra pada titik lokasi penelitian yang diambil. Menurut Pasaribu (2008), pemotongan citra dilakukan untuk membatasi citra dilakukan untuk membatasi citra sesuai dengan daerah penelitian. Didalam proses pemotretan oleh satelit, maka satelit tersebut akan merekam data pada daerah yang luas sesuai dengan resolusi spasial dari sensor yang digunakan satelit tersebut.

3.3.2.2 Koreksi Radiometrik dan Atmosferik

Koreksi geometrik adalah koreksi data citra satelit yang terfokus pada perbaikan data saat perekaman. Koreksi radiometrik menurut Danang (2014) adalah noise yang ditimbulkan oleh sistem perekaman, salahnya dapat timbul

karena perbedaan posisi matahari pada saat data diakuisisi. Untuk menghilangkan noise tersebut digunakan koreksi radiometrik Top of Atmosfer (ToA). Koreksi ini dilakukan dengan mengubah nilai *digital number* (DN) ke nilai reflektansi. Pada proses ini kita akan memperhitungan posisi penyinaran matahari saat citra diambil dan disesuaikan dengan metadata yang dimiliki oleh citra satelit. Rumus yang didalam pengubahan nilai ini adalah :

$$\rho\lambda' = M\rho Qcal + A\rho / \sin\theta SE$$

Keterangan :

ρλ‘= reflektansi ToA, tanpa koreksi untuk sudut matahari

Mρ = (REFLECTANCE_MULT_BAND_x, dimana x adalah nomor band)

Aρ = (REFLECTANCE_ADD_BAND_x,dimana x adalah nomor saluran)

Qcal = Nilai-nilai pixel produk standar / Nilai Digital Number (DN)

θse= Elevasi angle Matahari dari meta data(SUN_ELEVATION)

Kemudian citra koreksi sudut matahari untuk menghilangkan nilai DN karena perbedaan sudut posisi matahari saat perekaman yang dipengaruhi oleh lamanya perekaman dan lokasi perekaman. Untuk mendapatkan nilai posisi matahari maka dapat dilihat pada file metadata lansat yang berbentuk file (txt.), file ini sudah tersedia dengan data landsat lainnya. Kemudian digabung dengan nilai koreksi sudut datangnya matahari (*Sun Elevation*).

3.3.2.3 Transformasi Citra dengan Lyzenga 1981

Peraturan Direktur Jenderal Kelautan Pesisir dan Pulau - pulau Kecil nomor 09 tahun 2013 tentang pedoman teknis pemetaan potensi sumber daya pulau-pulau kecil. Disebutkan bahwa distribusi spasial karakteristik ekosistem terumbu karang dan padang lamun dapat diinterpretasi dari citra satelit dengan menggunakan beberapa pendekatan seperti komposit band dan penajaman citra

dengan Algoritma *Depth Invariant Index*. Algoritma ini mengaplikasikan metode koreksi kolom air yang dikenal dengan Algoritma Lyzenga (1978). Metode ini efektif untuk meningkatkan kualitas identifikasi dan klasifikasi habitat dasar perairan dangkal secara tematik.

Menurut Pasaribu (2008), pemetaan perairan dangkal untuk melihat sebaran terumbu karang dapat dilakukan dengan penajaman citra yakni dengan menggunakan rumus algoritma yang dikembngkan oleh Lyzenga 1981. Transformasi citra digunakan untuk mendapatkan nilai *pixel* pada suatu area dengan memasukkan rumus algoritma. Algoritma yang digunakan dalam pemetaan wilayah laut dangkal adalah dengan algoritma Lyzenga dan dikembangkan di perairan Indonesia (Siregar,1996) :

Y= In (TM1) + ki/kj In (TM2).....(Rumus 1)

Keterangan :

Y = citra hasil ekstraksi dasar perairan

TM1 = nilai digital band 1 Lansat TM

TM2 = nilai digital band 2 Lansat TM

Ki/kj = nilai koefisien atenuasi

Dimana

Ki/kj = $a+\sqrt{a^2+1}$).....(Rumus 2)

Dengan

a= (Var TM1- Var TM2)/ (2+covar TM1*TM2).....(Rumus 3)

Keterangan

Var = nilai ragam dari nilai digital

Covar = nilai koefisien keragaman dari nilai digital

3.3.2.4 Klasifikasi Citra

Menurut Pasaribu (2008), klasifikasi citra adalah suatu proses untuk mendapatkan citra yang telah dikelompokkan dalam kelas-kelas tertentu berdasarkan nilai reflektasi tiap-tiap objek. Citra yang dihasilkan dengan

transformasi citra selanjutnya diklasifikasi untuk mengklaskan objek atau tutupan lahan ekologi terumbu karang.

3.3.3 Survey Lapangan

Menurut Gandharum dan Chen (2006), untuk mengetahui seberapa akurat hasil klasifikasi citra yang telah dilakukan, uji akurasi dilakukan melalui matriks kesalahan (*error matrix*). Untuk bisa melaksanakan itu diperlukan dua data, yakni Image hasil klasifikasi yang akan diuji akurasinya dan data lapang (*groundtruth data*) sebagai acuan atau referensi.

3.3.3.1 Metode *Stop and Go*

Menurut PERKA BIG tahun 2014 Metode *Stop and Go* merupakan metode yang digunakan untuk memantau objek dasar perairan secara cepat dan dapat digunakan untuk validasi maupun pengumpulan data ekologi. Dengan menentukan sampel sampling secara acak terpilih *(purposive random sampling)* berdasarkan variabilitas kelas yang terlihat dari klasifikasi spectral citra satelit yang sudah diolah Data lapangan sangat dibutuhkan sebagai data acuan dan juga akan digunakan dalam proses penghitungan akurasi(Coremap CTI, 2014). Penetuan titik lokasi pengambilan sampel dengan *random sampling* sebanyak 30 titik. Pengambilan titik ini sudah mewakili tiap klas sehingga sudah cukup jika hanya diambil 30 titik sampel.

Penentuan titik ini berdasarkan kepada hasil pengolahan data citra yang digunakan sebagai data acuan untuk validasi antara hasil pemetaan dan kondisi sebenarnya di Perairan Pulau Karimunjawa. Nilai dari hasil perbandingan tersebut akan dijadikan acuan tingkat keakuratan peta terumbu karang yang telah dibuat. Pada proses pengkalkulasian ini menggunakan matrik kesalahan (*error matrix*). Menurut PERKA BIG (2014) untuk minimal kesalahan interpretasi peta yaitu sebesar 30% dengan nilai minimal benar sebesar 70%.

3.3.4 Perhitungan Luasan dan Persentase Tutupan terumbu Karang

Pada proses perhitungan luasan dilakukan dengan cara *Calculate Geometry*. Menurut Utama (2005) adalah *Calculate Geometry* merupakan suatu prosedur perhitungan otomatis pada ArcGIS berdasarkan bentuk dari data GIS yang tergambar dan sistem koordinat yang digunakan. Pada proses ini menggunaka data vektor. Konversi data raster ke vektor dilakukan untuk mempermudah perhitungna luasan tutupan dari citra yang sudah dipotong (Yekti *et al*, 2013).

Kriteria presentase tutupan terumbu karang ini dilakukan dengan cara membandingkan data karang hidup dengan karang mati. Kriteria presentase tutupan karang berdasarkan pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 4 Tahun 2001 tentang kriteria baku mutu kerusakan terumbu karang dengan kategori :

Tabel 7.Baku Mutu Kriteria Tutupan Karang KLH Tahun 2004

No	Persentase Tutupan (%)	Kategori
1	0-24.9	Rusak
2	25 - 49.9	Sedang
3	50 - 74.9	Baik
4	75 – 100	Baik Sekali

(Sumber, KLH 2004)

3.3.5 Akurasi Citra

Pada penelitian ini dilakukan analisis data dengan metode*matrix confusion* dan juga menggunakan metodeanalisis trend linier. Metode *matrix confusion* digunakan untuk mengetahui tingkat akurasi data antara data citra satelit dengan data keadaan yang ada dilapangan. Analisis trend linier digunakan untuk mengetahui perubahan luasan terumbu karang dengan prediksi trend perubahan yang terjadi dengan melakukan studi literatur. Selain itu analisis juga dilakukan

dari hasil data yang diperoleh berdasarkan pengukuran data kondisi lingkungan yang dilakukan dilapagan.

3.3.5.1 Metode Matrix Confusion

Penelitian menggunakan data dan metode tertentu perlu dilakukan uji ketelitian, karena hasil uji ketelitian sangat mempengaruhi besarnya kepercayaan pengguna terhadap setiap jenis data maupun metode analisisnya. Semakin banyak jenis dan jumlah data penginderaan jauh, maka uji ketelitian perlu dilakukan baik untuk evaluasi maupun sember daya lahannya. Salah satu cara uji ketelitian yaitu menggunakan metode confusion matrik (Short, 1982). *Matrix confussion* merupakan perhitungan setiap kesalahan pada setiap bentuk penutup/penggunaan lahan dari hasil proses klasifikasi citra.

Tingkat akurasi pemetaan ditentukan dengan menggunakan Uji ketelitian klasifikasi mengacu pada Short (1982) dalam Purwadi (2001) dengan formula:

$$MA = (\mathrm{X}cr\ pixel)/(\mathrm{X}cr\ pixel + \mathrm{X}\sigma\ \mathrm{pixel} + \mathrm{pixel}) * 100\%$$

MA = ketelitian pemetaan (mapping accuracy)

Xcr = jumlah kelas X yang terkoreksi

Xo = jumlah kelas X yang masuk ke kelas lain (omisi)

Xco = jumlah kelas X tambahan dari kelas lain (komisi)

3.3.5.2 Analisis Perubahan Luasan

Analisa trend perubahan luasan terumbu karang pada penelitian ini menggunakan metode *trend linear*. Metode ini digunakan untuk mengetahui perubahan luasa terumbu karang dengan prediksi statistik regresi linear. Regresi yang digunakan merupakan regresi sederhana, dimana regresi yang terdiri dari satu variable bebas (prediktor) dan satu variable terikat (response / criterion). Rumus regresi linier sederhana dapat dilihat sebagai berikut (Suharsaputra, 2012) :

$a = \Sigma Y/N$ dan $b = \Sigma XY/\Sigma X2$

$Y = a + bX$ .....(Rumus 5)

keterangan :

Y= Variable tidak bebas (data citra)

X= Variable bebas (data lapang)

a= intersep (koefisien konstanta)

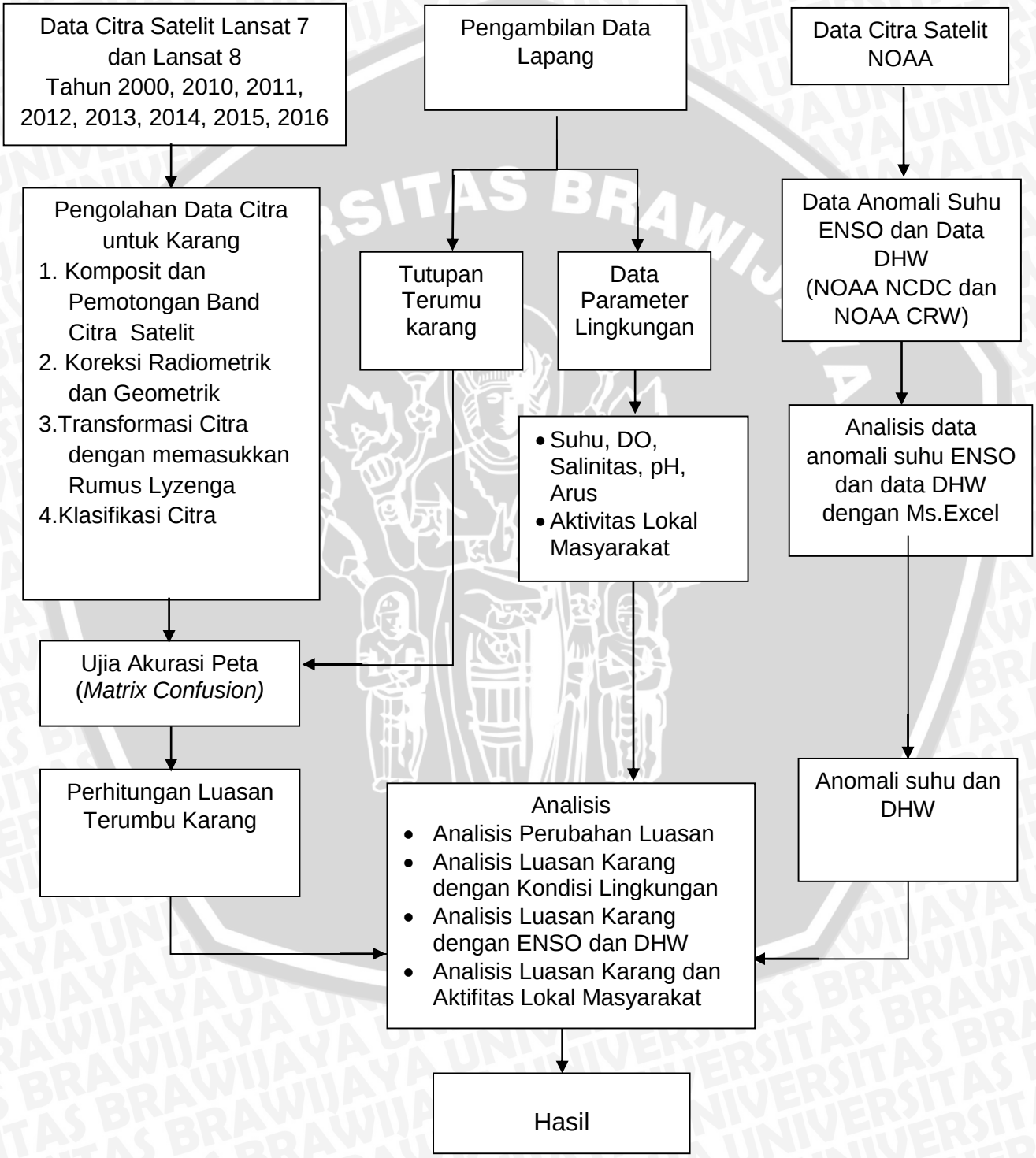
b=koefisien regresi atau koefisien arah

3.3.5.3 Analisis Deskriptif Kuantitatif

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menganalisa perubahan luasan terumbu karang yang terjadi pada perairan Pulau Karimunjawa dan Kemujan. Pendekatan deskriptif bertujuan untuk menggambarkan secara sistematis dan akurat fakta serta karakteristik mengenai populasi atau mengenai bidang tertentu. Sedangkan disisi lain, pendekatan kuantitatif untuk menjelaskan fenomena dengan menggunakan data-data numerik (angka) yang diolah dengan metode statistika. Pendekatan deskriptif ini dilakukan dengan cara mendeskripsikan perubahan luasan terumbu karang di Pulau Karimunjawa dan Kemujan dari tahun 2000 ke tahun 2016.

3.4 Skema Kerja

Berikut Gambar 4 Merupakan skema kerja dari penelitian tentang Analisis Perubahan Luasan Terumbu Karang dan Kondisi Lingkungan Di Perairan Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan Taman Karimunjawa.



Gambar 4. Skema kerja penelitian

Skema kerja penelitian ini adalah dimulai dengan mendowload data citra satelit Landsat 7 dan Landsat 8 di USG Eatrh Exploler. Data Landsat yang digunakan adalah tahun 2000, 2013, 2014, 2015 dan 2016 kemudian diolah dengan menggunakan *softwer* ErMapper. Pengolahan langkah pertama adalah melakukan *stacking layer* dan komposit band pada tiap citra satelit. kemudian melakukan koreksi radiometrik dan geometrik untuk menghilangkan ganguan yang terjadi karena kesalahan perekaman dan adanya gangguan atmosfer. Langkah selanjutnya adalah klasifikasi menjadi 3 kelas yaitu, karang hidup, karang mati, dan pasir. Lalu diubah formatnya ke dalam bentuk *shapefile* dengan *software* ENVI4.5. kemudian yang terakhir adalah proses *layouting* dan perhitungan luasan tiap kelas dengan *software* ArcGIS.

Uji akurasi peta menggunakan metode *Matrix Confusion* untuk menentukan tingkat keakurasian peta dengan keadaa yang ada dilapang dan pada saat *groud check* lapang menggunakan metode *Stop and Go* berdasarkan PERKA BIG tahun 2014. Pada saat dilapang dilakukan juga pengambilan beberapa parameter lingkungan seperti, suhu, salinitas, DO, pH dan arus, serta menganalisis secara visual aktifitas lokal masyarakat yang berhubungan dengan terumbu karang yang ada di Pulau Karimunjawa dan Kemujan.

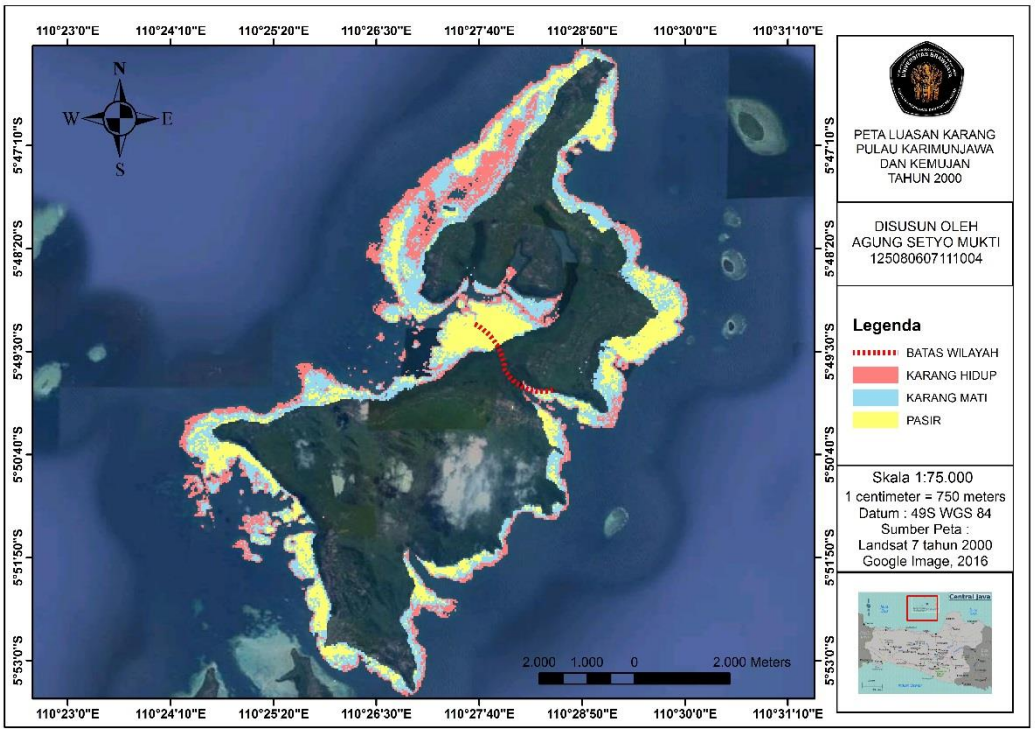
Mendownload data anomali suhu ENSO dan DHW (*Degree Heating Weeks*) pada NOAA. Setelah didowload data dibuka dalam Ms.Excel dan dihitung nilainya. Kemudian semua data yang telah diperoleh dianalisis seperti parameter perairan, fenomena ENSO dan DHW serta aktifitas lokal yang ada disana dengan perubahan luasan terumbu karang yang ada di Perairan Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

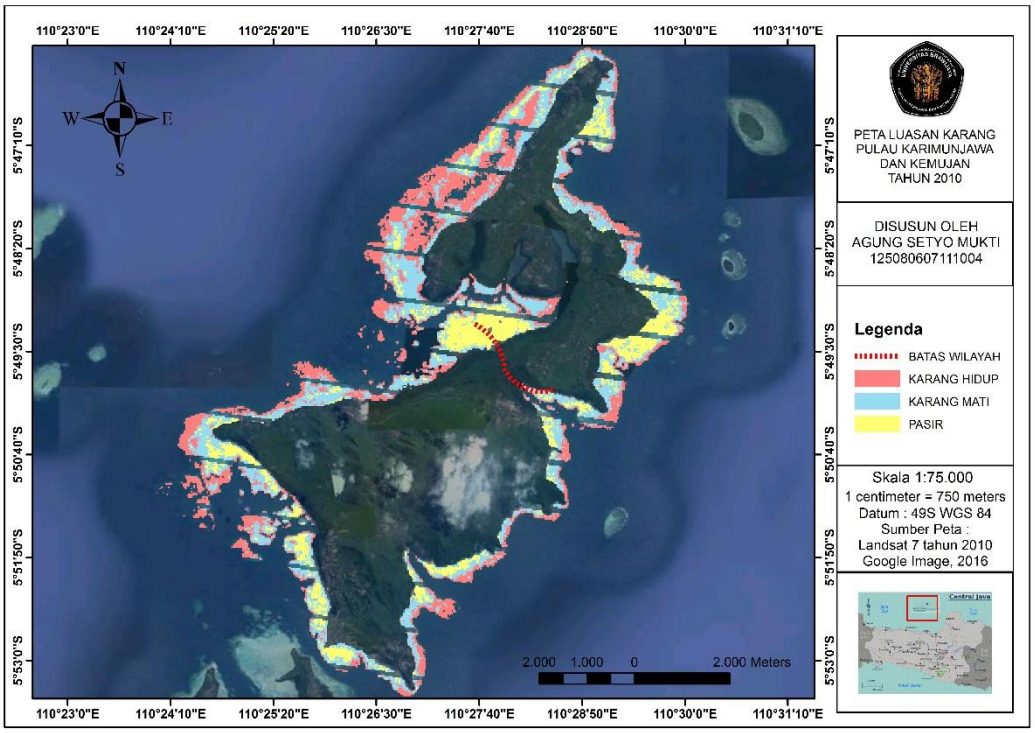
4.1 Hasil

4.1.1 Hasil Data Berdasarkan Penginderaan Jauh

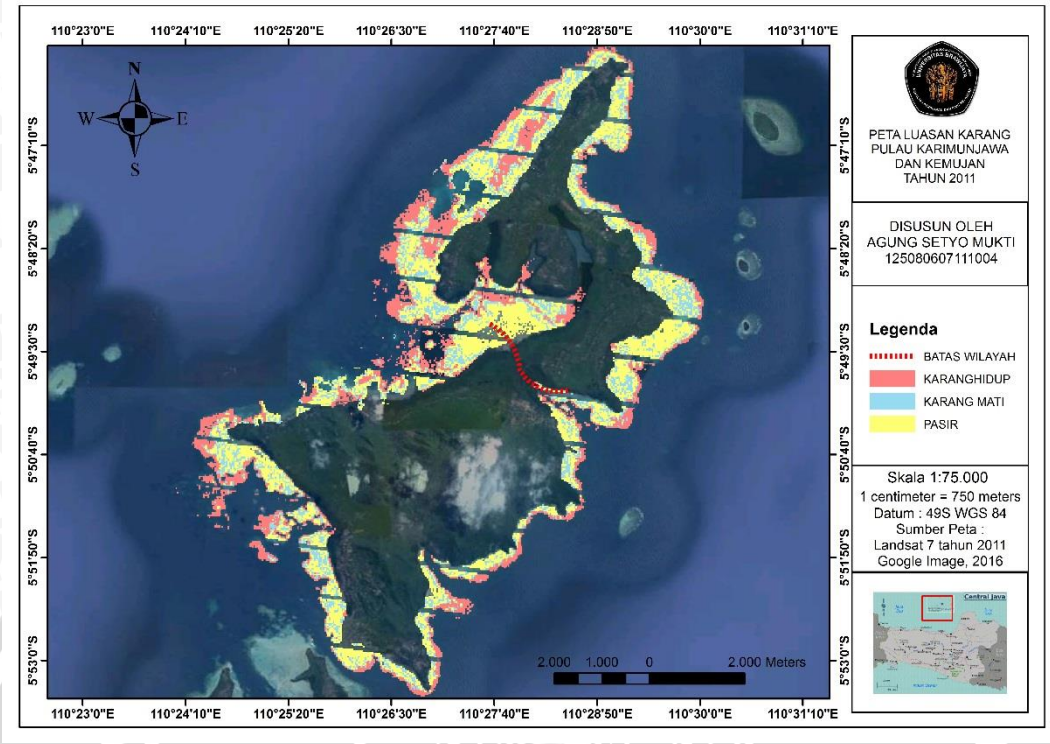
Pada penelitian ini menggunakan 8 data citra satelit Landsat, yaitu pada tahun 2000, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 dan 2016. Pengolahan data pada penelitian ini dengan mengkomposit band citra satelit landsat, kemudian untuk mengurangi gangguan yang berasal dari saat proses perekaman citra maupun dari atmosfer dilakukan proses koreksi geometrik dan atmosferik. Untuk dapat mengklasifikasikan objek dibawah air menggunakan rumus Algoritma Lyzenga tahun 1981. Untuk mendeteksi adanya objek dibawah permukaan air laut dalam data Landsat menggunakan data kanal biru dan kanal merah. Menurut Kardono (1993) menyebutkan bahwa kanal biru dan kanal merah merupakan kanal yang paling baik untuk penetrasi ke dalam kolom bawah air, karena pada kanal biru dan merah terdapat panjang gelombang antara 0,5 – 0,6 µm yang sesuai untuk penetrasi kedalam kolom air.Untuk Landsat 7 menggunakan band 1 dan 2 sedangkan untuk Landsat 8 menggunakan band 2 dan 3. Berikut (Gambar 5 hingga Gambar 12) merupakan peta luasan terumbu karang dari tahun 2000 sampai tahun 2016 di Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemunjan.



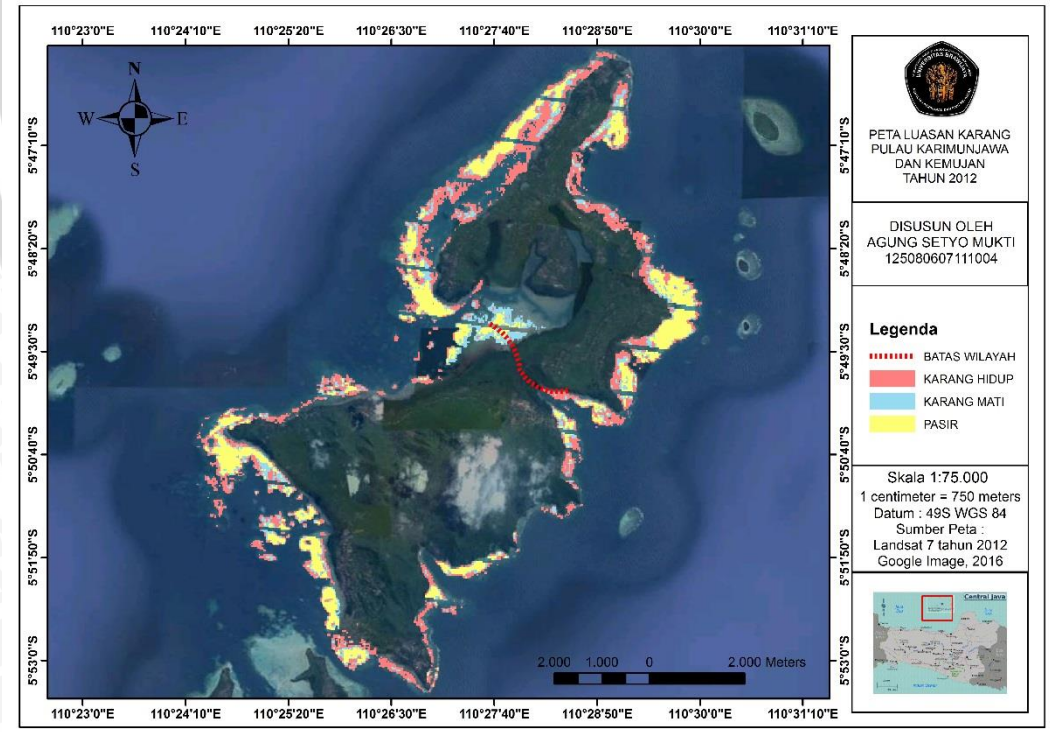
Gambar 5. Peta luasan karang Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan tahun 2000



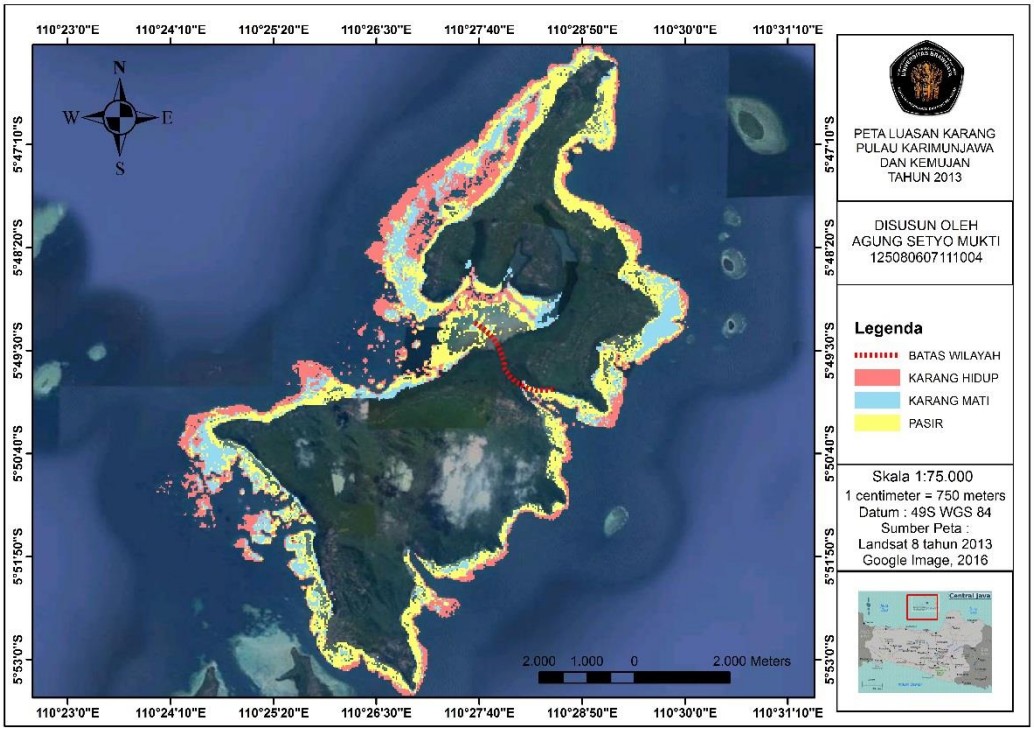
Gambar 6. Peta luasan karang Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan tahun 2010



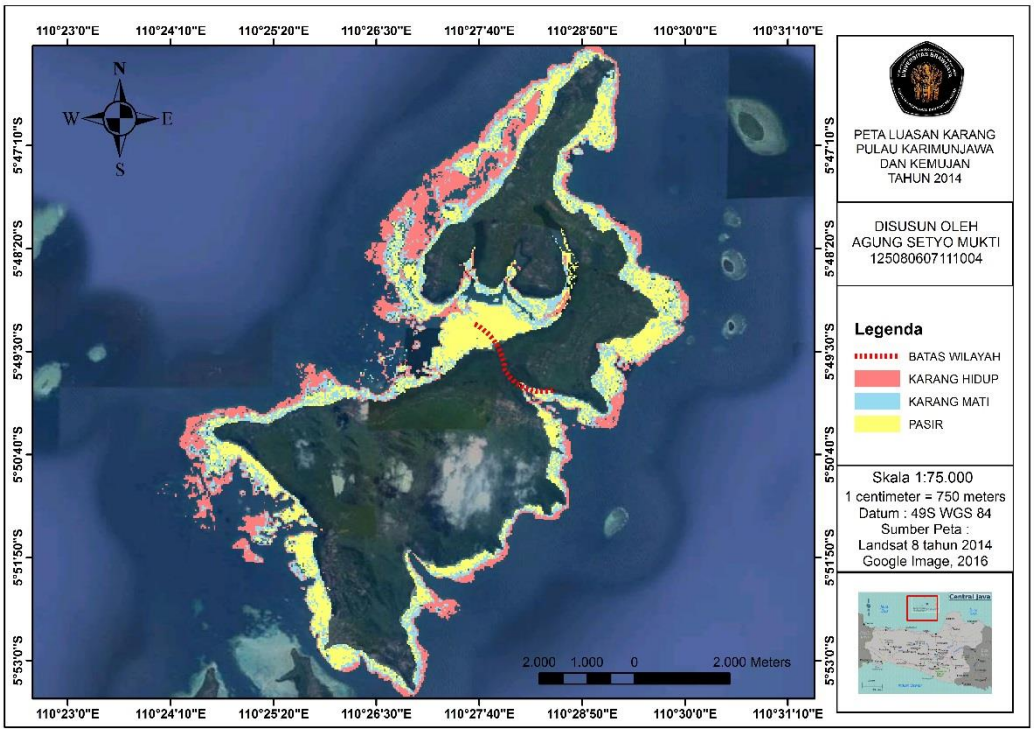
Gambar 7.Peta luasan karang Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan tahun 2011



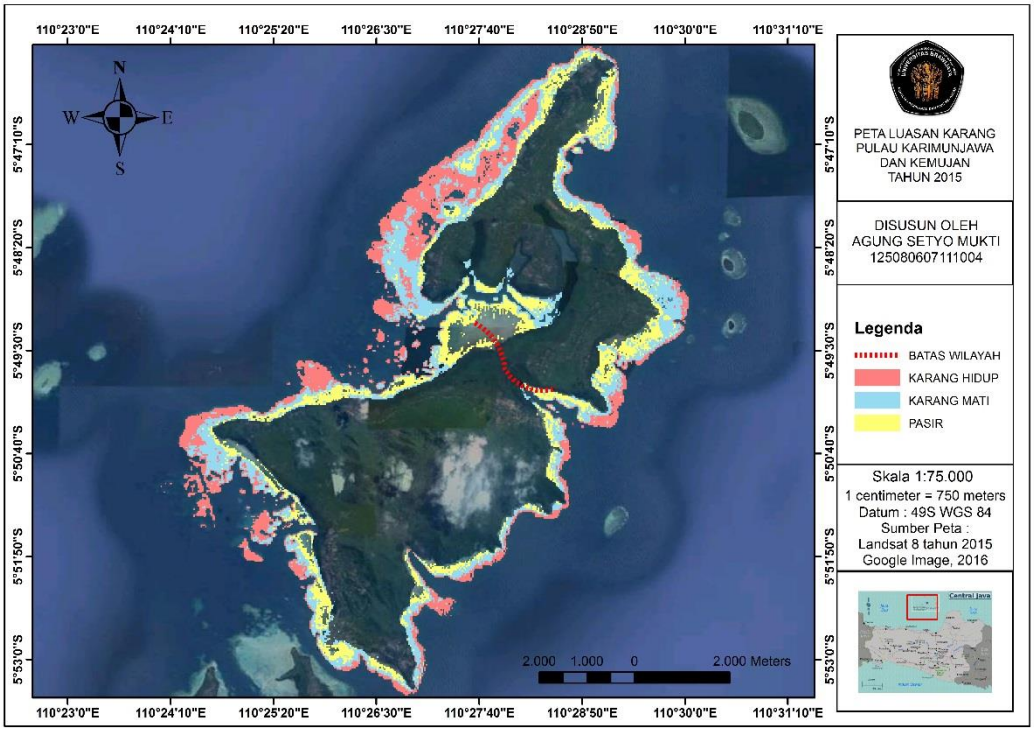
Gambar 8.Peta luasan karang Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan tahun 2012



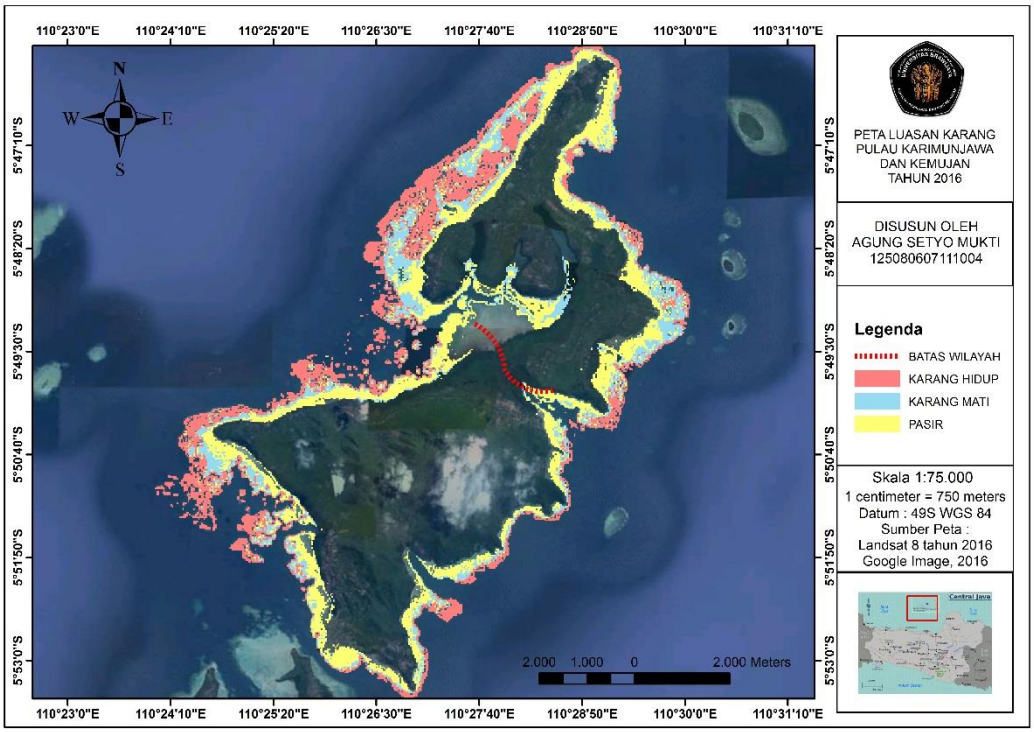
Gambar 9. Peta luasan karang Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan tahun 2013



Gambar 10.Peta luasan karang Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan tahun 2014



Gambar 11.Peta luasan karang Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan tahun 2015



Gambar 12.Peta luasan karang Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan tahun 2016

4.1.2 Perubahan Luasan Terumbu Karang

Untuk mengetahui perubahan luasan terumbu karang di Pulau Karimunjawa dan Kemujan dilakukan proses pengolahan menggunakan beberapa *software*, pertama pengolahan menggunakan ERMapper untuk komposit citra dan pemasukan rumus Algoritma Lyzenga 1981, setelah itu dilakukan proses *Classification Unsupervised* untuk membagi kedalam tiga kelas, yaitu kelas karang hidup, kelas karang mati dan kelas pasir. Kemudian proses selanjutnya mengubah data raster ke vektor menggunakan Envi 4.5 dan terakhir proses *calculation* luas dan *layouting* peta menggunakan ArcGIS9.3. Untuk tahun 2010, 2011, 2012 hasil pengolahan citranya tidak bisa digunakan karena hasil pengolahan data citra menunjukkan garis- garis pada peta yang disebabkan data dari Landsat 7 pada tahun tersebut mengalami ganguan, jadi dampaknya terhadap perekaman data citra satelit dan juga hasil pengolahan data tersebut.

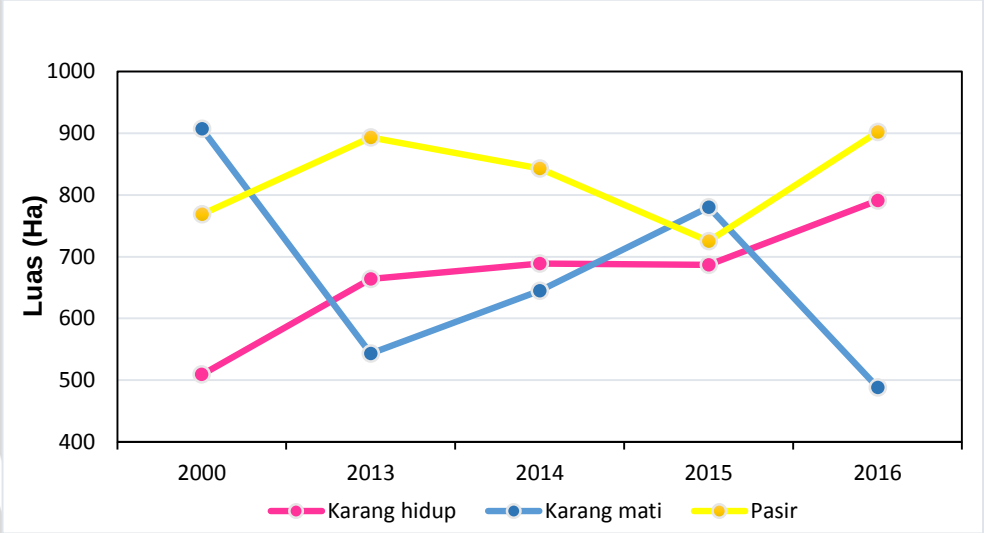
Berdasarkan dari hasil pengolahan luasan terumbu karang dari tahun 2000, 2013, 2014, 2015 dan 2016 di Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan dapat dilihat dari Tabel 8 dibawah ini :

Tabel 8. Luasan kelas karang hidup, karang mati, dan pasir

Keterangan/ Tahun	Luasan (Ha)				
	2000	2013	2014	2015	2016
Karang Hidup	509	664	689	687	791
Karang Mati	907	543	645	780	488
Pasir	769	893	843	725	902
Jumlah (∑)	2.185	2.100	2.177	2.192	2.181

Dari data diatas didapatkan hasil persentase prakiraan luasan yang diperoleh dari pengolahan data citra satelit Landsat tahun 2000, 2013, 2014, 2015 dan 2016. Diklasifikasikan menjadi 3 kelas yaitu karang hidup, karang mati dan

pasir. Luasan terumbu karang terjadi penurunan dan peningkatan luasan terumbu karang. Pada tahun 2000 hingga tahun 2013 naik sebesar 13 % yaitu dari 509 Ha pada tahun 2000 menjadi 664 Ha pada tahun 2013. Pada tahun 2013 hingga tahun 2014 luasan terumbu karang mengalami peningkatan sebesar 1,8% yaitu dari 664 pada tahun 2013 menjadi 689 Hapada tahun 2014. Pada tahun 2014 ke tahun 2015, luasan terumbu karang mengalami penurunan sebesar 0,5 % menjadi 687 Ha pada tahun 2015 , kemudian pada tahun 2016 juga terjadi peningkatan luasan terumbu karang menjadi 791 Ha sebesar 7,3 %. Berikut Gambar 13 adalah grafik hasil klasifikasi dan luasan data citra satelit Landsat Tahun 2000, 2013, 2014, 2015 dan 2016.



Gambar 13. Hasil klasifikasi dan luasan dari pengolahan citra satelit landsat

4.1.3 Uji Akurasi Peta

Hasil pengamatan data lapang dari penelitian ini didiperoleh dari beberapa sumber yaitu, pengambilan titik sampel untuk uji akurasi peta, data parameter di lokasi penelitian, serta data dari pengunjung dan aktifitas nelayan di Pulau Karimunjawa.

Survey lapang dilakukan pada tanggal menggunakan metode *stop and go* dengan acuan peta yang sebelumnya telah kita buat.Kemudian melakukan

pengamatan sebanyak 30 titik pada kelas karang hidup, 30 titik pada kelas karang mati dan 30 titik pada kelas pasir. Selanjutnya data yang telah didapatkan saat *Ground Check* menggunakan metode *Stop and Go* di Pulau Karimunjawa dan Menjangan pada tahun 2016. Menurut peraturan Ketua Badan Informasi Geospasial Nomor 8 Tahun 2014 tentang pedoman teknis dan pengolahan data geospasial habitat dasar pengolahan perairan dangkal, uji akurasi menggunakanacuan 70% data lapang. Sehingga perbandingan data yang terklasifikasi dengan data lapang harus mencapai nilai minimal 70%. Berikut adalah Tabel9 adalah hasil pengukuran uji akurasi dengan menggunakan *matrix confusion*.

Tabel 9. hasil pengukuran uji akurasi dengan *matrix confusion*

Kelas	Karang Hidup	Karang Mati	Pasir	Kelas Benar	Total	Komisi	Ketelitian Prosedur
Karang Hidup	**19**	8	3		30	36.67	63.33
Karang Mati	5	**21**	4		30	30	70
Pasir	0	5	**25**		30	16.67	83.33
Kelas Benar				**65**			
Total	24	34	32		**90**		
Omisi	20.83	38.23	21.87				
Ketelitian Pengguna	79.16	61.76	78.12				**72.22**

Hasil tabel uji akurasi dengan menggunakan *matrix confusion* didapatkan hasil tingkat ketelitian klasifikasi pengolahan data citra satelit pemetaan terumbu karang di Pulau Karimunjawa dan Kemujan adalah sebesar 72,22% dengan tingkat *Error* klasifikasi sebesar 28% . Dari nilai tersebut dapat disimpulkan nilai tersebut termasuk dalam data akurasi yang akuran karena lebih dari nilai minimum 70 %.

4.1.4 Data Parameter Lingkungan

Terumbu karang merupakan organisme yang sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan, apabila perubahan lingkungan tersebut diluar batas toleransi terumbu karang maka dapat mengakibatkan karang *stress* maupun mati. Untuk mengetahui pengaruh dari faktor parameter lingkungan Perairan Pulau Karimunjawa dan Kemujan dapat diamati dengan mengambil sampel perairan.Dilakukan pengukuran sampel parameter sebanyak tujuh stasiun di Pulau Karimunjawa dan Kemujan. Data parameter ini digunakan untuk melihat keadaan dan kondisi lokasi penelitian saat dilakukan survey lapang. Lokasi stasiun dipilih secara *purposive sampling* yang dapat mewakili daerah tersebut. Berikut ini adalah tabel pengamatan parameter di Stasiun 1 sampai stasiun 7.

Tabel 10.Pengamatan Parameter di Stasiun 1 di Pulau Karimunjawa dan Kemujan

Parameter	Pengulangan			Rata-rata
	1	2	3	
DO(mg/l)	6,9	6,7	6,7	6,76
Suhu(Celcius)	29	29	29	29
pH	8,2	8,2	8,2	8,2
Salinitas(ppt)	32	32	33	32,2
Arus (m/s)	0,248	0,248	0,248	0,248

Tabel 11.Pengamatan Parameter di Stasiun 2 di Pulau Karimunjawa dan Kemujan

Parameter	Pengulangan			Rata-rata
	1	2	3	
DO(mg/l)	6,4	6,5	6,5	6,46
Suhu(Celcius)	30	30	29	29,6
pH	8,2	8,2	8,2	8,2
Salinitas(ppt)	35	31	31	32,3
Arus (m/s)	0.205	0.205	0.205	0.205

Tabel 12.Pengamatan Parameter di Stasiun 3 di Pulau Karimunjawa dan Kemujan

Parameter	Pengulangan			Rata-rata
	1	2	3	
DO(mg/l)	7,2	7,3	7,6	7,4
Suhu(Celcius)	29	29	29	29
pH	8,2	8,2	8,2	8,2
Salinitas(ppt)	32	33	32	32
Arus (m/s)	0.113	0.113	0.113	0.113

Tabel 13.Pengamatan Parameter di Stasiun 4 di Pulau Karimunjawa dan Kemujan

Parameter	Pengulangan			Rata-rata
	1	2	3	
DO(mg/l)	6,9	6,7	7,2	6,9
Suhu(Celcius)	30	30	30	30
pH	8,1	8,2	8,1	8,1
Salinitas(ppt)	33	33	33	33
Arus (m/s)	0.193	0.193	0.193	0.193

Tabel 14.Pengamatan Parameter di Stasiun 5 di Pulau Karimunjawa dan Kemujan

Parameter	Pengulangan			Rata-rata
	1	2	3	
DO(mg/l)	7,2	7,2	7,7	7,4
Suhu(Celcius)	30	30	30	30
pH	8,2	8,2	8,2	8,2
Salinitas(ppt)	33	33	33	33
Arus (m/s)	0.268	0.268	0.268	0.268

Tabel 15.Pengamatan Parameter di Stasiun 6 di Pulau Karimunjawa dan Kemujan

Parameter	Pengulangan			Rata-rata
	1	2	3	
DO(mg/l)	6,9	7,2	7,7	7,3
Suhu(Celcius)	30	30	30	30
pH	8,2	8,2	8,2	8,2
Salinitas(ppt)	33	33	33	33
Arus (m/s)	0.280	0.280	0.280	0.280

Tabel 16. Pengamatan Parameter di Stasiun 7 di Pulau Karimunjawa dan Kemujan

Parameter	Pengulangan			Rata-rata
	1	2	3	
DO(mg/l)	7,0	7,0	7,0	7,0
Suhu(Celcius)	30	30	30	30
pH	8,2	8,2	8,2	8,2
Salinitas(ppt)	33	33	33	33
Arus (m/s)	0.514	0.514	0.514	0.514

Suhu merupakan salah satu parameter yang sangat berpengaruh bagi terumbu karang, naiknya suhu diatas toleransi mengakibatkan terumbu karang mengalami stress sehingga *zooxanthellae* yang berada di terumbu karang pergi dan menyebabkan pemutihan karang (*bleaching*) (Thomascik, 1997). Pengambilan sampel suhu di Perairan Karimunjawa dan Kemujan berkisar antara 29-30^0 C . Hal tersebut masih dalam ambang batas toleransi terumbu karang, berdasarkan Kementerian Lingkungan Hidup Tahun 2004 batas baku mutu untuk terumbu karang berkisar antara 28-30^{0}C. Namun karang juga masih bisa mentoleransi suhu sampai pada 36-40^0 C (Nybakken, 1992).

Oksigen terlarut merupakan salah satu faktor penting bagi terumbu karang. Oksigen yang terlarut berasal dari proses fotosintesis dan tergantung pada intensitas cahaya yang sampai ke dalam air laut. Kenaikan suhu pada perairan juga dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut dalam air (Aziz *et al*,2011). Kondisi parameter DO di Perairan Pulau Karimunjawa dan Kemujan adalah berkisar antara 6,4 sampai 7,4 mg/l . Menurut KLH (2004) nilai tersebut masih dalam kondisi baik, terumbu karang memiliki toleransi yaitu kurang dari 5 mg/l.

Salinitas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi organisme laut karena mempengaruhi tekanan osmotik dalam tubuh organisme untuk melakukan adaptasi dalam proses osmoregulasi (Aziz, 2011). Pengambilan parameter

salinitas di perairan Pulau Karimunjawa dan Kemujan berkisar antara nilai $31^0/_{00}$-$35^0/_{00}$. nilai tersebut masih dalam kategori normal didalam batas toleransi, berdasarkan KLH 2004 batas toleransi karang berkisar 33-$35^0/_{00}$. Terumbu karang tidak dapat bertahan dari salinitas yang jelas menyimpang dari salinitas air laut normal yaitu 23 – $35^0/_{00}$ (Munandar,2008).

pH merupakan faktor yang dapat mempengaruhi terumbu karang, pH yang bersifat asam menandakan perairan tercemar sehigga dapat membuat karang *stress* dan mati (Aziz,2011). Pengambilan parameter pH di perairan Pulau Karimunjawa dan Kemujan berkisar antara 8,1- 8,2. Nilai tersebut masih dalam kategori dalam batas toleransi, berdasarkan KLH 2004 toleransi karang berkisar antara 7-8,5. Menurut Nyabakken (1992), batas toleransi terumbu karang yaitu 6,5 sampai maksimal 8,5 .

Arus merupakan salah satu faktor yang penting bagi terumbu karang, arus yang kencang dapat membuat kerangka karang patah dan rusak (Aziz*et al*, 2011). Pengambilan data kecepatan arus di Perairan pulau Karimunjawa dan Kemujan berkisar antara 0,10-0,52 m/s. Pengukuran kecepatan arus di lokasi pengamatan dilakukan pada bulan September, dimana pada saat itu terjadi musim Peralihan Timur ke Barat (September – November). Pola arus yang terjadi di perairan laut sekitar Kepulauan Karimunjawa pada khusunya merupakan efek dari perubahan iklim secara umum di perairan Indonesia (Ariyati *et al*,2007).

Dari hasil pengukuran lapang, untuk parameter lingkungan diatas dari Gambar 13 hingga 17 dapat dilihat nilainya dan dibandingkan dengan baku mutu perairan untuk karang. Berikut Tabel 17 merupakan hasil perbandingan antara data lapang dengan baku mutu Kementerian Lingkungan hidup tahun 2004.

Tabel 17. Perbandingan parameter baku mutu

No	Parameter	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4	Stasiun 5	Stasiun 6	Stasiun 7	Baku Mutu	Status
1	Suhu (^oC)	29	30	29	30	30	30	30	28-30	Baik
2	DO (mg/l)	6,7	6,46	7,4	6,9	7,4	7,3	7,0	>5	Baik
3	PH	8,2	8,2	8,2	8,1	8,2	8,2	8,2	7-8,5	Baik
4	Salinitas ($‰_0$)	32	33	32	33	33	33	33	33-34	Baik

Sumber : KLH, 2004

Berdasarkan dari hasil pengamatan parameter kualitas perairan Pulau Karimunjawa pada tujuh titik lokasi pengambilan sampel menunjukan bahwa kondisi lingkungan perairan Pulau Karimunjawa dalam kondisi "Baik" untuk ekosistem terumbu karang, karena tidak ditemukan sampel parameter dengan nilai yang melebihi baku mutu.

4.1.5 *El-Nino Southern Oscillation (*ENSO)

Data didownload dari citra satelit NOAA NCDC untuk melihat nilai anomali suhu yang diindikasikan terjadi fenomena El-Nino dan La-Nina. Nilai tersebut dari tahun 2000 sampai tahun 2016. Tabel 18 merupakan nilai anomali suhu yang terjadi di Pasifik

Tabel 18. Nilai Anomali Suhu tahun 2000 - 2016

Bulan/ Tahun	2000	2013	2014	2015	2016
Januari	-1.7	-0.55	-0.59	0.51	2.509608
Februari	-1.45	-0.49	-0.7	0.36	2.165379
Maret	-1.01	-0.4	-0.46	0.42	1.711209
April	-0.83	-0.15	-0.12	0.73	1.384699
Mei	-0.73	-0.14	0.06	0.87	0.798263
Juni	-0.66	-0.25	-0.04	0.97	0.322799
Juli	-0.56	-0.21	-0.02	1.2	-0.10584
Agustus	-0.53	-0.18	-0.06	1.51	-0.24222
september	-0.53	-0.17	0.16	1.75	-0.13028
Oktober	-0.74	-0.16	0.42	2.03	-0.53968
November	-0.76	-0.15	0.74	2.36	-0.29836
Desember	-0.84	-0.2	0.68	2.31	-
Rata-rata	-0.861	-0.254	0.005833	1.251667	0.688689

Pada tahun 2000 anomali suhu menunjukkan nilai rata -0,8616^{0}C , untuk suhu terendah sebesar -1,7^{0}C pada bulan Januari dan tertinggi -0.53^{0}C pada bulan Agustus. Pada tahun 2013 rata- rata anomali suhu -0,254^{0}C , suhu terendah -

0,59^{0}C pada bulan Januari dan tertinggi -0,14 pada bulan Mei. Pada tahun 2014 anomali suhu menunjukkan nilai rata- rata 0,00583^{0}C, untuk suhu terendah -0,7^{0}C pada bulan Februari dan tertinggi 0,74^{0}C pada bulan November. Pada tahun 2015 nilai rata- rata suhu 1,251^{0}C, untuk nilai suhu tertinggi 2,36 ^{0}C dan nilia terndah 0,36^{0}C pada bulan Februari. Pada tahun 2016 nilai rata- rata suhu 0,688^{0}C , untuk nilai terendah -0,539^{0}C pada bulan Oktober dan tertinggi 2,5^{0}C pada bulan Januari. Nilai ENSO adalah nilai anomali suhu yang dinyatakan dalam derajat celcius. Untuk nilai anomali suhu negatif maka menandakan adanya La-nina pada tahun tersebut, semakin rendah nilai anomali suhu maka semakin tinggi untuk tingkat El-Ninanya. Jika anomali suhu positif maka menandakan terjadinya El-Nino pada tahun tersebut. Semakin tinggi suhu maka tingkat kategori El-Nino semakin tinggi (ICSSR,2010). Dalam tahun 2000 sampai 2016 telah terjadi beberapa fenomena El-Nino dan La-Nina, yang tertinggi seperti tahun 2015 dan awal 2016 nilainya mencapai 2,1^{0}C sampai 2,5^{0}C. Suhu tersebut dapat dikategorikan sebagai El-Nino *Strong* dan *Very Strong ,* karena sangat kuat diindikasikan dapat mempengaruhi terumbu karang yang ada di Pulau Karimunjawa dan Kemujan.

4.1.6 *Degree Heating Weeks* (DHW)

Data DHW didapatkan dari mendowload data citra satelit NOAA tahun 2011 sampai tahun 2016. Kemudian diolah dengan menggunakan Ms.Excel untuk memperoleh nilai rata-ratanya. Tabel 19 nilai DHW di Perairan Pulau Karimunjawa dan Kemujan tahun 2011- 2016.

Tabel 19. Nilai DHW di Perairan Pulau Karimunjawa dan Karimunjawa

Bulan/Tahun	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Januari	0	0	0	0	0	0
Februari	0	0	0	0	0	0
Maret	0	0	0	0	0	0
April	0	0	0	0	0	1.1
Mei	0	0	0	0	0	4.6
Bulan/Tahun	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Juni	0	0	0	0	0	5.2

Juli	0	0	0	0	0	5.2
Agustus	0	0	0	0	0	3.4
September	0	0	0	0	0	0.5
Oktober	0	0	0	0	0	0
November	0	0	0	0	0	0.5
Desember	0	0	0	0	0	1.7
Rata- rata	0	0	0	0	0	1.85

Skala nilai DHW adalah 0 sampai 16˚C per minggu. Hasil DHW mengakumulasi pemutihan saat suhu tertinggi atau saat terjadi stres yang diukur dengan *Coral Bleaching Hotspot* selama periode 12 minggu dengan data yang paling baru. Hal ini terkait langsung dengan waktu dan intensitas pemutihan karang. Pemutihan karang secara signifikan biasanya terjadi ketika nilai DHW mencapai 4˚C per minggu. Pada saat nilai DHW mencapai 8˚C per minggu, kemungkinan akan terjadi pemutihan secara luas dan mortalitas secara signifikan. Untuk nilai DHW (*Degree Heat Weeks*) di Perairan Karimunjawa dan Kemujan tahun 2011 sampai 2016 didapatkan nilai rata- rata 0 untuk tahun 2011 sampai 2015 dan tahun 2016 nilai rata- rata sebesar 1,85. *Coral bleaching* terjadi jika nilai DHW lebih dari 8^0Cdan untuk Perairan Pulau Karimunjawa nilainya 1,85^{0}C jadi tidak terjadi *coral bleacing* pada karang.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Luasan Terumbu Karang

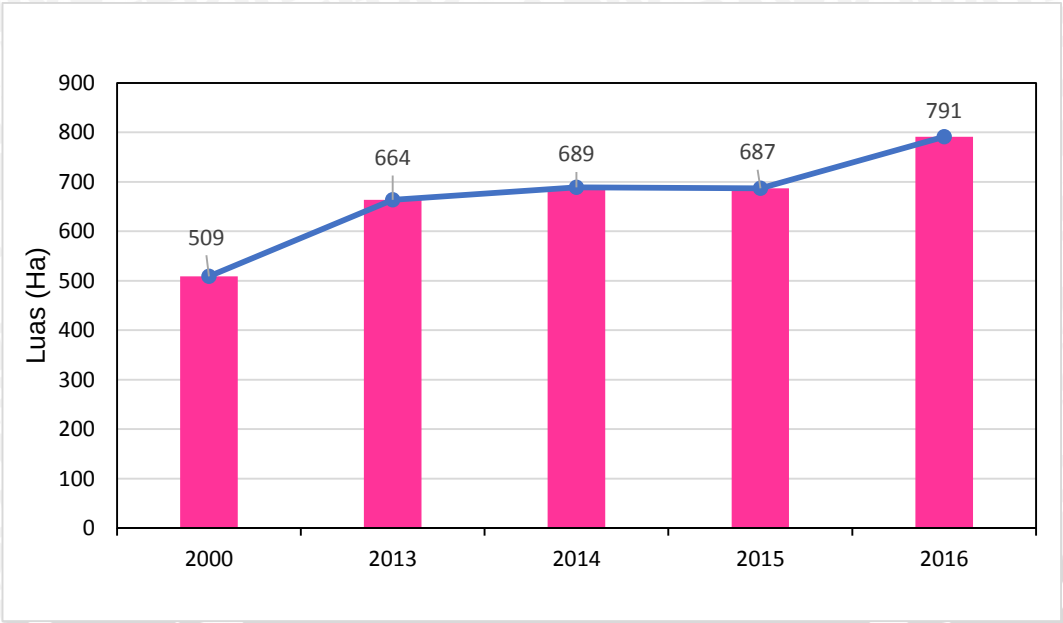
Pengolahan data penginderaan jauh ini menunjukkan bahwa terumbu karang di Perairan Pulau Karimunjawa dan Kemujan mengalami perubahan, dimulai dari tahun 2000 hingga 2013 terumbu karang mengalami peningkatan sekitar 155 Ha. Dari tahun 2013 hingga tahun 2014 mengalami peningkatan sekitar 25 Ha. Tahun 2014 hingga 2015 mengalami penurunan sekitar 2 Ha dan dari tahun 2015 hingga 2016 juga mengalami peningkatan sekitar 104 Ha. Tabel 20 berikut adalah luasan terumbu karang berdasarkan hasil pengolahan data citra satelit.

Tabel 20. Luasan terumbu karang berdasarkan hasil pengolahan citra

Tahun/ Kelas	2000	2013	2014	2015	2016
Karang hidup (Ha)	509	664	689	687	791
Karang Mati (Ha)	907	543	645	780	488
Pasir (Ha)	769	893	843	725	902
Jumlah (Ha)	2.185	2.100	2.177	2.192	2.181

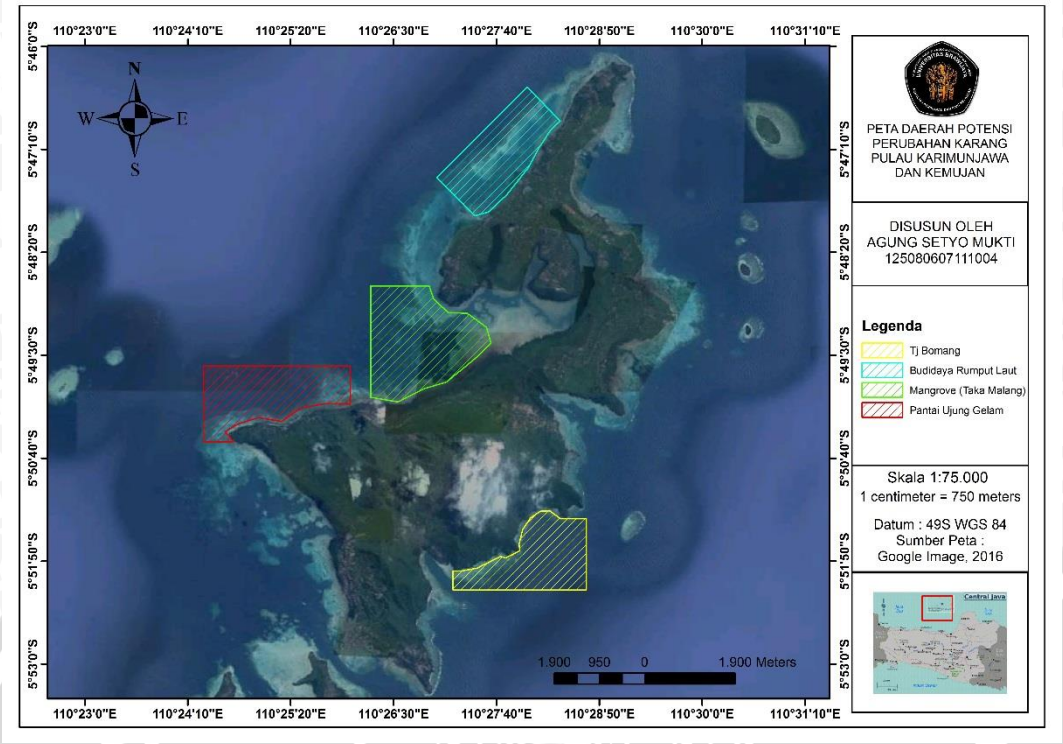
Pada Tabel 19 diatas menunjukkan bahwa luasan terumbu karang hidup mengalami perubahan luasan dari tahun 2000, 2013, 2014, 2015 dan 2016.

Luasan terumbu karang tahun 2000 hingga 2016 mengalami perubahan, yaitu dari tahun 2000 ke 2014. Pada tahun 2014 ke 2015 mengalami penurunan dan pada tahun 2015 ke 2016 mengalami peningkatan. Berikut Gambar 14 adalah grafik perubahan luasan terumbu karang tahun 2000 sampai 2016 di Perairan Karimunjawa dan Kemujan.



Gambar 14.Perubahan Luasan Terumbu Karang Tahun 2000 Sampai 2016 Di Perairan Karimunjawa Dan Kemujan.

Terumbu karang di Pulau Karimunjawa dari tahun 2000 sampai tahun 2016 rata- rata mengalami peningkatan. Untuk mengetahui perubahan yang terjadi dilakukan analsis perubahan dan indikasi penyebab terjadinya perubahan luasan tersebut pada beberapa lokasi sampel penelitian. Lokasi tersebut antara lain Pantai Ujung Gelam yang merupakan salah satu destinasi wisata di Karimunjawa, daerah sekitar mangrove dan Taka Malang yang merupakan salah satu zona inti dari BTNKJ, Pulau Mrican dan zona budidaya rumput laut, dan Tanjung Bomang yang merupakan zona inti dari BTNKJ. Gambar 15 berikut ini adalah lokasi yang terjadi perubahan terumbu karang dari tahun 2000 sampai 2016 di Pulau Karimunjawa dan Kemujan berdasarkan hasil pengolahan data citra dan data lapang. Gambar 15 berikut adalah peta lokasi perubahan luasan terumbu karang di Pulau Karimunjawa dan Kemujan.



Gambar 15. Peta Lokasi Perubahan Terumbu Karang

Berikut ini adalah luasan terumbu karang pada daerah Pantai Ujung Gelam, Mangrove, Budidaya rumput laut dan Tanjung Bomang.

Tabel 21. Luasan terumbu Karang di Pantai Ujung gelam, Mangrove, P. Merican (Budidaya rumput laut) dan Tanjung Bomang.

No	Lokasi/Tahun	Luas Karang (Ha)				
		2000	2013	2014	2015	2016
1	Pantai Ujung Gelam	36,2	74,4	73,1	84,3	85,4
2	Mangrove (taka Malang)	32,6	55,4	57,2	60,8	66,4
3	P.Mrican (Budidaya)	100	233	237	249	235
4	Tanjung Bomang	11,5	28,7	29,1	40	41

Pada Pantai Ujung Gelam pada tahun 2000 luas karang 36,2 Ha meningkat pada tahun 2013 menjadi 74,4 Ha. Pada tahun 2014 mengalami penurunan menjadi 73,1 Ha. Pada tahun 2015 kembali mengalami peningkatan menjadi 84,3 Ha, dan tahun 2016 terus mengalami peningkatan luasnya menjadi 85,4 Ha pada tahun 2016.

Pada daerah mangrove dan sekitar Taka Malang pada tahun 2000 luasan terumbu karang 32,6 Ha. Pada tahun 2013 luasannya meningkat menjadi 55,4 Ha pada tahun 2014 meningkat menjadi 57,2 Ha. Pada tahun 2015 luasan terumbu karang menjadi 60,8 Ha meningkat pada tahun 2016 menjadi 66,4 Ha. Hal ini diindikasikan pada tahun 2000 sampai 2004 telah terjadi banyak penangkapan ikan dengan alat yang *destructive,* akibatnya terumbu karang yang menjadi rumah bagi ikan juga ikut rusak. Banyak kasus ditemukan pelanggaran penangkapan ikan pada zona inti seperti di Taka Malang yang dulunya tempat ini menjadi salah satu lokasi pencarian ikan bagi nelayan. Akan tetapi seiring berjalannya waktu masyarakat mulai memahami pentingnya zonasi yang mengatur untuk menjaga ekosistem sekitar. Data pengetahuan masyarakat tentang zonasi dapat dilihat pada Gambar 20 dan 21.

Daerah sekitar Pulau Mrican dan zona budidaya pada tahun 2000 luasan terumbu karang yang ada disana adalah 100 Ha, pada tahun 2013, 2014 dan 2015 luasannya meningkat menjadi 233 Ha, 237 Ha dan 249 Ha. Pada tahun 2016 luasanya menurun menjadi 235 Ha.Perubahan ini disebabkan karena didaerah tersebut merupakan zona pemanfaatan budidaya rumput laut. Meningkatnya kegiatan budidaya ini juga dapat menyebabkan perubahan luasan karang yang ada di Pulau Kemujan.

Pada Tanjung Bomang luasan terumbu karang pada tahun 2000 sekitar 11,5 Ha, pada tahun 2013 naik menjadi 28,7 Ha, pada tahun 2014 naik menjadi 29,1 Ha, pada tahun 2015 dan tahun 2016 juga mengalami peningkatan yaitu sebesar 40 Ha dan 41 Ha. Hal ini diindikasikan kesadaran masyarakat yang mulai meningkat untuk menjaga kelestarian ekosistem dan zona inti yang ada di Pulau Karimunjawa.

Perubahan ini dapat mempengaruhi kategori kriteria ekosistem terumbu karang menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 2001. Tabel 22 merupakan hasil dari perubahan luasan terumbu karang hidup dengan kategori yang telah ditetapkan oleh Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.4 Tahun 2001.

Tabel 22. Prersentase Tutupan Terumbu Karang Pulau Karimunjawa dan Kemujan

Tahun	Persentase (Rata-rata)	Kategori (KLH)	Sumber Data
2004	40	Sedang	BTNKJ
2009	54,50	Baik	BTNKJ
2015	62,35	Baik	BTNKJ
2016	67,5	Baik	Data Lapang

Kondisi persentase tutupan karang hidup di Pulau Karimunjawa dan Kemujan pada tahun 2009, 2015 dan 2016 persentase karang hidup dalam kondisi baik dan pada tahun 2004 dalam kondisi sedang. Tutupan terumbu karang mengalami peningkatan persentase dari tahun 2004.

4.2.2 Analisi Perubahan Luasan Terumbu Karang dan Kondisi Lingkungan di Perairan Pulau Karimunjawa dan Kemujan

Perubahan luasan terumbu karang dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah dari kondisi lingkungan perairan di Pulau Karimunjawa, aktifitas lokal masyarakat, dan fenomena alam perubahan iklim seperti terjadinya El Nino dan tingkat panas permukaan laut (DHW) yang dapat menyebabkan *coral bleaching*.

4.2.2.1 Kondisi Parameter lingkungan Perairan Pulau Karimunjawa

Terumbu karang adalah organisme yang sangat sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungannya. Apabila kondisi lingkungan berubah dan diluar batas toleransi terumbu karang, maka terumbu karang tersebut akan rusak/ mati. Untuk mengetahui pengaruh dari faktor parameter lingkungan Perairan Pulau

Karimunjawa dan Kemujan dapat diamati dengan cara pengambilan dan pengukuran sampel perairan.

Pengambilan sampel ini dialkukan pada 6 titik stasiun yang telah ditentukan. Dalam pengambilan sampel di Pulau Karimunjawa dan kemujan diambil parameter yang berpengaruh langsung terhadap ekosistem terumbu karang, yaitu suhu, salinitas, pH, DO dan arus

1. Suhu

   Suhu merupakan salah satu parameter yang sangat berpengaruh bagi terumbu karang, naiknya suhu diatas toleransi mengakibatkan terumbukarang mengalami *stress* sehingga *zooxanthellae* yang berada di terumbu karang pergi dan menyebabkan pemutihan karang (*bleaching*) (Thomascik, 1997). Pengambilan sampel suhu di Perairan Karimunjawa dan Kemujan berkisar antara 29-30^0 C . Hal tersebut masih dalam ambang batas toleransi terumbu karang, berdasarkan KLH 2004 batas baku mutu untuk terumbu karang berkisar antara 28-30^{0}C. Namun karang juga masih bisa mentoleransi suhu sampai pada 36-40^0 C (Nybakken, 1992).

2. Salinitas

   Merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi organisme laut karena mempengaruhi tekanan osmotik dalam tubuh organisme untuk melakukan adaptasi dalam proses osmoregulasi (Aziz, 2011). Pengambilan parameter salinitas di perairan Pulau Karimunjawa dan Kemujan berkisar antara nilai 31$^0/_{00}$-35$^0/_{00}$. nilai tersebut masih dalam kategori normal didalam batas toleransi, berdasarkan KLH 2004 batas toleransi karang berkisar 33-35$^0/_{00}$. Terumbu karang tidak dapat bertahan dari salinitas yang jelas menyimpang dari salinitas air laut normal yaitu 23 – 35$^0/_{00}$ (Munandar,2008).

3. Derajat Keasaman (pH)

   Merupakan faktor yang dapat mempengaruhi terumbu karang, pH yang bersifat asam menandakan perairan tercemar sehigga dapat membuat karang stress dan mati (Aziz,2011). Pengambilan parameter pH di perairan Pulau Karimunjawa dan Kemujan berkisar antara 8,1- 8,2. Nilai tersebut masih dalam kategori dalam batas toleransi, berdasarkan KLH 2004 toleransi karang berkisar antara 7-8,5. Menurut Nyabakken (1992) , batas toleransi terumbu karang yaitu 6,5 sampai maksimal 8,5 .

4. Oksigen Terlarut (DO)

   Oksigen terlarut merupakan salah satu faktor penting bagi terumbu karang. Oksigen yang terlarut berasal dari proses fotosintesis dan tergantung pada intensitas cahaya yang sampai ke dalam air laut. Kenaikan suhu pada perairan juga dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut dalam air (Aziz *et al*,2011). Kondisi parameter DO di Perairan Pulau Karimunjawa dan Kemujan adalah berkisar antara 5,2 sampai 5,6 mg/l. Menurut KLH (2004) nilai tersebut masih dalam kondisi baik, terumbu karang memiliki toleransi yaitu kurang dari 5 mg/l

5. Arus

   Arus merupakan salah satu faktor yang penting bagi terumbu karang, arus yang kencang dapat membuat kerangka karang patah dan rusak (Aziz, *et al*2011). Pengambilan data kecepatan arus di Perairan pulau Karimunjawa dan Kemujan berkisar antara 0,13-0,3 m/s. Pengukuran kecepatan arus di lokasi pengamatan dilakukan pada bulan September, dimana pada saat itu terjadi musim Peralihan Timur ke Barat (September – November). Pola arus yang terjadi di perairan laut sekitar Kepulauan Karimunjawa pada khusunya

merupakan efek dari perubahan iklim secara umum di perairan Indonesia (Ariyati *et al*,2007).

4.2.2.2 Analisis Hubungan ENSO dan DHW dengan Terumbu Karang di Pulau Karimunjawa dan Kemujan

Luasan terumbu karang di Pulau Karimunjawa dan Kemujan terjadi perubahan luasan yang kemungkinan diakibatkan oleh aktifitas manusia (*antropogenik*) dan kondisi lingkungan (*non-antropogenik*). Dalam aktifitasmanusia terdapat beberapa kemungkinan yang ditemukan di Pulau karimunjawa diantaranya peningkatan pembangunan akan menyebabkan meningkatnya sedimentasi, wisatawan yang menginjak karang, pencari ikan hias dengan alat tangkap yang dapat merusak karang seperti bom dan jaring, jangkar kapal yang menancap di karang menyebabkan karang menjadi rusak dan mati. Parameter lingkungan juga sangat berpengaruh terhadap terumbu karang, perubahan nilai parameter lingkungan yang tidak sesuai dengan baku mutu dan toleransi karang diduga juga menyebabkan perubahan luasan terumbu karang yang ada di Perairan Pulau karimunjawa dan kemunjan. Sedangkan faktor alam yang terjadi dapat dikaitkan dengan fenomena alam yang terjadi seperti El-Nino dan La-nina, hal ini dimungkinan mempengaruhi perubahan luasan terumbu karang yang ada di Perairan Pulau Karimunjawa dan Kemujan .

1. *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO)

   El-Nino dan La-Nina merupakan salah satu gejala yang terjadi dalam perubahan iklim. El-Nino adalah peristiwa meningkatnya suhu permukaan laut di perairan pantai barat Peru- Ekuador (Amerika Selatan). Pengaruhnya di Indonesia adalah membawa musim kemarau yang panjang. El Nino menyebabkan suhu permukaan laut naik , menyebabkan *zooxanthellae* mati karena tidak mampu beradaptasi dengan peningkatan suhu air laut dan menyebabkan *coral bleaching.*

Sedangkan La-Nina adalah peristiwa menurunnya suhu permukaan kembali pasca terjadinya El-Nino. Hal ini dapat berpengaruh terhadap iklim di Indonesia karena menyebabkan curah hujan yang tinggi. Meningkatnya intensitas hujan mengakibatkan salinitas dilautan menjadi rendah. Nilai salinitas yang dibawah toleransi terumbu karang dapat mengakibatkan karang menjadi stress dan mati.

(Sumber: NOAA NCDC,2016)

Gambar 16. Periode Fenomena El-Nino dan La-Nina

Berdasarkan intensitasnya El-Nino dikategorikan sebagai berikut :

- El-Nino Lemah (*Weak* El-Nino), jika penyimpangan suhu permukaan laut di Pasifik Ekuator +0,5^0 C samapi +1,0^{0}C dan berlangsung minimal selama 3 bulan berturut- turut
- El-Nino Sedang (*Moderate* El-Nino), jika penyimpangan suhu permukaan laut di Pasifik Ekuator +1,1^{0}C sampai 1,5^{0}C dan berlangsung minimal selama 3 bulan berturut – turut.
- El-Nino Kuat (*Stong* El-Nino), jika penyimpangan suhu permukaan laut di Pasifik Ekuator >1,5^{0}C dan berlangsung minimal selama 3 bulan berturut – turut.

Dari Gambar 16. diatas pada tahun penelitian 2010 hingga 2016 ditemukan fenomena El-Nino dan La-Nina. Dalam tingkatannya fenomena

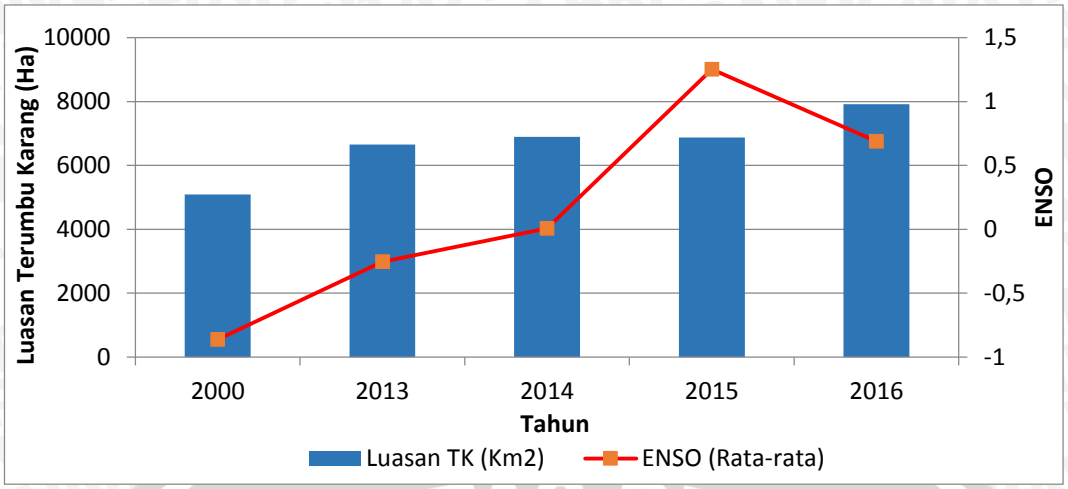
El-Nino dan La-Nina memiliki beberapa tingkatan kondisi yaitu, *Weak*, *Moderate, Strong* dan *Very Strong* . Tabel 23 merupakan kategori kondisi El-Nino dan La-Nina dalam tingkatannya dari tahun 2000 sampai 2016 (GGWeather.com, 2016).

Tabel 23. Kategori Kondisi El-Nino dan La-Nina dalam Tingkatannya dari Tahun 2000 sampai 2016

El- Nino				La- Nina		
Weak	Moderate	Strong	Very Strong	Weak	Moderate	Strong
2004-05	2009-10 2002-03	-	2015-16	2000-01 2011-12	2010-11	-

(Sumber : GGWeather.com, 2016)

Menurut (ICSSR, 2010) Kondisi El-Nino dan La-Nina dapat mengancam biota perairan apabila masuk dalam kategori *Strong* dan *Very Strong*. Pada penelitian ini El-Nino dan La-Nina dalam kategori *Very Strong* terjadi pada tahun 2015- 2016, kategori *Weak*terjadi tahun 2011- 2012 dan kategori *Moderate* terjadi tahun 2010-2011. Sehingga pada tahun penelitian tahun 2015-2016 kemungkinan terjadi ancaman terhadap ekosistem terumbu karang di Pulau Karimunjawa dan Kemujan. Gambar 21 berikut ini adalah gambar perbandingan antara fenomena El-Nino dan La-Nina yang terjadi dengan perubahan luasan terumbu karang pada tahun 2010 sampai 2016



Gambar 17. Perbandingan Luasan Terumbu Karang dan ENSO (*El-Nino Southern Oscillation*) Tahun 2000-2016

Gambar 21 diatas adalah perbandingan luasan terumbu karang dengan fenomena El-Nino yang terjadi pada tahun 2000 sampai 2016. El-Nino dapat mempengaruhi terumbu karang jika mempunyai nilai perubahan suhu >1,5^{0}C dan dalam kategori *Strong* dan *Very strong* (ICSSR,2010). Pada Tabel 18 telah disebutkan nilai anomali suhu, untuk nilai suhu yang paling tinggi yaitu sebesar 2,5^{0}C hal ini diduga dapat mempengaruhi perubahan luasan terumbu karang. Berdasarkan hasil perbandingan diatas didapatkan nilai El-Nino dengan kategori *Very Strong* terdapat pada tahun 2015-2016. Luasan terumbu karang pada tahun 2014 sebesar 687 Ha turun menjadi 685 Ha pada tahun 2015. Hal ini diduga penurunan luasan terumbu karang pada tahun 2015 diindikasikan diakibatkan oleh fenomena El-Nino yang terjadi. Akan tetapi nilai penurunannya sangat kecil, ini berarti Fenomena El-Nino pengaruhnya kecil terhadap perubahan terumbu karang yang ada di Pulau Karimunjawa dan Kemujan

2. *Degree Heating Weeks* (DHW)

Menggunakan *Degree Heating Weeks* yang dikeluarkan oleh NOAA/NESDIS 50 km DHW*maps*. Penelitian ini menunjukkan bahwa ENSO yang terjadi bersamaan dengan kenaikan suhu perairan telah menyebabkan pemulihan di wilayah Pulau tetapi tidak bergantung pada cover area melainkan ketahanan

pada tiap spesies.Pemutihan karang secara signifikan biasanya terjadi ketika nilai DHW mencapai 4˚C per minggu. Pada saat nilai DHW mencapai 8˚C per minggu, kemungkinan akan terjadi pemutihan secara luas dan mortalitas secara signifikan. Untuk nilai yang berpengaruh terhadap terumbu karang jika nilai DHW < 8 (Bruno *et al* 2001).

Nilai DHW di Perairan Karimunjawa dan Kemujan adalah DHW = 1,85^{0}C kurang dari 8^{0}C pada tiap minggunya. Hal ini tidak berpotensi untuk terjadi proses pemutihan karang. Jadi nilai tersebut sangat tidak berpengaruh terhadap terumbu karang yang ada disana.

4.2.2.3 Analisis Hubungan Perubahan Luasan Terumbu Karang dengan Aktifitas Lokal Manusia di Pulau Karimunjawa dan Kemujan

Perubahan luasan terumbu karang di Pulau Karimunjawa dan Kemujan diduga perubahan berkaitan dengan naiknya perkembangan pengunjung dalam beberapa tahun ini, dimana jumlah pengunjung 5 tahun terakhir ini mencapai 87.000 jiwa. Pengunjung di Pulau Karimunjawa diprediksi akan meningkat di tahun 2016 dan seterusnya dikarenakan rencana pemerintah Jawa Tengah akan menjadikan Karimunjawa sebagai salah satu tempat tujuan utama pariwisata di Jawa Tengah. Selain itu aktifitas nelayan yang menangkap ikan dengan alat yang tidak ramah lingkungan seperti cantrang, dan potasium sianida yang dapat merusak ekosistem terumbu karang. Menurut data statistik BTNKJ telah terjadi pelanggaran sedikitnya 15 kasus antara tahun 2002 sampai 2015. Ini menandakan bahwa kerusakan diduga dapat dari aktifitas nelayan sehari- hari, kurangnya kesadaran diri masyarakat untuk menjaga ekosistem terumbu karang yang berfungsi sebagai tempat tinggal dan mencari makan untuk berbagai jenis biota laut.

1. Jumlah Wisatawan

Pulau Karimunjawa merupakan pusat pemerintahan di Kepulauan Karimunjawa , selain itu juga sebagai tempat pemukiman dan wisata. Pulau karimunjawa menyajikan wisata alam yaitu mangrove dan terumbu karang. Wisatawan di Karimunjawa dari Tahun 2010 sampai 2015 mencapai 82.000 jiwa (BTNKJ,2015). Tingginya kunjungan wisatawan akan berdampak pada perkembangan pariwisata yang ada di Karimunjawa.

Menurut data Statistik BTNKJ jumlah wisatawan terbanyak terjadi pada tahun 2012 dengan 21.557 jiwa, sedangkan wisatawan paling sedikit pada tahun 2015 dengan jumlah 6.816 jiwa. Jumlah wisatawan diperkirakan akan semakin meningkat di tahun selanjutnya. Hal ini dikarenakan sesuai dengan rencana pemerintah provinsi Jawa Tengah menjadikan Pulau Karimunjawa sebagai salah satu destinasi utama wisata yang di Provinsi Jawa Tengah.Peningkatan wisatawan diduga dapat mempengaruhi perubahan luasan terumbu karang yang ada di Pulau Karimunjawa dan Kemujan.

Menurut Lestyono (2011), perkembangan pariwisata akan berpengaruh terhadap terumbu karang yang ada seperti pengambilan terumbu karang sebagai cendera mata dan kegiatan yang dapat merusak karang seperti menginjak- injak karang. Selain itu dampak negatifnya juga mengakibatkan polusi udara, limbah, sedimentasi yang dapat menggangu kondisi perairan dan berpengaruh terhadap terumbu karang (Wahyudiono,2009). Aktifitas wisatawan yang ada di Pulau Karimunjawa dan Kemujan tidak semuanya dilakukan didalam air dan bersentuhan langsung dengan terumbu karang hanya beberapa aktifitas saja seperti snorkling, diving dan renang yang diindikasikan dapat merusak terumbu karang.

2. Spot Snorkling di Pantai Ujung Gelam

Terumbu karang mempunyai nilai ekonomis yaitu keindahannya bisa dinikmati dengan *snorkling* dan *diving*. Perairan Karimunjawa menyajikan beberapa tempat wisata salah satunya yang menjadi andalan adalah beberapa *spot snorkling* yang ada perairan Pulau Karimunjawa. Tetapi aktifitas ini memberi beberapa dampak bagi ekosistem terumbu karang salah satunya patahnya karang diakibatkan interaksi langsung dengan manusia. Menurut Roup Hael and Inglis (1997) kegiatan wisata seperti snorkling dan diving dapat menggangu ekosistem terumbu karang, hal tersebut diakibatkan adanya kontak fisik wisatawan dengan terumbu karang baik secara sengaja maupun tidak. Pada Gambar 18 merupakan contoh terumbu karang yang patah dan terinjak- injak oleh aktifitas manusia.

Gambar 18. Patahan karang yang diakibatkan oleh aktifitas manusia

3. Aktifitas *Destructive Fishing*

Selain aktivitas dari wisatawan faktor lainnya adalah aktifitas nelayan yang menangkap ikan dengan cara tidak ramah lingkungan ataupun alat tangkap yang sudah dilarang oleh pemerintah mengingat mata pencaharian masyarakat Pulau Karimunjawa dan Kemujan adalah nelayan. Menurut Risyad (2002) variabel yang dominan adalah nelayan , mereka mengoperasikan alat tangkap tidak ramah ligkungan di ekosistem terumbu karang seperti pukat harimau, bom dan lain-lain.

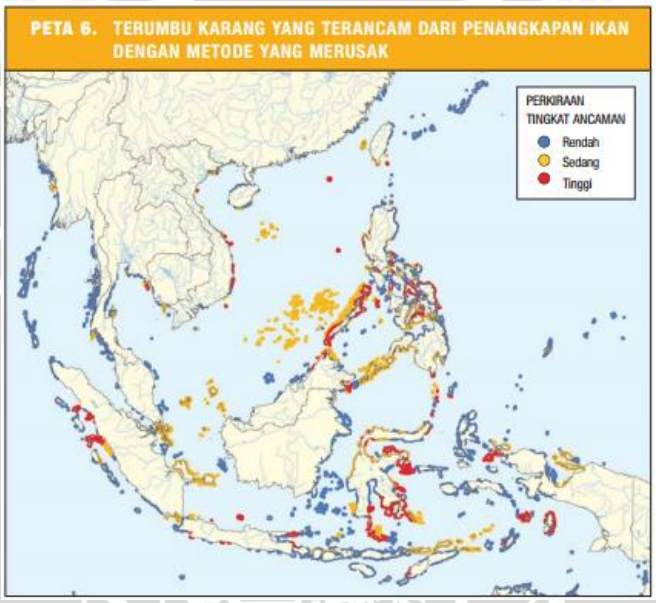
Hal ini didukung dengan data statistik BTNKJ tahun 2015 bahwa telah terjadi sedikitnya 15 kasus pelanggaran hukum tentang penggunaan alat yang sudah dilarang oleh pemerintah karena dapat merusak ekosistem terumbu karang. Alat yang digunakan antara lain jaring cantrang, bom dan sianida. Selain alat tangkap jangkar nelayan yang sengaja maupun tidak sengaja mengenai dan tertancap pada karang. Pada Gambar 22 berikut merupakan contoh dari aktifitas yang dapat merusak karang

Menurut Vehbi*et al* (2012) mengungkapkan bahwa masuknya teknologi penangkapan membuat alat tangkap menjadi lebih modern dan terkadang tidak ramah lingkungan. Alat tangkap yang tidak ramah lingkungan antara lain bom, potasium, jaring dengan mata yang kecil dan lain sebagainya. Gambar 19merupakan contoh kerusakan yang ditimbulkan oleh penggunaan bom saat menangkap ikan.

Gambar 19. Kerusakan Terumbu Karang yang diakibatkan oleh bom

Tahun 2002 Pulau Karimunjawa merupakan daerah yang mempunyai tingkat ancaman tinggi terhadap penangkapan ikan dengan alat tangkap tidak ramah lingkungan. Penangkapan ikan dengan menggunakan racun dan pengeboman ikan merupakan praktek yang umum dilakukan, yang memberikan dampak sangat negatif bagi terumbu karang. Penangkapan ikan dengan racun akan melepaskan

racun sianida ke daerah terumbu karang, yang kemudian akan membunuh atau membius ikan-ikan. Karang yang terpapar sianida berulang kali akan mengalamipemutihan dan kematian. Pengeboman ikan dengan dinamit atau dengan racikan bom lainnya, akan dapat menghancurkan struktur terumbu karang, dan membunuhbanyak sekali ikan yang ada di sekelilingnya.



(Sumber Burke *et al*,2002)

Kenaikan persentase penutupan karang keras dimungkinkan disebabkan oleh berkurangnya penangkapan ikan menggunakan potasium sianida maupun rendahnya aktifitas antropogenik. Berdasarkan informasi yang berkembang di masyarakat, di Karimunjawa marak beroperasi nelayan-nelayan yang menangkap ikan-ikan karang dengan menggunakan racun potassium sianida yang dapat merusak terumbu karang, khususnya menjelang awal tahun 2000. Menurut Purwanto (1999) *dalam* Maksum (2006), perikanan karang di perairan Karimunjawa mengalami penangkapan yang berlebihan sebagai akibat perikanan "muroami" yang berasal dari luar wilayah dan juga teknik pemanfaatan penangkapan dengan *cyanida*, serta perdagangan ikan hidup (pada ukuran yang tidak semestinya), perikanan tambak yang teknologinya bukan

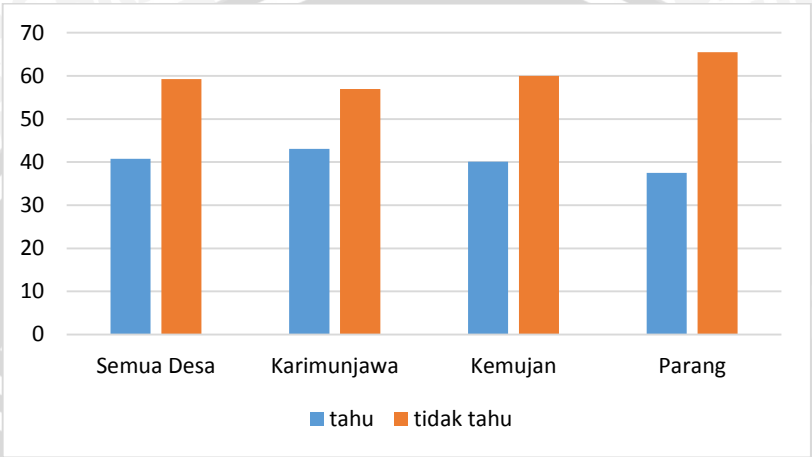
merupakan teknologi bersih lingkungan, dengan cara pembukaan hutan mangrove.

Hampir 95% terumbu karang di Indonesia terancam oleh kegiatan manusia setempat, dengan lebih dari 35% mengalami ancaman tingkat tinggi atau sangat tinggi. *Penangkapan berlebihan dan merusak* adalah ancaman paling besar, yang mempengaruhi lebih dari 90% terumbu karang. Tekanan penangkapan paling tinggi terdapat pada terumbu tepi di perairan pantai dan di daerah berkepadatan penduduk yang tinggi. Walaupun demikian, analisis kami menunjukkan bahwa tekanan akibat kegiatan penangkapan ditemui pada hampir semua terumbu karang, termasuk yang ada di daerah terpencil. Penangkapan yang merusak (dengan bahan peledak atau racun) terjadi di mana-mana dan mengancam hampir 80% terumbu karang di Indonesia (sekitar 31.000 km^2) (Burke *et al*, 2012)

Pertumbuhan populasi penduduk dan proyek-proyek perikanan yang ambisus, tidak tepat sasaran, dan paradigma kebijakan perikanan yang mengedepankan sisi komersial, merupakan faktor-faktor lain yang menyebabkan menurunnya kondisi terumbu karang di Indonesia. Salah satu ancaman terhadap terumbu karang adalah penangkapan ikan dengan menggunakan jaring muroami. Berdasarkan kegiatan yang dilakukan oleh Wildlife Conservation Society pada tahun 2002 hingga 2003 mengenai studi sosial-ekonomi dan ekologi perikanan muroami di Karimunjawa, bahwa spesies target utama perikanan muroami adalah ikan ekor kuning dan banyak kasus menunjukkan dampak langsung kerusakan fisik terumbu karang. Menurut Mukminin *et al*., (2006), tekanan aktifitas perikanan terhadap terumbu karang meningkat rata-rata sebesar 26 trip per 2km setiap tahunnya.

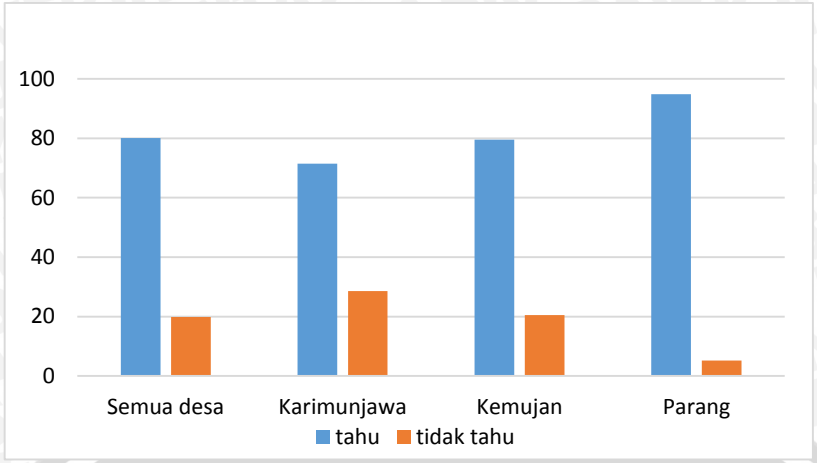
Tetapi semakin tahun kesadaran masyarakat akan pentingnya menjaga ekosistem semakin bertambah setiap tahunnya. Dahulu masyarakat tidak ada yang mengetahui aturan menjaga dan mengelola alam dengan baik yaitu dengan

lewat zonasi yang telah dilakukan BTNKJ. Menurut data WCS(*Wildlife Conservation Society*) pada tahun 2004 hanya 40% yang mengerti tentang zonasi dan yang tidak mengerti mencapai 60%. Studi ini dilakukan di Desa Karimunjawa, Desa Kemujan dan Parang. Gambar 20 berikut adalah persentase pengetahuan masyarakat tentang zonasi pada tahun 2004.



Gambar 20. Pengetahuan Masyarakat Tentang Zonasi Tahun 2004

Seiring bertambahnya waktu masyarakat mengalami peningkatan di ketiga desa yang ada di Taman Nasional Karimunjawa. Mereka semakin sadar dan mengerti pentingnya menjaga kelestarian ekosistem alam yang ada di sana. Gambar 21 adalah persentase pengetahuan masyarakat tentang zonasi pada tahun 2009



Gambar 21.Pengetahuan Masyarakat Tentang Zonasi Tahun 2009

Pada tahun 2009 pengetahuan masyarakat sekarang tentang zonasi mencapai 70% dan yang tidak mengerti hanya 30% dari total keseluruhan rata-rata masyarakat yang ada di Pulau Karimunjawa. Hal ini berbanding lurus dengan perubahan terumbu karang dari tahun 2000 sampai tahun 2016 terus mengalami peningkatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 19.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perubahan luasan terumbu karang di Pulau Karimunjawa dan Kemujan berdasarkan citra satelit Landsat didapatkan hasil dari tahun 2000 sekitar 509 Ha pada tahun 2013 terumbu karang mengalami peningkatan sekitar 155 Ha menjadi 664 Ha. Dari tahun 2013 hingga tahun 2014 mengalami peningkatan sekitar 25 Ha menjadi 689 Ha. Tahun 2014 hingga 2015 mengalami penurunan sekitar 2 Ha menjadi 687 Ha dari tahun 2015 hingga 2016 mengalami peningkatan sekitar 104 Ha menjadi 791 Ha.
2. Berdasarkan pengamatan parameter kualitas perairan Pulau Karimunjawa pada tujuh titik stasiun pengambilan sampel menunjukkan bahwa, kondisi lingkungan perairan pulau Karimunjawa dalam kondisi “Baik”. Nilai DHW rata-rata 1,85^{0}C tidak menyebabkan terjadi karang *bleaching*. ENSO juga berpengaruh sedikit terhadap perubahan terumbu karang. Faktor lokal yang diindikasikan menjadi penyebab perubahan luasan terumbu karang adalah wisata yang merusak karang dan penangkapan yang tidak ramah lingkungan (*destructive fishing).*

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan dalam peneletian selanjutnya, jika ada yang ingin melanjutkan penelitian ini dengan topik pemetaan terumbu karang bisa menggunakan citra satelit dengan resolusi yang tinggi. Perlu dilakukan identifikasi jenis dan spesies karang untuk analisis pertumbuhannya, mengingat semua jenis terumbu karang mempunyai kemampuan tumbuh yang berbeda. Diperlukan pengkajian lebih lanjut tentang ekosistem dan pengelolaan wisata yang ada di Pulau karimunjawa .

DAFTAR PUSTAKA

Anon.2001. *Sistem Informasi Geografis (GIS)-Lanjutan*http://blog-wilsarbali.blogspot.com/2010/02/sistem- informasi-geografis-GIS-lanjutan.html. Diakses tanggal 18 Oktober 2016.

Aronoff,Stanley.1993. *Geographic Information System, A Management Prespective*.Otawa Kanada.Http://Rsandgis.Com/.Diakses tanggal 20 Oktober 2016

Ariyati, R.W., Sya'rani L., Arini.E.2007. *Analisis Kesesuaian Perairan Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan Sebagai Lahan Budidaya Rumput Laut Menggunakan Sistem Informasi Geografis*.Jurnal Pasir Laut Vol.5 Juli 2007:/25-40

Aziz.M.A.,Kamal.M.M.,Zamani.N.P.,dan Subhan.B. 2011. *Coral Settlement on Concrete Artificial Reefs in Pramuka Island Waters, Kepulauan Seribu, Jakarta and Management Option*. Journal of Indonesia Coral Reefs 1(1) (2011) 55-64 Printed ISSN : 2089-8231.

BTNKJ.2015. *Statistik Balai Taman Nasional Karimunjawa*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Direktorat Jenderal Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem Balai Taman Nasional Karimun Jawa. Semarang

Butler, M.J.A, M.C. Mouchot, V. Berale dan Leblanc. 1988. *The Application of Remote Sensing Technology to Marine Fisheries: An Introduction Manual*. FAO Fish Tech.

Burke.L.,Selig.E.,dan Spalding.M.2002. *Terumbu Karang yang Terancam di Asia Tenggara.*ISBN 1-56973-490-9 ENGLISH ISBN 1-56973-510-7 INDONESIAN. Library of Congress Control Number: 2001099748.

COREMAP.2015. *Monitoring Terumbu Karang Indonesia*. LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia). Pusat Penelitian Oseanografi.

Damayanti.R. 2012.*Pemetaan Terumbu Karang di Perairan Pulau Tabuhan Kab. Banyuwangi Menggunakan Citra Satelit Quickbird.*Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo. Madura

Danoedoro, P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*.PenerbitAndi : Jogjakarta.

Darmawan.M. 2010. *Sistem informasi Geografi (SIG) dan Standarisasi Pemetaan Tematik.* Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL)

Gandarum , Laju dan Chi-fran chen.2006. *Pemanfaatan Informasi Tekstur Untuk Klasifikasi Tanaman Sawit Menggunakan Citra FORMOSAt-2*.Pusat teknologi inventarisasi sumber daya alam(PTSDA), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).

Green.E.P.,P. J. Mumby; A. J. Edwards; C. D. Clark. 1996. *A review of remote sensing for the assessment and management of tropical coastal resources*. Coastal Management, 24:1-40, 1996

Hedley.J.D.,Roelfsema.C.M.,Chollett.I.,Harborne.A.R.,Heron.,S.F.,Weeks.S.J.,Skirving.W.J., Alan E. Strong, C. Mark Eakin, and Peter J. Mumby.2016. *Remote Sensing of Coral Reefs for Monitoring and Management: A Review*. Remote Sensing. Journal of MDPI. Vol. 8 (118). Page :1-40.

Helmi.M.,A. Hartoko., Herkiki S., Munasik dan Wouthuyzen.S. 2010. *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 Oktober 2011.vol.1 120 – 136.

Hutabarat, Sahala. 2001. *Pengaruh kondisi oseanografi terhadap perubahan ilim, produktivitas dan distribusi biota laut*. Fakultas perikanan dan ilmu kelautan universitas diponegoro. Semarang.

ICSSR. 2010.Dokumen Indonesia Climate Change Sectoral Roadmap.

IPCC.2007.Climate Change 2007: *The Physical Science Basis.Sumarry for Policymakers*.Intergovermental Panel on Climate Change Geneva.

KEPMEN LH. No. 4 Tahun 2001. Tentang : Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang.

KEPMEN LH. No.51 Tahun 2004. Tentang : Kriteria Baku Mutu Air Laut

Lestyono, Renna.2011. *Dampak Negatif Perkembangan Pariwisata Terhadap Lingkungan Fisik Pesisir (Studi Kasus : Pantai Pangandaran)*. Jurnal perencanaan wilayah dan kota. II (2):291-299.

Lillesand, T.M. dan W.R. Kiefer. 1990. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Lyzenga, D.R., 1981. *Remote Sensing Of Bottom Reflectance And Water Attenuation Parameters In Shallow Water Using Aircraft And Landsat Data*. International Journal of Remote Sensing 2:71-82.

Munandar, H. 2006. *Struktur Komunitas dan Distribusi Spasial Karang Hias di Sekitar Perairan Teluk Mandar Kab. Polman Sulawesi Barat*. Skripsi. Program Studi Ilmu Kelautan. Jurusan Ilmu Kelautan. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Universitas Hasanuddin. Makassar.

Munasik., Suharsono., Situmorang.J., dan Nitimulyo .K.H. 2006.*Struktur Populasi Karang Pocillopora Damicornis Di Pulau Panjang, Jawa Tengah*. Jurnal Perikanan (J. Fish. Sci.) VIII (2): ISSN: 0853-6384

NASA.2013.*Lansat Data Continuity Mission*.http://nasa.gov. Diakses pada 10 Mei 2016

NOAA. 2017. https://coralreefwatch.noaa.gov/satelite/dhw.php. Diakses pada tanggal 18 Januari 2017.

NOAA. 2017. https://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCDC/.ERSST. Diakses pada tanggal 18 Januari 2017

Nontji A.1993. *Laut Nusantara*. Jakarta :Djambatan

Nyabakken JW.1988. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologi*.Jakarta:Gramedia

Nybakken, J.W. 1992. *Biologi Laut; Suatu Pendekatan Ekologis*. PT. Gramedia, Jakarta.

Odum, E.1994. *Dasar- Dasar Ekologi*.Edisi ketiga. Terjemahan oleh Koesdiono, D.G.Bengon,M.Eidmen dan S.Sukarjo.PT. Gramedia. Jakarta.

Paine, D.P. 1992. *Fotografi Udara dan Penafsiran Citra untuk Pengolahan Sumberdaya* . Terjemahan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Pasaribu, Riza Aitiando.2008. *Studi Perubahan Luasan Terumbu Karang Dengan Menggunakan Data Penginderaan Jauh di Perairan Bagian Barat Daya Pulau Moyo, Sumbawa*. Institut Pertanian Bogor. Bogor

PERKA, BIG. 2014. *Pedoman Teknis Pengumpulan Dan Pengolahan Data Geospasial Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal.*

Russell.J.B.,Dierssen.H.M., LaJeunesse.C.T., Hoadley. K.D. 2016. *Spectral Reflectance of Palauan Reef-Building Coral with Different Symbionts in Response to Elevated Temperature.* MDPI. Remote Sens. 2016, 8, 164; doi:10.3390/rs8030164.

Siregar, V.P. 1996. *Pengembangan Algoritma Pemetaan Terumbu Karang di Pulau Menjangan Bali dengan Citra Satelit*. Kumpulan Seminar Maritim 1996.BPPT. Jakarta

Siswandono.1998.*Aplikasi Penginderaan Jauh Untuk Kajian Terumbu Karang Kepulauan Seribu*. Tesis Fakultas Pasca Sarjana, Universitas Gajahmada.Yogjakarta

SNI 7716:2011 tentang Pemetaan Habitat dasar perairan laut dangkal

Suharsaputra, Uhar.2012.*Metode Penelitian : Kuantitatif, Kualitatif dan Tindakan*. Bandung : PT.Refika Aditama.

Suharsono. 2015. *Condition of Coral Reef Resources in Indonesia. Indonesian Journal of Coastal and Marine Resources Management*. PKSPL – IPB. Volume 1, No.2, pp. 44-52.

Sukmara,A.,A.j.Siahainenia dan C.Rotinsulu.2001.*Panduan Pemantauan Terumbu Karang Berbasis-Masyarakat Dengam Metode Manta Tow Proyek Pesisir*.Publikasi Khusus.University of Rohode Island,Coastal Resources Center,Narragansett,Rode Island,USA.

Sutanto, 1986. *Penginderaan Jauh Jilid I*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta

Syah, Achmad Fachruddin. 2010. *Penginderaan Jauh Dan Aplikasinya Di Wilayah Pesisir Dan Lautan.* Jurnal Kelautan. Vol. III No.1

USGS.2014. *Landsat-8 Set to Extend Long Run of Observing Earth*. http//www.glovis.usgs.gov/ diakses pada tanggal 10 September 2016.

Wahyudiono.2009.*Kerentanan Terumbu Karang Akibat Aktivitas Manusia Menggunakan "Cell - Based Modelling" di Pulau Karimunjawa Dan Pulau Kemujan, Jepara, Jawa Tengah*. Skripsi. Program Studi Ilmu Dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor

Yazid L.O.M .2012.*Analisis Laju Deforestasi Hutan Berbasis Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Provinsi Papua).* Skripsi Geofisika. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar

Yulius, Nandya Novianti, Taslim Arifin, Handiwijaya L.Salim, Muhammad Ramdhan, dan Dini Purbani.2015. *Distribusi Spasial Terumbu Karang di Perairan Pulau Wangi-Wangi, Wakatobi*.Jurnal Ilmu dan teknologi Kelautan Tropis, Vol.7 No.1, Hlm. 59-69

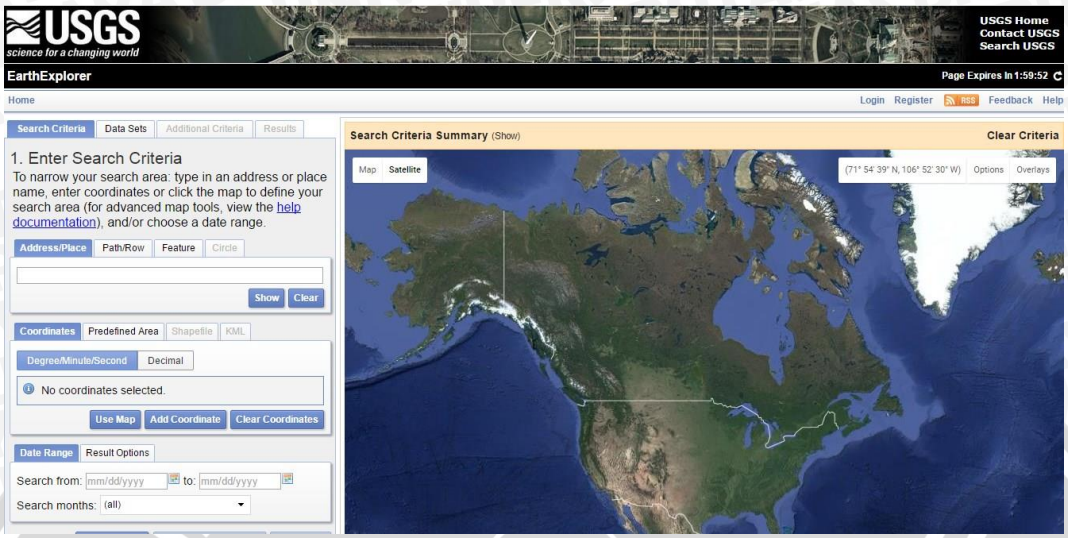
Yulihastin, Erma. 2010. MEKANISME INTERAKSI MONSUN ASIA DAN ENSO. Peneliti Sains Atmosfer, LAPAN. Berita Dirgantara Vol. 11 (3),hal :99-105.

Yusuf.2013. *Kondisi Terumbu Karang Dan Potensi Ikan Di Perairan Taman Nasional Karimunjawa, Kabupaten Jepara*. Buletin Oseanografi Marina April 2013. vol. 2 54 – 60.

Zakai.D.,Chad-Furman.N.E.2002.*Impacts of intensive recreational diving on reef corals at Eilat, northern Red Sea*. Biological Conservation 105 (2002) 179–187

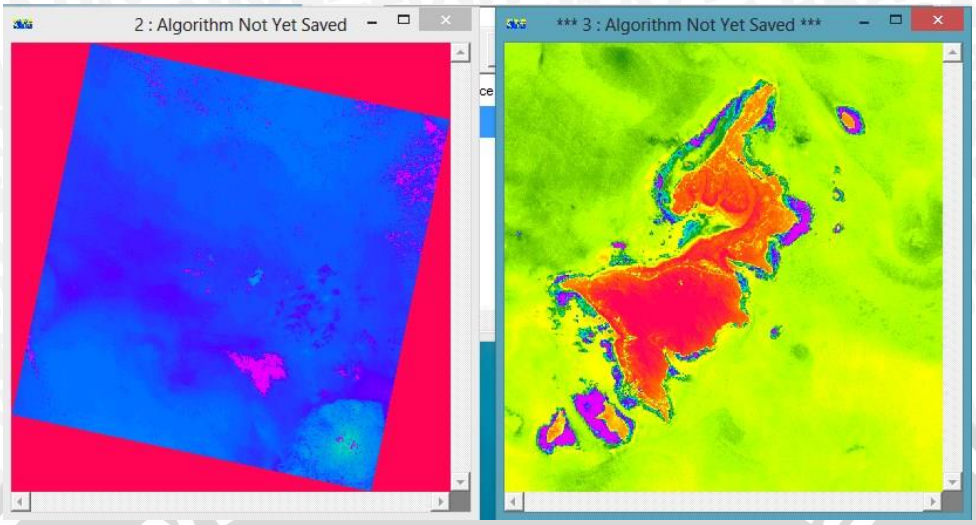
LAMPIRAN

Lampiran 1 Download Data Citra Satelit

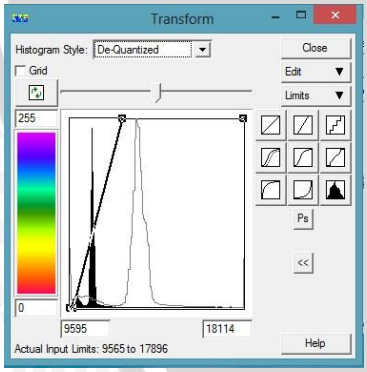


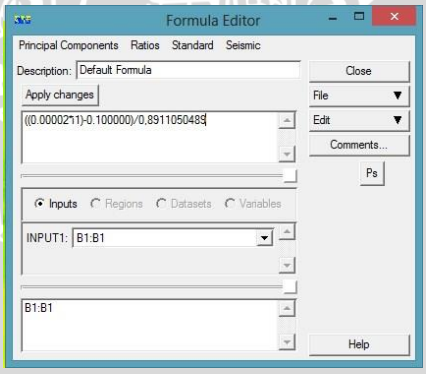
Data Citra Satelit Landsat didapatkan denga cara mendownload pada situs USGS (US Geological Survey) http://earthexplorer.usgs.gov. Data yang digunakan adalah Landsat 7 ETM tahun 2000,2009,2011,2012 dan untuk Landsat 8 OLI tahun 2013,2014,2015 dan 2016. Kemudian data yang diperoleh diolah menggunakan beberapa *software* seperti ErMapper, ENVI dan ArcGIS.

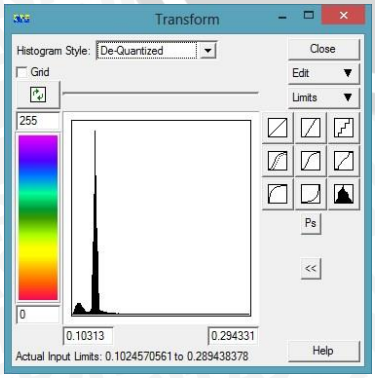
Lampiran 2 Pengolahan Citra Satelit



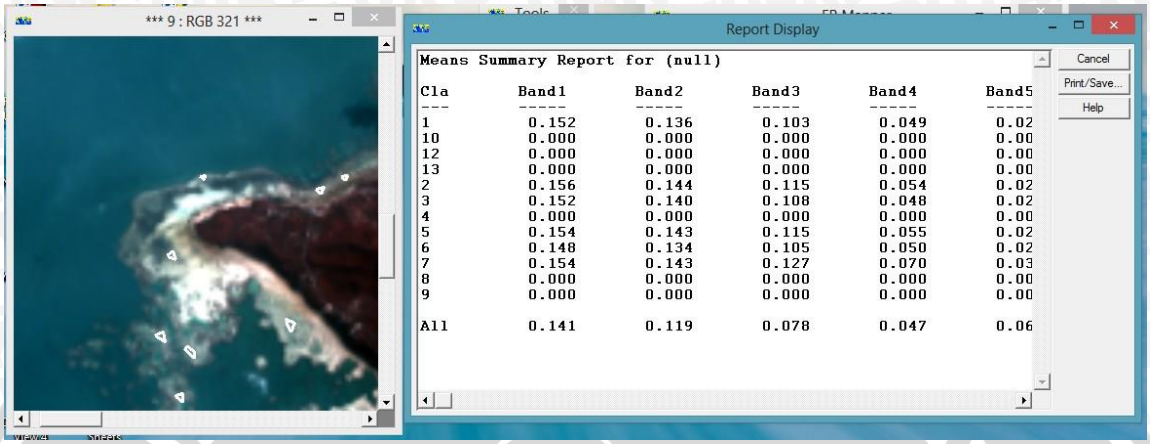
Pengolahan data Citra Satelit Landsat dilakukan dengan software ER Mapper, pertama adalah stacking layer dan croping. Stacking layer berfungsi untuk menggabungkan band yang ada di satelit layer kemudian croping pada lokasi penelitian, ini berfungsi untuk memfokuskan area penelitian dan mempersempit jangkauan.





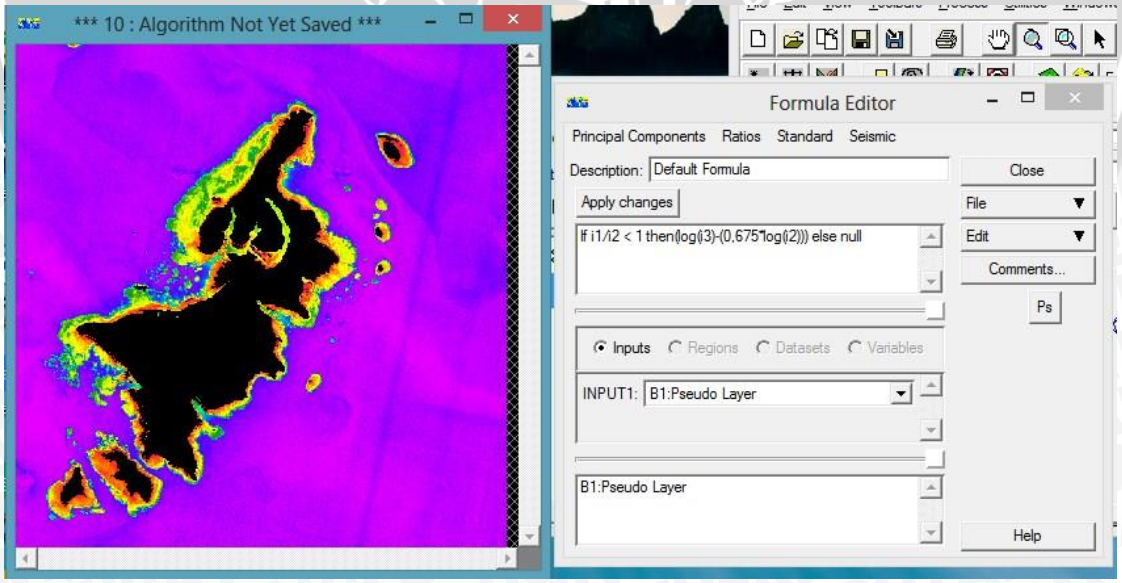


Proses Koreksi Geometrik dan Atmosferik dengan menggunakan rumus Elevasi Matahari . Koreksi ini digunakan untuk menghilangkan ganguan yag berasal pada saat perekaman citra dan gangguan atmosfer bumi.



Cla	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5
1	0.152	0.136	0.103	0.049	0.02
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
2	0.156	0.144	0.115	0.054	0.02
3	0.152	0.140	0.108	0.048	0.02
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
5	0.154	0.143	0.115	0.055	0.02
6	0.148	0.134	0.105	0.050	0.02
7	0.154	0.143	0.127	0.070	0.03
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
All	0.141	0.119	0.078	0.047	0.06

Mencari nilai atenuitas dari band i dan band j , yang didapat dari rata-rata nilai yang diambil reflektan pada citra satelit. Untuk mendapatkan nilai tersebut perlu dilakukan sampling pada data citra. Kemudian buka pada Ms.Excel untuk memudahkan perhitungannya

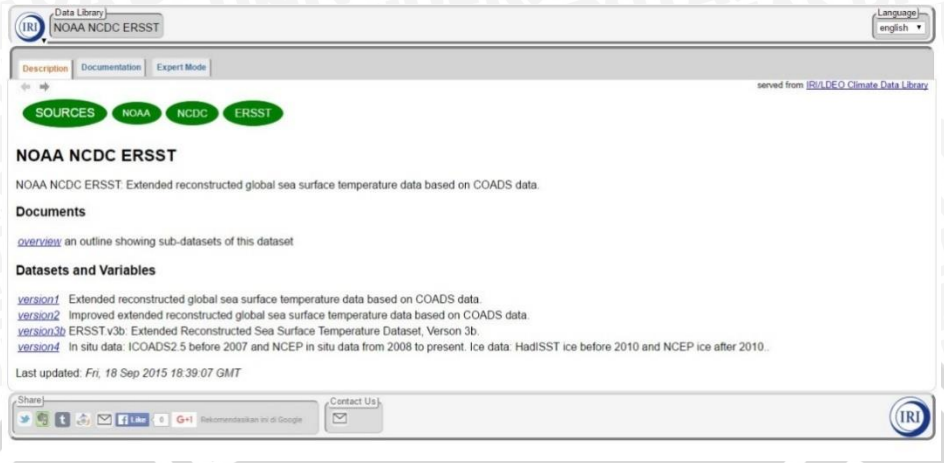


Menggunakan Algoritma Lyzenga 1981 :

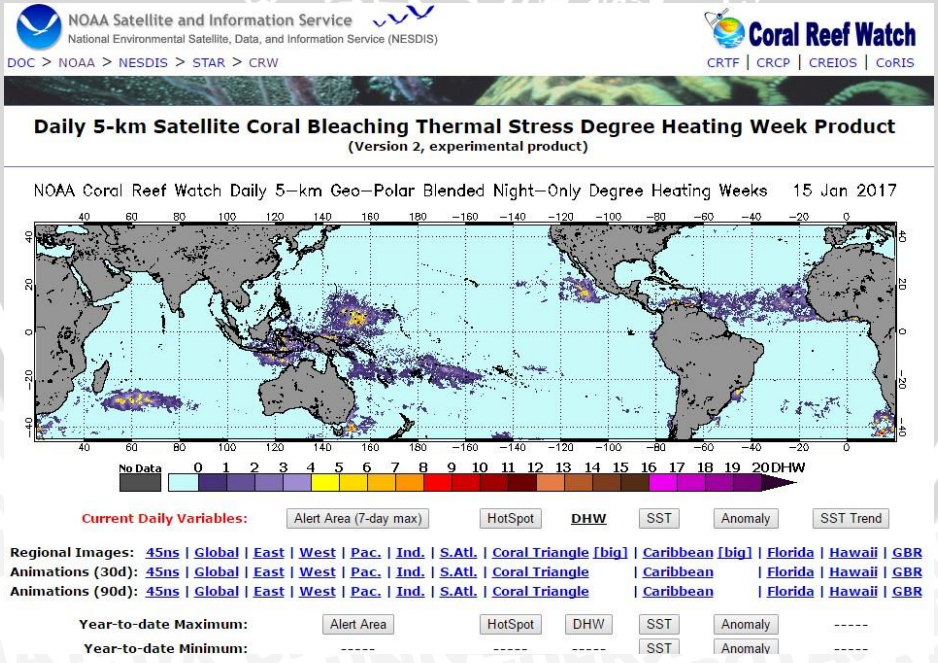
- if i1/i2 < 1 then(log(i3)- (Ki/Kj*log(i2))) else null

- if i1<= 20 then log (i2) + Ki/Kj*log(i3) else null

Lampiran 3 Download Data Anomali Suhu dan Data DHW



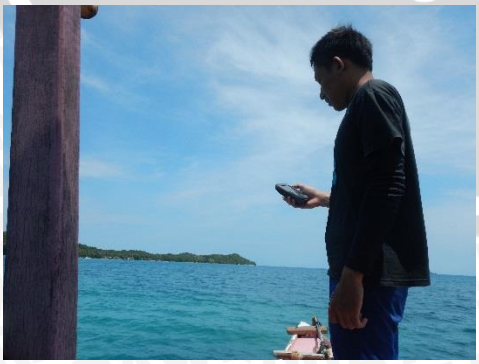
Data suhu anomali didapatkan dengan mendownlod pada websit satelit NOAA https://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCDC/.ERSST. Nilai suhu digunakan untuk mengetahui fenomena El-Nino yang ada di Indonesia. Kemudian data yang didownload diolah dengan menggunakan Ms.Excel.



Data DHW didapatkan dengan mendownload di website NOAA *Coral Reef Watch*http://coralreefwatch.noaa.gov. Data kemudian dapat dilihat dan diolah dengan Ms.Excel

Lampiran 5 Survey Lapang dan Pengambilan Parameter Lingkungan

NO	Gambar	Keterangan
1		Survey lapang dengan menggunakan Metode *Stop and Go*, dengan mendatangi titik sampel pada tiap kelas yaitu kelas karang hidup, karang mati dan pasir.
2		Habitat terumbu karang pada Pulau Karimunjawa
3		Karang yang rusak akibat penggunaan bom pada perairan Pulau Kemujan

4		Karang *bleaching* , ditemukan hanya beberapa karang *bleaching* pada perairan Pulau Karimunjawa
5		Karang yang rusak dan tertutupi alga
6		Pengambilan parameter lingkungan di perairan Pulau Karimunjawa dan Kemujan
7		Menggunakan GPS untuk menetukan titik lokasi survey dan lokasi pengambilan sampel

8		Mangrove yang terletak di Selat yang memisahkan Pulau Karimunjawa dan Kemujan
9		Kantor Balai Taman Nasional Karimunjawa yang ada di Semarang

Lampiran 6 Titik Sampel Karimunjawa

Titik	Longitude	Latitude	Tutupan Karang			
			Karang Hidup	Karang Mati	Pasir	Lainnya
1	110.436207320	-5.88407467072	-	60% Karang Mati	30% Pasir	10% Alga
2	110.429995149	-5.87760612952	-	-	60% Pasir	40% Lamun
3	110.448654669	-5.87409998922	50% Karang Hidup	-	30% Pasir	10% Alga 10% Lamun
4	110.418165188	-5.85761979757	-	30% Karang Mati	60% Pasir	10% Alga
5	110.429772309	-5.86597388259	30% Karang Hidup	30% Karang Mati	40% Pasir	-
6	110.416417194	-5.84610347479	70% Karang Hidup	30% Karang Mati	-	-
7	110.407274621	-5.83763427516	70% Karang Hidup	30% Karang Mati	-	-
8	110.422410485	-5.83671005984	100% Karang Hidup	-	-	-
9	110.435554518	-5.83308104315	40% Karang Hidup	50% Karang Mati	10% Pasir	-
10	110.448227738	-5.83086119007	20% Karang Hidup	60% Karang Mati	20% Pasir	-
26	110.474154121	-5.83335341597	30% Karang Hidup	30% Karang Mati	60% Pasir	-
27	110.476258884	-5.84099263042	60% Karang Hidup	-	40% Pasir	-
28	110.475431034	-5.84804162707	50% Karang Hidup	40% Karang Mati	10% Pasir	-
29	110.471435476	-5.85485265040	60% Karang Hidup	20% Karang Mati	20% Pasir	-
30	110.461687678	-5.86471302821	50% Karang Hidup	30% Karang Mati	20% Pasir	-

Titik	Longitude	Latitude	Tutupan Karang			
			Karang Hidup	Karang Mati	Pasir	Lainnya
31	110.434386065	-5.88188845368	-	60% Karang Mati	40% Pasir	-
32	110.430554171	-5.87234139986	-	50% Karang Mati	20% Pasir	30% Lamun
33	110.428196263	-5.86634677868	10% Karang Hidup	20% Karang Mati	30% Pasir	40% Lamun
34	110.427832542	-5.86079805888	-	-	60% Pasir	40% Lamun
35	110.425473718	-5.85576514391	-	70% Karang Mati	20% Pasir	10% Lamun
36	110.419780975	-5.86012397800	20% Karang Hidup	70% Karang Mati	10% Pasir	-
37	110.422745342	-5.85095377608	-	60% Karang Mati	40% Pasir	-
38	110.411816229	-5.84709558252	40% Karang Hidup	30% Karang Mati	20% Pasir	10% Lamun
39	110.411894657	-5.84273097336	-	30% Karang Mati	70% Pasir	-
40	110.408572542	-5.84073008701	-	50% Karang Mati	40% Pasir	10% Alga
41	110.421503483	-5.83734055549	-	70% Karang Mati	30% Pasir	-
42	110.436135312	-5.83195500727	30% Karang Hidup	30% Karang Mati	-	40% Alga
44	110.467469908	-5.81763367510	20% Karang Hidup	40% Karang Mati	30% Pasir	10% Lamun
59	110.479272978	-5.83495570333	-	60% Karang Mati	40% Pasir	-
60	110.460035226	-5.86470688285	-	30% Karang Mati	70% Pasir	-
61	110.430849878	-5.87977455939	-	30% Karang Mati	70% Pasir	-

Titik	Longitude	Latitude	Tutupan Karang			
			Karang Hidup	Karang Mati	Pasir	Lainnya
62	110.430119886	-5.87038357571	-	20% Karang Mati	80% Pasir	-
63	110.426556485	-5.85479865647	-	-	100% Pasir	-
64	110.414410425	-5.84382591020	-	-	90% Pasir	10% Alga
65	110.411452065	-5.84420790720	-	20% Karang Mati	80% Pasir	-
66	110.410630154	-5.83816412891	-	20% Karang Mati	70% Pasir	10% Alga
67	110.448557882	-5.83106360983	-	20% Karang Mati	80% Pasir	-
68	110.458591760	-5.82423057273	30% Karang Mati	-	70% Pasir	-
69	110.463858499	-5.82242863798	10% Karang Hidup	30% Karang Mati	60% Pasir	-
83	110.490507995	-5.82354937842	20% Karang Hidup	60% Karang Mati	20% Pasir	-
84	110.474548971	-5.84074538526	-	20% Karang Mati	80% Pasir	-
85	110.458611897	-5.86484287335	-	40% Karang Mati	50% Pasir	10% Alga
86	110.454232079	-5.86673445084	20% Karang Hidup	50% Karang Mati	30% Pasir	-
87	110.449819720	-5.87161781246	20% Karang Hidup	40% Karang Mati	30% Pasir	10% Alga
88	110.445278332	-5.88722426669	-	20% Karang Mati	80% Pasir	-
89	110.495733026	-5.81968640371	30% Karang Hidup	-	70% Pasir	-
90	110.461382828	-5.82100473105	-	40% Karang mati	60% Pasir	-

Lampiran 7 Titik Sampel Kemujan

Titik	Longitude	Latitude	Tutupan Karang			
			Karang Hidup	Karang Mati	Pasir	Lainnya
11	110.449880224	-5.82064067786	100% Karang Hidup	-	-	-
12	110.470650321	-5.81631319246	60% Karang Hidup	10% Karang Mati	30% Pasir	-
13	110.459033481	-5.81841710701	50% Karang Hidup	20% Karang Mati	20% Pasir	10% Alga
14	110.451056977	-5.81699945482	20% Karang Hidup	50% Karang Mati	30% Pasir	-
15	110.448023668	-5.79948962692	40% Karang Hidup	20% Karang Mati	30% Pasir	-
16	110.463044891	-5.79468673273	20% Karang Hidup	40% Karang Mati	30% Pasir	-
17	110.467395849	-5.78376369088	60% Karang Hidup		40% Pasir	-
18	110.477847094	-5.77261123686	10% Karang Hidup	50% Karang Mati	40% Pasir	-
19	110.485934890	-5.78013838796	40% Karang Hidup	30% Karang Mati	20% Pasir	10% Alga
20	110.476537215	-5.79375938742	50% Karang Hidup	40% Karang Mati	-	10% Alga
21	110.484156954	-5.80022868201	70% Karang Hidup	-	30% Pasir	-
22	110.489544406	-5.81045576660	60% Karang Hidup	30% Karang Mati	-	10% Lamun
23	110.497984000	-5.81892308770	50% Karang Hidup	30% Karang Mati	20% Pasir	-
24	110.484480456	-5.83148302607	40% Karang Hidup	50% Karang Mati	10% Pasir	-
25	110.483652840	-5.83841455136	60% Karang Hidup	10% Karang Mati	30% Pasir	-

Titik	Longitude	Latitude	Tutupan Karang			
			Karang Hidup	Karang Mati	Pasir	Lainnya
43	110.447587024	-5.83011690178	10% Karang Hidup	50% Karang Mati	40% Pasir	-
45	110.454020593	-5.82302124918	10% Karang Hidup	50% Karang Mati	40% Pasir	-
46	110.460079223	-5.82162149173	-	70% Karang Mati	30% Pasir	-
47	110.462741887	-5.81807306541	20% Karang Hidup	50% Karang Mati	30% Pasir	-
48	110.448339293	-5.81620971186	30% Karang Hidup	-	70% Pasir	-
49	110.449155514	-5.81243761204	30% Karang Hidup	10% Karang Mati	60% Pasir	-
50	110.455742394	-5.79927582874	20% Karang Hidup	50% Karang Mati	30% Pasir	-
51	110.445988375	-5.80303926467	-	70% Karang Mati	30% Pasir	-
52	110.464471579	-5.78552413126	30% Karang Hidup	50% Karang Mati	20% Pasir	-
53	110.472083407	-5.78146243352	20% Karang Hidup	30% Karang Mati	-	50% Alga
54	110.485085916	-5.77881113228	50% Karang Hidup	30% Karang Mati	20% Pasir	-
55	110.476649511	-5.79611445510	10% Karang Hidup	60% Karang Mati	30% Pasir	-
56	110.492295441	-5.81144232719	-	70% Karang Mati	30% Pasir	-
57	110.485412580	-5.82586196388	30% Karang Hidup	50% Karang Mati	20% Pasir	-
58	110.473656493	-5.83739177222	10% Karang Hidup	60% Karang Mati	30% Pasir	-
70	110.465398832	-5.82006030543	20% Karang Hidup	10% Karang Mati	70% Pasir	-

Titik	Longitude	Latitude	Tutupan Karang			
			Karang Hidup	Karang Mati	Pasir	Lainnya
71	110.445441693	-5.81148018371	-	10% Karang Mati	90% Pasir	-
72	110.450055843	-5.81151431621	30% Karang Hidup	60% Karang Mati	-	10% Alga
73	110.445743728	-5.80508205169	-	30% Karang Mati	70% Pasir	-
74	110.454680875	-5.80023266480	20% karang Hidup	-	80% Pasir	-
75	110.459120100	-5.79751166045	-	70% Karang Mati	30% Pasir	-
76	110.459186131	-5.79028384959	-	-	90% Pasir	10% Alga
77	110.464427316	-5.78386074906	10% Karang Hidup	20% Karang Mati	70% Pasir	-
78	110.475942391	-5.77329625365	-	20% Karang Mati	80% Pasir	-
79	110.485604411	-5.78373222157	10% Karang Hidup	20% Karang Mati	70% Pasir	-
80	110.488928987	-5.80331574565	-	40% Karang Mati	60% Pasir	-
81	110.495369210	-5.81203056743	-	30% Karang Mati	70% Pasir	-
82	110.493910073	-5.82298961358	-	20% Karang Mati	80% Pasir	-