

**STUDI PERBANDINGAN PENUTUPAN TERUMBU KARANG TAHUN 2001,
2006 DAN 2012 BERDASARKAN CITRA SATELIT LANDSAT 7 ETM +
Daerah Penelitian : Perairan Pulau Nusa Lembongan Kabupaten Klungkung Bali**

SKRIPSI

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

Oleh:

RENDY LUTHFI RAHMAN

NIM.0810820018



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

**STUDI PERBANDINGAN PENUTUPAN TERUMBU KARANG TAHUN 2001,
2006 DAN 2012 BERDASARKAN CITRA SATELIT LANDSAT 7 ETM +**
Daerah Penelitian : Perairan Pulau Nusa Lembongan Kabupaten Klungkung Bali

SKRIPSI

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

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

Oleh:

RENDY LUTHFI RAHMAN

NIM.0810820018



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

2013

SKRIPSI

STUDI PERBANDINGAN PENUTUPAN TERUMBU KARANG TAHUN 2001, 2006
DAN 2012 BERDASARKAN CITRA SATELIT LANDSAT 7 ETM+

Daerah Penelitian : Perairan Pulau Nusa lembongan Kabupaten Klungkung Bali

Oleh :

Rendy Luthfi Rahman

NIM. 0810820018

telah dipertahankan didepan penguji pada tanggal 4 Juli 2013

dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I

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

Tanggal :

Dosen Penguji 2

(Dr. Ir. Tri Joko Lelono, M.si)
NIP. 19610909 198602 1 002

Tanggal :

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

(Ir. Sukandar, MP.)
NIP. 19591212 198503 1 008

Tanggal :

Dosen Pembimbing 2

(Ir. Agus Tumulyadi, MP.)
NIP. 19640830 108903 1 002

Tanggal :

Mengetahui,

a.n. Ketua Jurusan
Sekertaris Jurusan

Nurin Hidayati, ST, M.Sc
NIP. 19781102 200501 1 002

Tanggal :

LEMBAR ORISINILITAS

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

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.



Malang, 16 April 2013

Mahasiswa

Rendy Luthfi Rahman

RINGKASAN

Rendy Luthfi Rahman. Laporan Skripsi dengan judul Studi Perbandingan Penutupan Terumbu Karang Tahun 2001, 2006 dan 2012 Berdasarkan Citra Satelit Landsat 7 ETM+ . (Dibawah bimbingan **Ir. Sukandar, MS dan Ir. Agus Tumulyadi, MS**)

Terumbu karang merupakan komunitas yang unik diantara komunitas laut lain, seluruhnya komunitas terumbu karang yang terbentuk adalah melalui aktivitas biologi. Terumbu karang terbentuk dari endapan *massive* kalsium karbonat (kapur yang diproduksi binatang karang dan sedikit tambahan dari algae berkapur dan organisme lain penghasil kalsium karbonat, terumbu karang memiliki banyak fungsi, penambangan karang atau penyubabab kerusakan yang lain berdampak terhadap jasa ekologis terumbu karang sebagai pelindung garis pantai.

Penelitian dilaksanakan didua tempat, pertama di Lembaga Penerbangan Dan Antariksa Nasional (LAPAN) jakarta dan di Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali. Pengambilan data di LAPAN di lakukan bulan oktober hingga November 2012 sedangkan pengecekan lapang di Pulau Nusa Lembongan dilakukan pada bulan Februari 2013.

Tujuan penelitian ini adalah memetakan dan melakukan analisis sebaran tutupan terumbu karang di Pulau Nusa Lembongan Kabupaten Klungkung Bali, serta menganalisa perubahan-perubahan yang terjadi berdasarkan data yang direkam tahun 2001, 2006 dan 2011.

Metode penelitian ini dalam penelitian ini adalah metode deskriptif yang secara umum penelitian dilakukan dua tahap, yaitu : 1) Tahap pertama pengumpulan data berupa citra digital dan pengolahannya, 2) Tahap kedua adalah tahap survei lapang, untuk mengetahui ketepatan pemetaan dan pengenalan objek penginderaan jauh.

Hasil pengolahan data citra satelit Landsat 7 ETM+ menunjukan bahwa antara tahun 2001, 2006 dan 2012 di Pulau Nusa Lembongan terjadi penambahan luasan tutupan Terumbu karang hidup sebesar 33.20% dengan ketepatan pemetaan sebesar 71%. Peningkatan luasan terumbu karang ini tidak lepas dari peran kelompok nelayan setempat yang aktif dalam pelestarian terumbu karang di daerah tersebut.

Penelitian selanjutnya disarankan agar parameter oseanografi lain seperti kecerahan, konturdasar laut sebaiknya perlu ditambahkan. Dan hasil akurasi pemetaan yang lebih tinggi sebaiknya menggunakan citra dengan resolusi lebih tinggi.

KATA PENGANTAR

Dengan Memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya yang terlimpahkan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan sebagai salah satu syarat kelulusan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya dengan judul STUDI PERBANDINGAN PENUTUPAN TERUMBU KARANG TAHUN 2001, 2006 DAN 2012 BERDASARKANCITRA SATELIT LANDSAT 7 ETM+.

Sangat disadari bahwa tulisan ini banyak kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun telah diusahakan semaksimal mungkin segala kemampuan untuk lebih teliti. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang 2012

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan yang baik ini penulis tidak lupa menyampaikan rasa ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT dan Rosullnya yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya dalam setiap langkah kita.
2. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.
3. Ibu dan Ayah, serta kakak Doni, Kakak Fili, Kakak Riza, Kakak Eni ,Eel, Rea, Beril dan semua keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan terus menerus sehingga laporan ini dapat selesai dengan baik.
4. Bapak Ir. Sukandar, MP selaku dosen pembimbing 1 yang telah banyak dan sabar memberikan bimbingan, petunjuk serta mengarahkan dalam penyusunan laporan penelitian ini.
5. Bapak Ir. Agus Tumuryadi, MP Selaku dosen pembimbing II yang juga telah banyak memberikan pelajaran dan telah sabar membimbing penulis dalam menyelesaikan laporan penelitian ini.
6. Bapak Ir. Agus Hidayat M.sc, Ibu Emi dan bapak Anang yang telah memberikan kesempatan dan bimbingan untuk melakukan penelitian di LAPAN Jakarta.
7. Segenap Dosen PSPK yang turut membantu dan memberikan banyak masukan demi kelancaran penelitian ini.
8. Ibu Sumariati dan segenap pengurus desa Jungut batu Kab. Klungkung yang telah banyak membatu penulis dalam melakukan penelitian di Pulau Nusa Lembongan Bali.
9. Rasa terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Habibi yang meinspirasi penulis lewat filmnya Habibi dan Ainun .

10. Ucapan terima kasih khusus penulis sampaikan kepada Ary Eko Nugroho, Dedi Kristanto, Oktavia Handayani Rizal, Rendy Rusbi, Rendy Irawan, Rejeki Amalia, Anggar Kumala, Nora Akbar, Ijah, Anang dan semua teman-teman PSPS 2008 yang telah banyak membantu penulis dalam penelitian ini.
11. Ucapan terima kasih juga khusus penulis ucapkan untuk kakak Eka Deviana Mufti yang telah banyak memberikan dukungan kepada penulis.
12. Semua pihak tidak mungkin disebutkan satu persatu penulis mengucapkan terima kasih banyak.

Malang, 2012

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Kegunaan Penelitian	4
1.5 Waktu Dan Tempat Penelitian.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Terumbu Karang.....	5
2.2 Karakteristik Tutupan Terumbu Karang.....	7
2.2.1 Kerusakan Pada Terumbu Karang.....	11
2.3 Teknologi Penginderaan Jauh.....	13
2.3.1 Teknologi Penginderaan Jauh Untuk Perairan.....	16
2.3.2 Satelit Landsat 7 ETM+	17
2.3.3 Aplikasi Satelit Landsat 7 ETM + Dalam Pemetaan Terumbu Karang.....	19
2.4 Logaritma Lyzenga.....	22

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian.....	25
3.2 Alat Dan Bahan Penelitian	25
3.2.1 Alat	25
3.2.2 Bahan	26
3.3 Metode Penelitian.....	26
3.3.1 Metode Pengambilan Data	27
3.4 Prosedur Pelaksanaan	28
3.4.1 Pengelolaan Awal Citra Satelit Landsat 7 ETM+	28
3.4.2 Tahap Pengolahan Data Citra Satelit	30
3.4.3 Uji Klasifikasi	34
3.4.4 Analisa Tutupan Terumbu Karang.....	35
3.4.5 Tahap Pengolahan Lanjutan	36

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

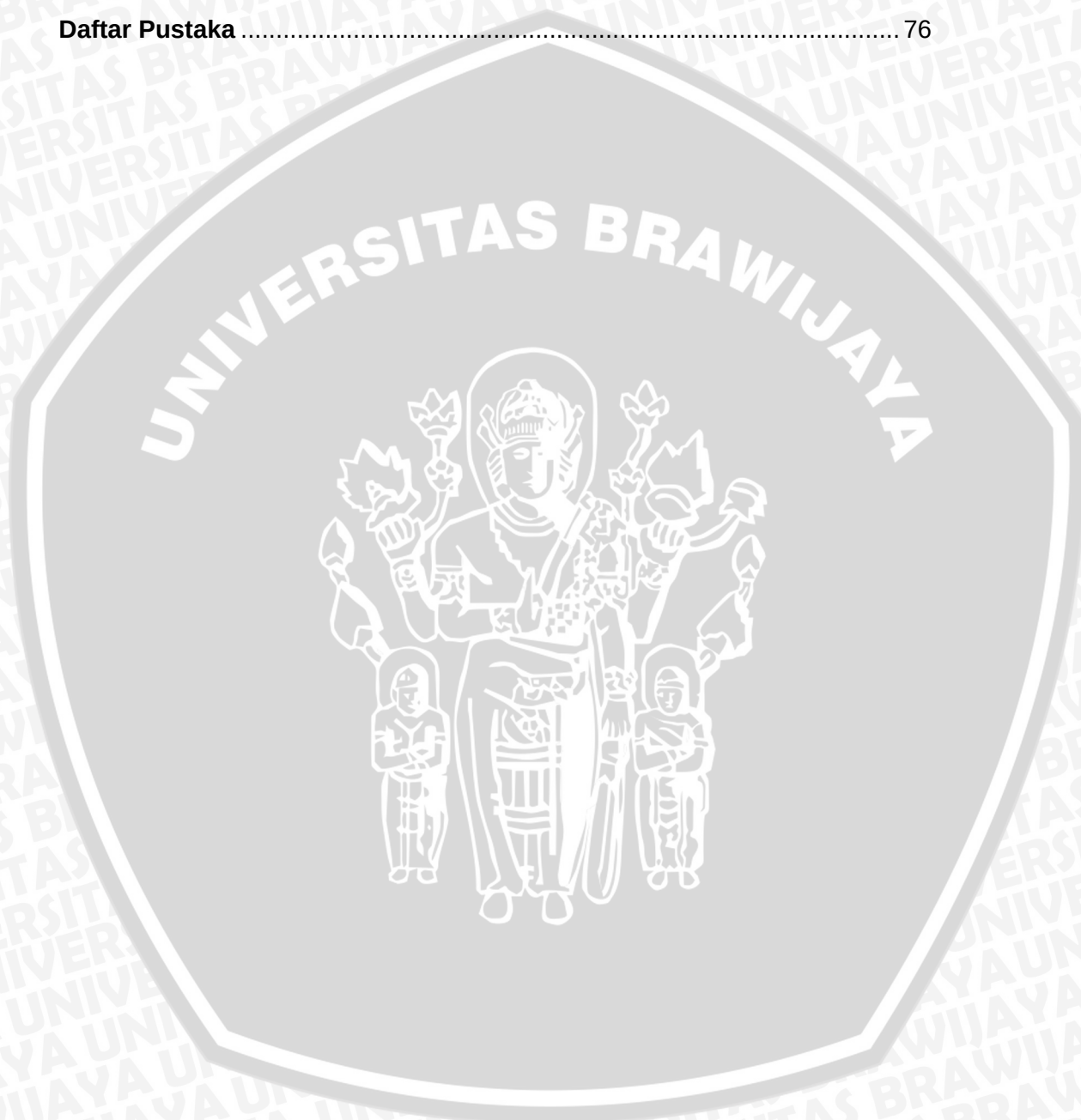
4.1 Keadaan Umum Daerah Penelitian.....	37
4.2 HasilPengolahan Data Citra Satelit Landsat 7ETM+	38
4.2.1 Idetifikasi Objek	44
4.2.2 Nilai Alogaritma Lyzenga.....	53
4.2.3 Klasifikasi Citra	57
4.2.4 Analisis Luasan Tutupan Terumbu Karang	59
4.5 Penilaian Ketepatan Pemetaan	72

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan..... 74

5.2 Saran..... 75

Daftar Pustaka..... 76



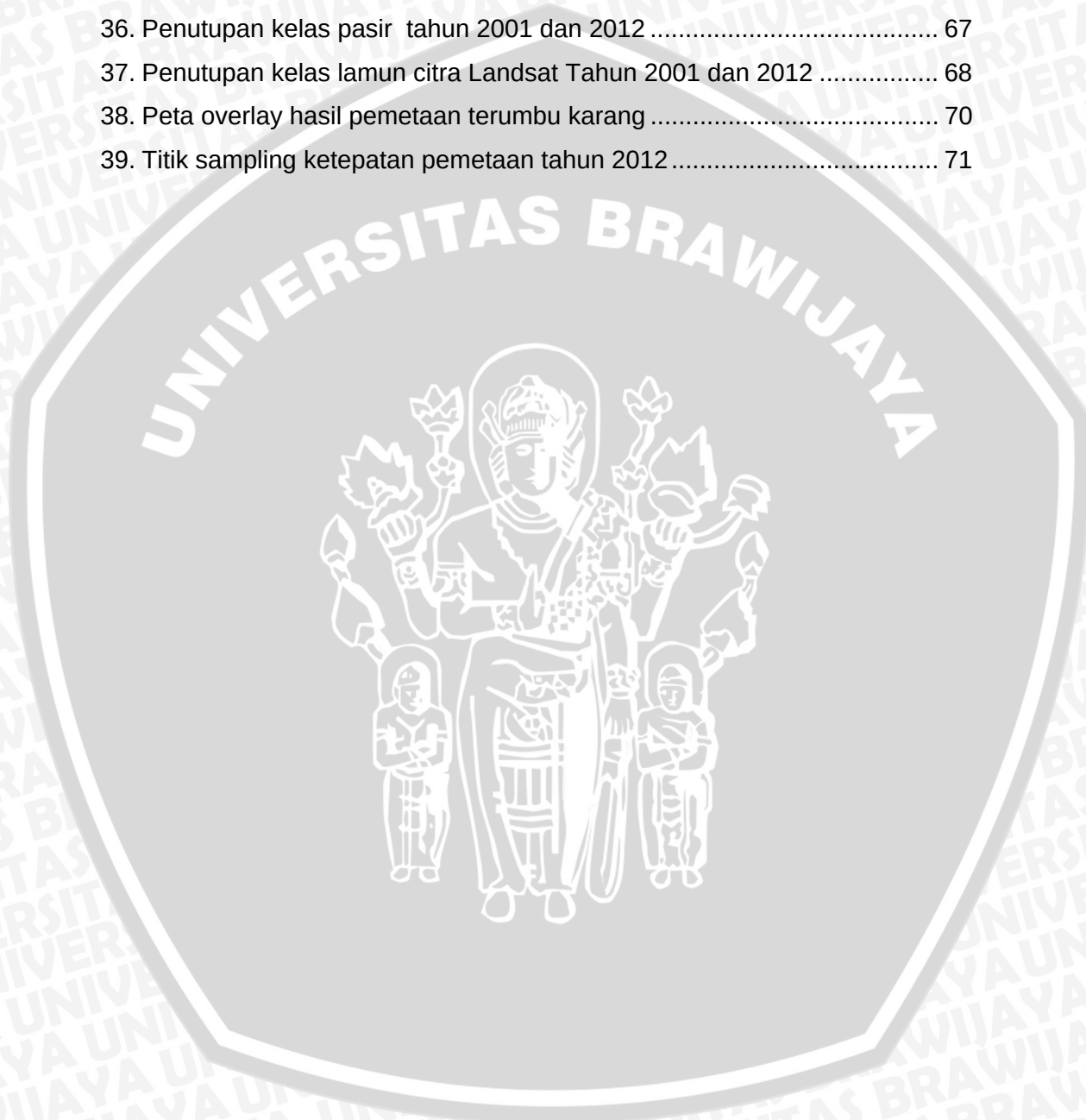
DAFTAR GAMBAR

Gambar

Halaman

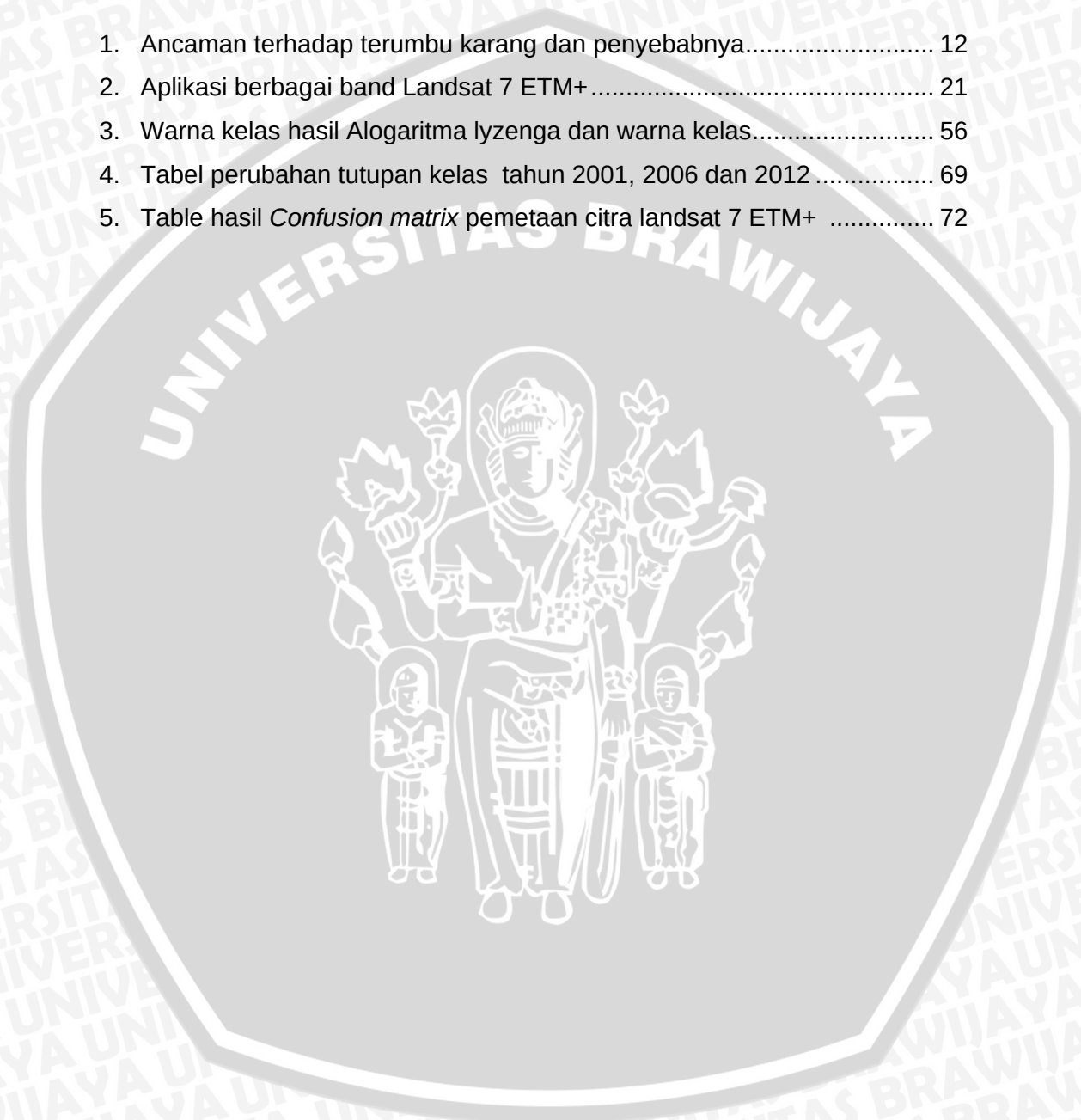
1. Fisiologis hewan karang	5
2. Fisiologis hewan karang	8
3. Ragam bentuk pertumbuhan koloni karang	8
4. Teori pembentukan karang	10
5. Sistem penginderaan jauh	14
6. Prinsip kerja penginderaan jauh.	15
7. Orbit satelit Landsat 7 ETM+	18
8. Peta daerah penelitian Pulau Nusa Lembongan Bali	38
9. Data Ccitra Satelit Landsat 7 ETM +	40
10. Data hasil pemetaan terumbu karang tahun 2001	42
11. Data hasil pemetaan terumbu karang tahun 2006	43
12. Data hasil pemetaan terumbu karang tahun 2012	44
13. Identifikasi objek Citra Landsat 7 ETM+ Pulau Nusa Lembongan	45
14. Perbandingan Citra Landsat 7 ETM+ Pulau Nusa Lembongan	47
15. Jenis terumbu karang <i>Acropora latistella</i>	48
16. Terumbu karang <i>Acropora macrostoma</i>	48
17. Jenis terumbu karang <i>Montipora digitata</i>	49
18. Salah satu jenis terumbu karang <i>Acropora digitifera</i>	49
19. Jenis terumbu karang <i>Acropora macrostoma</i>	50
20. Jenis terumbu karang <i>Acropora palifera</i>	50
21. Dasar perairan Pulau Nusa Lembongan Bali	51
22. Dasar perairan berpasir Pulau Nusa Lembongan	51
23. Pecahan terumbu karang Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung	52
24. Budidaya rumput laut penduduk setempat Pulau Nusa Lembongan	52
25. Hasil transformasi alogaritma Lyzenga tahun 2001	54
26. Hasil transformasi alogaritma Lyzenga 2006	55
27. Hasil transformasi alogaritma Lyzenga 2012	58
28. Scattergram hasil klasifikasi Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2001	58
29. Scattergram hasil klasifikasi Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2006	59
30. Scattergram hasil klasifikasi Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2012	61

31. Tingginya tingkat kekeruhan Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2006	62
32. Tingginya tingkat kekeruhan Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2006	63
33. Penutupan kelas terumbu karang 2001 dan 2012.....	64
34. Penutupan kelas terumbu karang mati 2001.2006 dan 2012	65
35. Penutupan kelas pecahan terumbu karang 2001 dan 2012	66
36. Penutupan kelas pasir tahun 2001 dan 2012	67
37. Penutupan kelas lamun citra Landsat Tahun 2001 dan 2012	68
38. Peta overlay hasil pemetaan terumbu karang	70
39. Titik sampling ketepatan pemetaan tahun 2012.....	71



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Ancaman terhadap terumbu karang dan penyebabnya.....	12
2. Aplikasi berbagai band Landsat 7 ETM+	21
3. Warna kelas hasil Alogaritma lyzenga dan warna kelas.....	56
4. Tabel perubahan tutupan kelas tahun 2001, 2006 dan 2012	69
5. Table hasil <i>Confusion matrix</i> pemetaan citra landsat 7 ETM+	72



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alur Proses Penelitian	78
2. Peta Tutupan Terumbu Karang Tahun 2012	79
3. Peta Tutupan Terumbu Karang Tahun 2006	80
4. Peta Tutupan Terumbu Karang Tahun 2001	81
5. Peta Overlay Tutupan Terumbu Tahun 2001-2012	82
6. Surat Bimbingan Penelitian LAPAN Jakarta.....	83
7. Surat Tanda Melakukan Penelitian di Pulau Nusa Lembongan Bali	84
8. Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	85
9. Perhitungan Koreksi Radio Metrik Citra Tahun 2001 Landsat 7 ETM+.....	86
10. Perhitungan Koreksi Radio Metrik Citra Tahun 2006 Landsat 7 ETM+.....	87
11. Perhitungan Koreksi Radio Metrik Citra Tahun 2012 Landsat 7 ETM+.....	88
12. Jenis Terumbu Karang yang Ditemukan di Pulau Nusa Lembongan.....	89



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara maritim yang memiliki banyak keberagaman spesies serta variasi kedalaman laut, keberagaman ini disebabkan oleh pertemuan Lempeng Pasifik, Lempeng Eurasia dan Lempeng Samudra Hindia - Australia. Rantai kepulauan nusantara dari ujung barat sampai timur terbentang jalur magnetik, jalur seismik dan jalur anomali gravitasi negatif terpanjang di dunia, sehingga memberikan kekayaan variasi jenis-jenis kedalaman dengan beraneka ragam biota laut serta keindahan estetikanya (DPD Himpunan Nelayan Seluruh Indonesia (HNSI) Jawa Timur, 2006).

Terumbu karang merupakan salah satu ekosistem perairan tropis yang memiliki produktivitas yang sangat tinggi. Komponen yang sangat penting dalam menyusun ekosistem ini adalah karang batu. Biota-biota lain seperti ikan, moluska, ekinodermata dan rumput laut memanfaatkan lingkungan terumbu karang sebagai tempat hidup, membesarkan diri, berkembang biak serta mencari makan. Informasi tentang kondisi ekosistem terumbu karang dengan berbagai komponen benthik yang membentuknya sangat dibutuhkan dalam penilaian status keberadaannya (Prayuda, et al., 2008).

DONE (1982) dalam Manuputty (2008), menyatakan bahwa ekosistem terumbu karang merupakan ekosistem perairan laut dangkal yang sangat produktif. Ekosistem terumbu karang juga memiliki keanekaragaman sumber daya hayati yang tinggi di perairan tropis. Selain sebagai lingkungan alami, terumbu karang juga mempunyai manfaat bagi manusia dalam berbagai aspek ekonomi, sosial dan

budaya termasuk pariwisata. Pada kenyataannya, terumbu karang telah mengalami degradasi dari tahun ke tahun. Degradasi terjadi umumnya terjadi pada biota pembangun terumbu yaitu karang, hal ini juga terjadi di perairan Indonesia dan tentunya harus diatasi sedini mungkin dengan menerapkan kebijakan pengelolaan yang tepat.

Dalam bukunya Prahasta (2008), disebutkan bahwa hingga saat ini hampir semua metode atau teknik pengambilan (sampling) data yang paling sering dilakukan dan dimaksudkan untuk pengembangan data spasial adalah teknik dari *remote sensing* (penginderaan jauh). *Remote sensing* adalah ilmu dan seni dalam mendapatkan informasi objek, luasan area dan bahkan fenomena alamiah melalui proses analisis terhadap data yang diperoleh dari perangkat (sensor dan platform) tanpa kontak langsung. Metode-metode ini paling sering digunakan karena hasil yang didapat akan memiliki cakupan (wilayah studi atau operasi) yang sangat bervariasi mulai dari luasan kecil hingga sangat luas, serta dapat memberikan gambaran unsur-unsur spasial yang komperhensif dengan bentuk-bentuk geometri pengukuran yang relatif singkat serta dapat diulang lagi dengan cepat dan konsisiten (presisi). Menjadikan teknik ini sangat cocok untuk diaplikasikan dalam mengumpulkan informasi mengenai luas tutupan terumbu karang serta menganalisa perubahan-perubahan yang terjadi.

1.2 Rumusan Masalah

Terumbu karang merupakan ekosistem perairan laut dangkal yang paling produktif. Ekosistem ini memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi di perairan tropis, hal menjadikan segala informasi mengenai terumbu karang sangat penting. Informasi tutupan terumbu karang menjadi data pokok dalam pengelolaan terumbu karang lebih lanjut (Manaputy, 2008).

Dalam tulisannya Butler *et al.* (1988), disebutkan bahwa teknologi penginderaan jauh adalah suatu cara perolehan informasi tentang objek atau kejadian dengan dasar pengukuran dilakukan pada jarak tertentu dari objek kejadian tertentu. Dengan cakupan objek penelitian yang luas maka metode *remote sensing* (penginderaan jarak jauh) adalah metode yang paling cocok karena lebih efisien serta efektif.

Dengan memanfaatkan metode teknologi penginderaan jauh peneliti bertujuan untuk mengetahui kondisi aktual terumbu karang di Perairan Kepulauan Nusa Lembongan Kabupaten Klungkung dan melakukan analisa perubahan serta hal-hal yang mempengaruhi luasan tutupan karang berdasarkan data citra satelit Landsat 7 ETM+, dengan lokasi pengambilan data di Pulau Nusa Lembongan yang direkam pada tahun 2001, 2006 dan 2011.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memetakan sebaran tutupan terumbu karang di Pulau Nusa Lembongan Kabupaten Klungkung Bali, berdasarkan data yang direkam tahun 2001, 2006 dan 2011.

2. Mengetahui peubahan sebaran tutupan terumbu karang Pulau Nusa Lembongan Bali.
3. Melakukan analisa tingkat perubahan sebaran penutupan terumbu karang di Pulau Nusa Lembongan Bali.

1.4 Kegunaan Penelitian

Kegunaan penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi tentang sebaran serta prosentase perubahan terumbu karang di perairan Nusa Lembongan.
2. Sebagai informasi awal untuk melakukan monitoring terumbu karang yang berkelanjutan.
3. Hasil analisis perubahan tutupan terumbu karang diharapkan dapat digunakan sebagai pedoman pengelolaan sumberdaya terumbu karang, sehingga digunakan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat Nusa Lembongan dalam bidang ekonomi dan pariwisata.

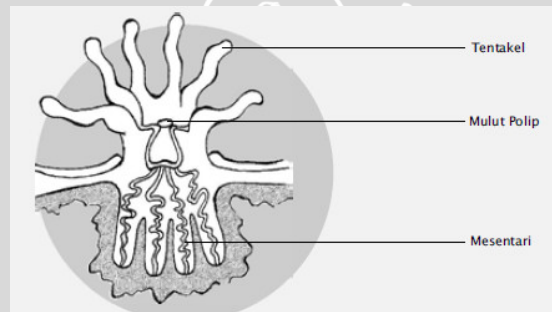
1.5 Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan didua tempat, pertama di Lembaga Penerbangan Dan Antariksa Nasional (LAPAN) Jakarta dan di Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali. Pengambilan data di LAPAN di lakukan Bulan Oktober hingga November 2012 sedangkan pengecekan lapang di Pulau Nusa Lembongan dilakukan pada Bulan Februari 2013.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Terumbu karang

Terumbu karang merupakan komunitas yang unik diantara komunitas laut lain, seluruhnya komunitas terumbu karang yang terbentuk adalah melalui aktivitas biologi. Terumbu karang terbentuk dari endapan *massive* kalsium karbonat (kapur) yang diproduksi binatang karang dan sedikit tambahan dari algae berkapur dan organisme lain penghasil kalsium karbonat (Sukmara, 2001).



Gambar 1. Fisiologis hewan karang (Sukmara, 2001).

Berdasarkan kepada kemampuan memproduksi kapur maka karang dibedakan menjadi dua kelompok yaitu karang hermatipik dan karang ahermatipik. Karang hermatipik adalah karang yang dapat membentuk bangunan karang yang dikenal menghasilkan terumbu karang dan penyebarannya hanya ditemukan di daerah tropis. Karang ahermatipik tidak menghasilkan terumbu ini merupakan kelompok yang tersebar luas diseluruh dunia. Perbedaan utama karang hermatipik dan ahermatipik adalah adanya simbiosis mutualisme antara karang Hermatipik dengan *zooxanthellae*, yaitu sejenis algae uniseluler (*Dinoflagellata uniseluler*), seperti *Gymnodium microadriatum*, yang terdapat di jaringan-jaringan polip binatang

karang dan melaksanakan fotosintesis. Hasil samping dari aktivitas ini adalah endapan kalsium karbonat yang struktur dan bentuk bangunannya khas (Neybeken, 1982).

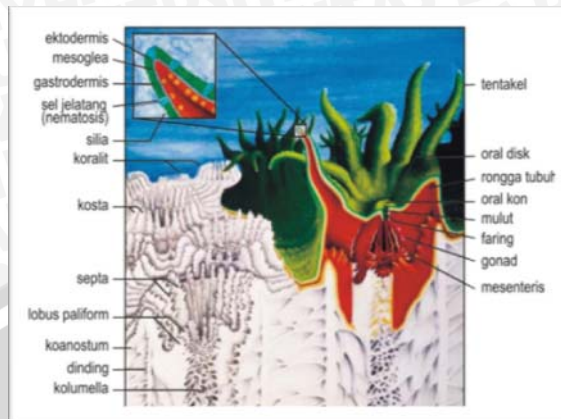
Menurut Gatot (2008), pada dasarnya terumbu karang terbentuk dari endapan-endapan massif kalsium karbonat (CaCO_3) yang dihasilkan oleh organisme karang pembentuk terumbu (karang hermartipik) dari filum *Cnidaria*, ordo *Scleracnitia* yang hidup bersimbiosis dengan *zooxantella*, dan sedikit tambahan dari algae berkapur serta organisme lain yang menyekresikan kalsium karbonat. Lebih lanjut disebutkan Oleh Dahuri (2003), mengemukakan bahwa terumbu karang juga merupakan makhluk hidup yang masuk dalam kelas *Antrozhoa*, yang berarti hewan berbentuk bunga (Antho: bunga dan Zoa: hewan). Kemampuan dalam mengasilkan terumbu karang ini disebabkan oleh adanya sel-sel tumbuhan yang bersibiosis didalam jaringan karang hermafistik yang dinamakan *Zooxanthellae*. Sel-sel yang merupakan sejenis algae tersebut hidup di jaringan-jaringan *polyp* karang serta melaksanakan fotosintesa. Hasil samping dari aktivitas fotosintesa tersebut adalah endapan kalsium karbonat (CaCO_3) yang struktur dan bentuk bangunnya khas. Ciri ini akhirnya digunakan untuk menentukan jenis atau spesies binatang karang.

Dalam Bouchet *et al.*, (2002), menyatakan hasil sementara jumlah spesies terumbu karang global sebenarnya diperkirakan paling sedikit 950.000 spesies, ini menunjukkan bahwa terumbu karang merupakan gudang bagi keanekaragaman spesies. Sehingga informasi penting tentang terumbu karang seperti presentase luas tutupannya, kesehatan terumbu karang, jenis terumbu karang harus diketahui sehingga langkah pengelolaan yang diambil dapat tepat dilakukan dan sesuai dengan apa yang diharapkan.

2.2 Karakteristik Tutupan Terumbu Karang

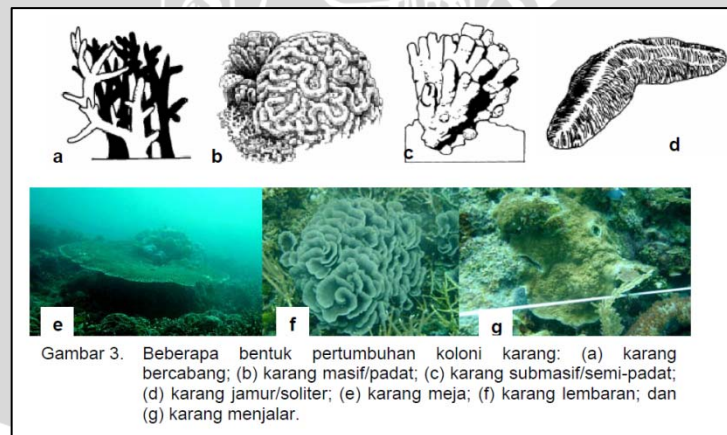
Dalam bukunya yang berjudul panduan Pemantauan Terumbu Karang Berbasis-Masyarakat dengan Metoda Manta Tow Sukmara (2001), disebutkan bahwa kondisi alam yang cocok untuk pertumbuhan karang diantaranya adalah perairan yang bertemperatur diantara 18-30°C, kedalaman air kurang dari 50 meter, salinitas airlaut 30-36 per mil (‰), laju sedimentasi relatif rendah dengan perairan yang relatif jernih, gerakan air/arus yang cukup, perairan yang bebas dari pencemaran, dan substrat yang keras. Faktor-faktor tersebut sangat mempengaruhi pertumbuhan karang. Karang tidak bisa hidup diperairan tawar ataupun muara. Pada tipe habitat yang berbeda, sebaran terumbu karang yang ada hampir sama, namun dengan adanya perbedaan tipe habitat tersebut menyebabkan timbul jenis karang karang yang lebih dominan dibanding dengan jenis lainnya, tergantung tipe habitat yang ditempati.

Terumbu karang adalah struktur dalam laut dangkal yang tahan terhadap gempuran ombak sebagai hasil proses-proses sementasi dan konstruksi kerangka koral hermatipik, ganggang berkapur, dan organisme lain yang mensekresi kapur. Proses sementasi dari kerjasama antar polip ini, akan membentuk struktur pertumbuhan kerangka yang berbeda-beda berdasarkan genetik jenisnya. Proses ini biasa dianalogikan seperti sekumpulan manusia yang saling bekerja sama membangun sebuah rumah, dan bentuk rumah tersebut berbeda menurut suku budayanya (DKP coremap, 2004).



Gambar 2. Gambar Fisiologi Hewan Karang (Veron, 2000).

Bentuk kerangka inilah yang selanjutnya lebih jelas terlihat perbedaannya, bentuk kerangka ini biasanya disebut dengan bentuk pertumbuhan yang secara umum terbagi atas 7 model, yakni karang bercabang (*branching coral*), karang massif/ padat (*massive coral*), karang submasif/semi padat (*submassive coral*), karang jamur/soliter (*mushroom coral*), karang meja (*tabulate coral*), karang lembaran (*folious coral*), dan karang menjalar (*encrusting coral*).

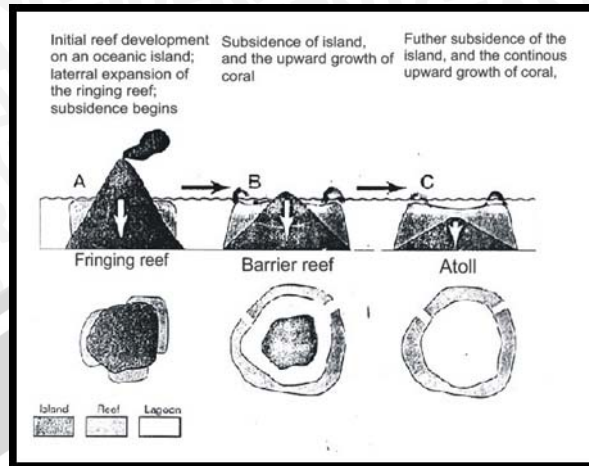


Gambar 3. Beberapa bentuk pertumbuhan koloni karang: (a) karang bercabang; (b) karang masif/padat; (c) karang submasif/semi-padat; (d) karang jamur/soliter; (e) karang meja; (f) karang lembaran; dan (g) karang menjalar.

Gambar 3. ragam bentuk pertumbuhan koloni karang (DKP coremap, 2004).

Bentang terumbu karang diseluruh dunia, secara umum terbentuk dalam 3 tipe, yakni:

- a) Terumbu tepi (*fringing reef*), berupa pembentukan terumbu yang mengitari pulau atau susuran dari daratan. Menurut teori, perkembangan tipe terumbu tepi berawal dari suatu pulau samudra /oseanik yang berlahan-lahan mengalami penurunan. Contoh dari terumbu tepi banyak ditemui di pulau-pulau yang masih muda, atau sepanjang daratan besar, misalnya pada sisi Pulau Sulawesi bagian barat.
- b) Terumbu penghalang (*barrier reef*), berupa lanjutan pertumbuhan karang yang semakin melebar dengan tubir yang semakin menonjol. Penenggelaman masa lampau pulau juga berlanjut sehingga secara perlahan tonjolan tubir dari masa darat pulau kelihatan seperti terpisah. Contoh yang paling terkenal adalah *Great Barrier Reef* (GBR) disisi timur Australia bagian utara.
- c) Terumbu cincin (*atoll*), merupakan akhir dari proses penenggelaman massa pulau, yang kemudian disuksesi oleh pertumbuhan terumbu karang. Bagian tubir yang menonjol ini semakin nampak dengan area sejak awal tumbuh mengelilingi pulau, sehingga terlihat seperti cincin yang melingkar. Contoh dari tipe terumbu ini adalah atol Taka Bonerate yang terletak disebelah tenggara Pulau Selayar.



Gambar 4. Teori pembentukan tipe terumbu karang: terumbu karang tepi (*fringing reef*), terumbu karang penghalang (*barrier reef*), dan Terumbu Karang Cincin (Atoll) (Tomascik *et al.*, 1997).

Secara alamiah, fungsi ekosistem terumbu karang sangat kompleks, dimana juga berkaitan dengan ekosistem mangrove dan padang lamun yang berdekatan. Secara fisik terumbu karang juga berfungsi sebagai pemecah ombak untuk melindungi daerah pesisir. Secara kimiawi, terumbu karang merupakan penangkap karbon yang diikat dalam bentuk kalsium karbonat. Nilai yang sangat vital adalah dalam hal mendukung sumberdaya perikanan. Lebih dari 30% ikan-ikan pemasok protein ditangkap di daerah terumbu karang. Masih banyak fungsi lain yang nilainya tidak kalah penting misalnya sebagai sumber *natural product*, sebagai tempat pendidikan, penelitian dan pariwisata.

Terumbu karang berperan penting sebagai pelindung pantai dari hempasan ombak dan arus kuat yang berasal dari laut. Selain itu terumbu karang mempunyai peran utama sebagai habitat (tempat tinggal). Mencari makan, tempat asuhan dan pembesaran, dan tempat pemijahan bagi berbagai biota hidup di terumbu karang atau sekitarnya (berasosiasi). Keanekaragaman biota dan keseimbangan ekosistem

terumbu karang bergantung pada jaring makanannya. Pengambilan jenis biota tertentu secara berlebihan dapat mengakibatkan peledakan populasi biota yang menjadi mangsanya, sehingga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem.

2.2.1 Kerusakan Pada Terumbu Karang

Ekosistem terumbu karang secara terus menerus mendapat tekanan akibat berbagai aktivitas manusia, baik secara langsung maupun tak langsung. Beberapa aktivitas manusia secara langsung dapat menyebabkan kerusakan terumbu karang diantaranya adalah penangkapan ikan dengan menggunakan bom, racun sianida (potas), pembuangan jangkar, berjalan diatas terumbu karang, penggunaan alat tangkap *muroami*, penambangan batu karang, penambangan pasir dan sebagainya. Aktivitas manusia yang secara tidak langsung dapat menyebabkan kerusakan terumbu karang adalah sedimentasi yang disebabkan aliran lumpur dari daratan akibat penggundulan hutan-hutan dan kegiatan pertanian, penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebihan untuk kebutuhan pertanian, sampah plastik dan lain-lain. Ancaman terumbu karang juga dapat disebabkan oleh adanya faktor alam. Ancaman alam dapat berupa angin topan, badai *tsunami*, gempa bumi, pemangsaan oleh CoTs (*crown of thorns starfish*) dan pemanasan global yang menyebabkan pemutihan karang (Sukmara, 2001).

Table 1. Ancaman terhadap terumbu karang dan penyebabnya.

Ancaman	Akibat yang ditimbulkan	
Bom	Karang mati,terbongkar dan patah	Manusia
Racun Potas	Karang mati,terbongkar dan jadi putih	
Trawl	Karang mati,terbongkar dan patah	
Jaring Dasar	Karang stress dan patah-patah	
Bubu	Karang mati,terbongkar dan patah	
Jangkar	Karang hancur dan patah	
sedimentasi	karang mati	
Bintang laut berduri	Kematian Karang dalam skala luas	Alam
Pemanasan global	kematian karang	
gunung api/topan	kerusakan fisik karang/struktur bawah laut	

(Sumber; DKP coremap, 2004)

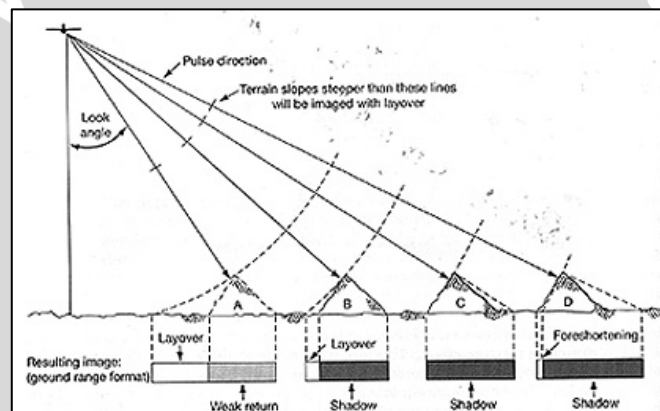
Menurut Sisca (2006), dijelaskan bahwa umumnya penyebab sedimentasi karena penebangan hutan atau aktivitas masyarakat kota, sehingga simbiosis algae dan karang terhalang dari penangkapan cahaya matahari. Sedimen yang lebih parah terjadi apabila penutupan lahan seperti reklamasi daerah estuaria dan pantai. Sedangkan polusi yang terjadi disebabkan oleh bahan kimia pertanian dan limbah industry yang dibuang ke perairan. Sedangkan praktek penambangan karang sejak lama terjadi , umumnya untuk membangun fondasi rumah penduduk atau kantor pemerintahan di pulau terpencil dan untuk campuran semen. Penambangan karang tidak hanya menghancurkan karang tetapi juga mengakibatkan penebangan hutan untuk pembakaran karang. Penambangan karang juga berdampak terhadap jasa ekologis seperti pelindung garis pantai (Sukmara, 2001).

Menurut Mastra (2003), Contoh-contoh penyebab kerusakan terumbu karang akibat aktivitas manusia adalah penggunaan alat-alat penangkap ikan yang membahayakan (dinamit / bahan peledak, racun (tubapotas), penambangan karang dan pasir, reklamasi, limbah pertanian, sedimentasi akibat penebangan dan penggundulan hutan di daerah hulu, limbah sisa buangan, pembuangan jangkar perahu nelayan, penebangan mangrove untuk : bahan bakar, bahan bangunan, dan bahan baku kertas. Berbagai ancaman yang terjadi terhadap terumbu karang yang disebabkan oleh faktor alam maupun kerusakan yang disebabkan oleh faktor manusia. Faktor-faktor yang disebabkan oleh alam lebih sulit untuk dikendalikan, minimnya informasi akan terumbu karang merupakan suatu penghambat dalam pengambilan keputusan yang tepat dalam pengelolaannya.

2.3 Teknologi Penginderaan Jauh

Menurut Hardiyanti (2001), Penginderaan jarak jauh (remote sensing) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau fenomena yang dikaji. Data penginderaan jauh dapat berupa data citra (bersifat fotografik atau raster) maupun non citra (informasi berupa angka atau numerik). Pengumpulan data penginderaan jauh dilakukan dengan alat pengindera (sensor), sensor ditempatkan pada wahana (dapat berupa satelit, pesawat terbang, balon dll). Banyak terdapat berbagai macam sensor yang masing-masing memiliki keunggulan tersendiri dan bekerja pada band yang spesifik, sehingga sensor yang akan dipasang pada wahana harus disesuaikan menurut objek yang akan dicitrakan.

Sistem teknologi penginderaan jauh memiliki beberapa konsep dasar yaitu sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dan objek dipermukaan bumi, sensor, sistem pengolahan data dan berbagai pengguna data. Sistem penginderaan jauh baik yang bersifat aktif (sumber tenaga dihasilkan sendiri/buatan) maupun pasif sumber tenaga di peroleh dari gelombang elektro magnetik yang dipancarkan matahari) keduanya memerlukan tenaga, spektrum elektro magnetik (pasif) sendiri merupakan berkas dari tenaga elektro magnetik, yang meliputi spektra kosmis, gamma, X, ultraviolet, tampak, infra merah, gelombang mikro dan gelombang radio.



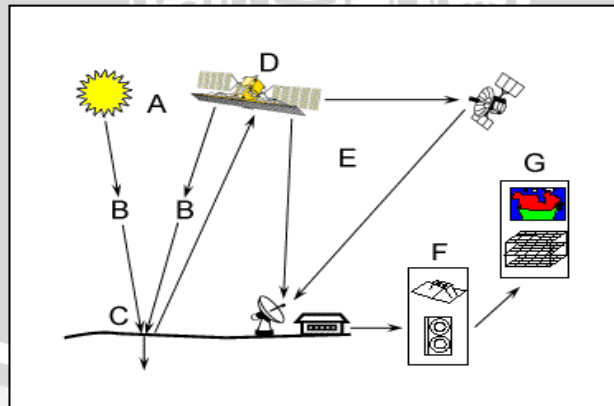
Gambar 5. Sistem penginderaan jauh (Lillesand et al., 1997).

Menurut Sutanto (1994), menyebutkan bahwa penginderaan jauh adalah berbagai teknik yang dikembangkan untuk memperoleh dan menganalisa informasi tentang bumi, dimana informasi tersebut berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi.

Secara operasional, sistem penginderaan jauh elektromagnetik untuk sumber daya alam terdiri dari dua proses utama yaitu pengumpulan data dan analisis data. Elemen proses pengumpulan data meliputi sumber energi, perjalanan energi melalui atmosfer, interaksi antara energi dengan kenampakan di muka bumi, sensor, wahana pesawat atau satelit dan hasil pembentukan data dalam bentuk

piktoral dan numerik. Sedangkan proses analisis data meliputi pengujian data dengan alat interpretasi dan alat pengamatan untuk menganalisis data piktoral dan komputer untuk menganalisis data numerik.

Teknik penginderaan jauh pertama kali berkembang pesat sejak diluncurkannya satelit penginderaan jauh ERTS (*Earth Resources Technology Satellite*) pada tahun 1972. Berikutnya hingga kini baik teknologi, teknik maupun metode analisis citra satelit terus berkembang pesat. Di Indonesia sendiri bidang penginderaan jauh mulai berkembang pada tahun 1962, dibentuk panitia *Aeronautica* oleh menteri pertama RI, Ir. Juanda (selaku ketua dewan penerbangan Republik Indonesia (RI)) dan R.J. Salatun (selaku sekertaris dewan penerbangan RI) menjadi titik awal berkembangnya dunia kedirgantaraan di Indonesia, dewan penerbangan yang terdiri atas departemen-departemen :Angkatan udara ,perhubungan udara, urusan riset nasional dan perguruan tinggi ITB tergabung pada Panitia Aeronautika untuk pembuatan proyek PRIMA dengan diluncurkannya roket KARTIKA pada tanggal 14 agustus 1964 (Susanto, 1994).



Gambar 6. Prinsip kerja penginderaan jarak jauh (Susanto, 1994).

2.3.1 Teknoogi Penginderaan Jauh Untuk Perairan

Pemetaan geologi merupakan pekerjaan pengumpulan dan penyajian data geologi, baik didarat maupun lautan dengan berbagai macam metode. Pemetaan geologi cukup penting untuk memberikan informasi tentang suatu daerah. Pemetaan geologi terdahulu telah dilakukan dengan menggunakan metode konvensional, hal ini tentu membutuhkan waktu yang sangat panjang. Sebagai gambaran untuk memetakan seluruh pulau-pulau di Indonesia dengan luas sekitar 1,9 juta km², jika digunakan metode konvensional, pemetaan geologi seluruh wilayah Indonesia dengan skala 1:50.000 membutuhkan waktu sekitar 50-100 tahun. Oleh sebab itu menganalisa citra melalui penginderaan jarak jauh (pemetaan geologi) lebih efektif untuk dilakukan karena akan sangat menghemat waktu (redtya *et al.*, 2001).

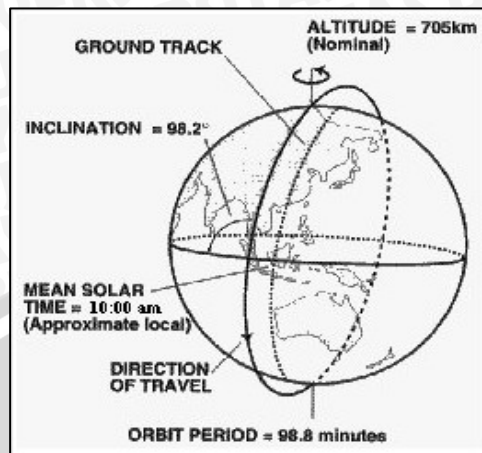
Lillesand dan Kiefer (1993), menjelaskan bahwa air atau perairan merupakan sumberdaya alam yang penting, Interpretasi foto udara dapat digunakan dalam berbagai cara untuk memantau kualitas, jumlah dan agihan sumberdaya ini. Hal ini tidak lepas dari fenomena pola interaksi cahaya matahari terhadap perairan yang jernih, pada umumnya sebagian besar sinar matahari masuk kedalam tubuh air jernih yang kemudian diserap pada kedalam kurang lebih 2 meter dari permukaan air. Tingkat serapan cahaya matahari ini tentunya sangat bervariasi karena bergantung pada panjang gelombang cahaya yang masuk, panjang gelombang infra merah diserap hanya pada lapis tipis beberapa desimeter diatas permukaan air dan menghasilkan rona citra sangat gelap pada foto udara meskipun di daerah perairan yang dangkal.

Serapan pada spektrum tampak sangat berbeda-beda sesuai dengan sifat tubuh air yang dikaji, penetrasi cahaya paling baik antara 0.4 μm hingga 0.6 μm . walaupun panjang gelombang biru penetrasinya paling baik namun gelombang biru

banyak dihamburkan dalam perairan sehingga dalam citra akan tampak seperti kabut putih dibawah air. Panjang gelombang merah hanya mampu melakukan penetrasi hingga beberapa meter. Sehingga analisis dimungkinkan dengan panjang gelombang antara 0.48 – 0.60, dasar perairan jika berupa pasir putih akan tampak berwarna biru kehijauan pada kedalaman perairan yang jernih, gambaran dasar laut tampak agak lebih tajam dari pada citra infra merah berwarna, sedangkan terkadang pantulan infra merah yang tinggi dari terumbu karang diebakkan oleh adanya ganggang hidup yang bersimbiosis.

2.3.2 Satelit Landsat 7 ETM+

Landsat 7, diluncurkan pada 1 Maret 1984, sekarang ini masih beroperasi pada orbit polar, membawa sensor TM (*Thematic Mapper*), yang mempunyai resolusi spasial 30 x 30 m pada band 1, 2, 3, 4, 5 dan 7. Sensor Thematic Mapper mengamati obyek-obyek di permukaan bumi dalam 7 band spektral, yaitu band 1, 2 dan 3 adalah sinar tampak (*visible*), band 4, 5 dan 7 adalah infra merah dekat, infra merah menengah, dan band 6 adalah infra merah termal yang mempunyai resolusi spasial 120 x 120 m. Luas liputan satuan citra adalah 175 x 185 km pada permukaan bumi. Landsat 5 mempunyai kemampuan untuk meliput daerah yang sama pada permukaan bumi pada setiap 16 hari, pada ketinggian orbit 705 km (Achmad, 2008).



Gambar 7. Orbit satelit Landsat (Lillesand *et al.*, 1997).

Thoha (2008) menjelaskan bahwa karakter utama dari suatu *image* (citra) dalam penginderaan jauh adalah adanya rentang panjang gelombang (*wavelength band*) yang dimilikinya. Beberapa radiasi yang bisa dideteksi dengan sistem penginderaan jarak jauh seperti: radiasi cahaya matahari atau panjang gelombang dari *visible* dan *near* sampai *middle infrared*, panas atau dari distribusi spasial energi panas yang dipantulkan permukaan bumi (*thermal*), serta refleksi gelombang mikro. Setiap material pada permukaan bumi juga mempunyai reflektansi yang berbeda terhadap cahaya matahari. Sehingga material-material tersebut akan mempunyai resolusi yang berbeda pada setiap *band* panjang gelombang. Sehingga citra yang ditangkap oleh satelit dapat dijadikan pedoman untuk informasi pokok dalam menganalisa tutupan terumbu karang.

Menurut prithvish *et al.*, (1998), dalam bukunya yang berjudul *Digital Remote Sensing* dijelaskan bahwa, arial fotografi dan gambar hasil *remote sensing* secara mendasar, merekam secara visual dari radiasi matahari yang mana telah direfleksikan dalam berbagai macam cara lewat berbagai element bentang daratan, refleksi, pengabsorpsian dan transmisi mengindikasikan secara khusus hubungan

yang berbeda-beda. Oleh karena itu pengetahuan akan control fisika dari paling sedikit 2 parameter penting untuk memahami fungsi refleksi dalam setiap target. Kebanyakan pengukuran interaksi energi cenderung menjadi variabel spektral. untuk aplikasi pekerjaan, detail, pengetahuan target yang spesifik dari hubungan antara refleksi spektral dan kepastian *biophysical attributes* (atribut biologi) yang terkadang diperlukan.

Sehingga pengetahuan akan objek yang akan diindera baik tentang pola refleksi yang diterima juga harus diketahui tentang bentuk atau sifat biologi lain yang dapat memberikan gambaran, sehingga ketepatan dalam melakukan identifikasi objek target menjadi lebih tepat. Masing-masing band satelit memiliki panjang gelombang spesifik yang digunakan untuk tujuan tertentu (berbagai macam kepentingan). Demikian juga pada satelit LANDSAT 7 ETM+ dengan luas liputan 185 km² dan terdapat 7 band (kanal menurut interval panjang gelombang) yang masing-masing band memiliki fungsi dan tujuan yang lebih khusus.

2.3.3 Aplikasi Satelit Landsat 7 ETM+ Dalam Pemetaan Terumbu Karang

Saat ini citra yang paling sering digunakan untuk pemetaan habitat laut dangkal adalah citra Landsat, Landsat TM mampu mengidentifikasi 4 sampai 6 habitat yang menutupi area sedimentasi, rumput laut, terumbu karang, dan alga dengan tingkat akurasi keseluruhan 70% . tapi sejak tahun 2003 terjadi kerusakan pada SLC. Landsat tidak mampu menyediakan data permukaan bumi yang baik dan juga untuk pemetaan habitat laut dangkal sehingga memerlukan perlakuan lebih lanjut. Saat kondisi SLC tidak berfungsi , citra yang direkam oleh Landsat sepanjang along-track tidak terkoreksi dan menghasilkan jalur zigzag sepanjang jalur perekaman yang berakibat suatu daerah terekam dua kali namun area lain sama

sekali tidak terekam dan juga menimbulkan pixel yang rusak. Sistem landsat merupakan milik Amerika Serikat yang mempunyai tiga instrument pencitraan, yaitu RBV (*Return Beam Vidicom*), MSS (*Multispectral Scanner*) dan TM (*Thematic Mapper*) (Jaya, 2002).

a) RBV

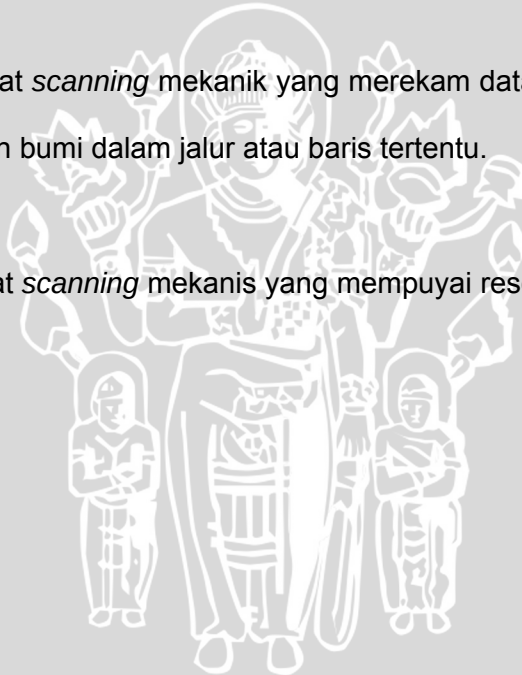
Merupakan instrument semacam televise yang mengambil citra “snapshot” dari permukaan bumi sepanjang track lapangan satelit pada setiap selang waktu tertentu.

b) MSS

Merupakan suatu alat *scanning* mekanik yang merekam data dengan cara *men-scanning* permukaan bumi dalam jalur atau baris tertentu.

c) TM

Juga merupakan alat *scanning* mekanis yang mempunyai resolusi *spectral*, *spatial* dan *radiometric*.



Tabel 2. Aplikasi berbagai *band* pada satelit LANDSAT 7

Band	Interfal Gelombang	Panjang	APLIKASI
TM1	0.45-0.52		Didisign untuk “water body penetration” sanga berguna dalam pemetaan bathymetri. Juga untuk membedakan tanah dengan vegetasi dan rontokny daun dari tumbuhan jenis coniferous
TM2	0.52-0.60		Pengukuran dari gelombang hijau tampak yang terreflksi dari vegetasi untuk pendugaan
TM3	0.63-0.69		Peneyerapan band cholofil, penting untuk penegelompokan vegetasi
TM4	0.76-0.90		Penentuan massa biomas dan pemetaan permukaan air
TM5	1.55-1.75		Mengindikasikan uap/kelembapan vegetasi dan kelembapan tanah juga memisahkan antara salju dan awan
TM6	10.40-12.50		Chenel suhu, sangat berguna bagi analisis dalam vegetation stress dan pengelompokan kelembapan tanah dan pemetaan suhu (thermal)
TM7	2.08-2.35		Pengelompokam tipe batu dan untuk hydro thermal mapping

(Sumber: Nag prithvish *et al.*,1998)

Terdapat banyak aplikasi dari data Landsat TM: pemetaan penutupan Lahan, pemetaan penggunaan lahan, pemetaan tanah, pemetaan geologi, pemetaan suhu permukaan laut dan lain-lain. Untuk pemetaan penutupan dan penggunaan lahan data Landsat TM lebih dipilih daripada data SPOT multispektral karena terdapat band infra merah menengah. Landsat TM adalah satu-satunya satelit non-meteorologi yang mempunyai band inframerah termal. Data termal diperlukan untuk studi proses-proses energi pada permukaan bumi seperti variabilitas suhu tanaman dalam areal yang diirigasi. Seperti Tabel 2 menunjukkan aplikasi atau kegunaan utamaprinsip pada berbagai band Landsat TM (Thoha achmad, 2008).

2.4 Logaritma Lyzenga

Dalam bukunya Priyono (2007), menyebutkan bahwa salah satu cara untuk mengekstraksi substrat dasar perairan dapat digunakan algoritma Lyzenga. Algoritma ini menerapkan algoritma pemetaan pada citra Landsat dengan mempertimbangkan efek pantulan dasar dan atenuasi air. Penerapan algoritma ini dimaksudkan untuk mendapatkan citra baru dengan cara menggabungkan dua kanal (*band*) tampak yang mampu dipenetrasi ke dalam tubuh air hingga kedalaman tertentu, sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi obyek material penutup dasar perairan laut dangkal (termasuk di dalamnya terumbu karang).

Menurut Prayudha (2008), menyatakan bahwa lyzenga menjelaskan mengenai teknik penajaman objek dasar perairan dangkal dengan mengurangi DN (*digital number*) dengan objek perairan dalam, dengan asumsi bahwa semakin dalam laut maka objek yang berada di dasarnya semakin tidak terlihat sehingga pada laut dalam DN akan bernilai 0 (nol). Dengan menghilangkan gangguan pada

kolom air agar objek dasar perairan semakin tampak jelas, maka Algoritma Lyzenga berusaha untuk menghilangkan gangguan tersebut dengan koefisien atenuasi.

Rumus yang dijadikan acuan adalah *Exponential Attenuation Model* yang dikembangkan Lyzenga. Algoritma ini menggunakan dua saluran *band* sinar tampak citra Landsat, yaitu *TM band 1* dan *band 2* yang dapat menembus ke dalam kolom perairan. Pembentukan diagram dua dimensi XTM1 dan XTM2 menjadikan regresi dari nilai pengukuran yang dilakukan pada suatu dasar perairan akan selalu berada pada garis lurus dengan kemiringan KTM1/KTM2 (K_i/K_j). Persamaan regresi Lyzenga untuk nilai $a = (\text{var TM1} - \text{var TM2}) / (2 \times \text{covar TM1TM2})$, sedangkan nilai $K_i/K_j = ((a \cdot a) + \text{akar dari}(a+1))$ yang digunakan dalam operasi penggabungan dua kanal tampak TM1 dan TM2 dengan tujuan untuk mendapatkan citra baru yang lebih menampakkan variasi material penutup dasar perairan laut dangkal.

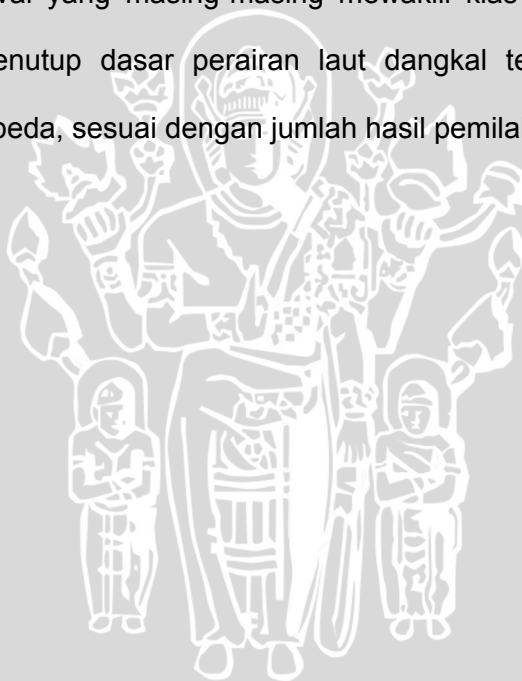
Nilai KTM1/KTM2 dapat diperoleh melalui iterasi citra pada monitor komputer dengan cara: (1) penentuan *training area* (selanjutnya disebut TA) pada area yang homogen, dan (2) pembentukan grafik dua dimensi untuk menghitung kemiringan garis regresi. Penentuan KTM1/KTM2 dengan metode iterasi mempunyai kelemahan, yaitu bahwa hasilnya sangat dipengaruhi oleh nilai pantulan rata-rata TA yang digunakan sebagai acuan, karena proyeksi terhadap garis regresi dilakukan ke arah nilai tersebut. Bias garis regresi dapat dikurangi dengan meminimalkan jarak tegak lurus dari nilai pendekatan yang digunakan terhadap garis regresi mengikuti persamaan berikut:

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

Dimana: $a = (\text{var (TM1)} - \text{var (TM2)}) / 2 * \text{cov (TM1*TM2)}$

Nilai a dihitung untuk setiap TA yang diambil, sehingga hasil perhitungan k_{TM1}/k_{TM2} masih berupa koefisien atenuasi pada setiap TA. Nilai koefisien atenuasi untuk seluruh citra merupakan rerata koefisien atenuasi semua TA.

Kumpulan obyek homogen pada satu scene citra akan menghasilkan sekumpulan kurva normal, sehingga pada umumnya histogram citra saluran tunggal merupakan kurva multimodal. Pemilahan nilai kecerahan (*density slicing*) dapat dilakukan dengan 'mengiris' kurva besar tersebut menjadi kurva-kurva kecil. Pemotongan ini menjadikan seluruh kisaran nilai kecerahan (0 – 255) dipilah menjadi beberapa interval yang masing-masing mewakili klas tertentu. Klasifikasi 'sementara' material penutup dasar perairan laut dangkal tersebut disimbolkan dengan warna yang berbeda, sesuai dengan jumlah hasil pemilahan kurva.



3 METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a) Data citra satelit tahun 2001, 2006 dan 2012 yang masing-masing bulan perekaman dipilih hasil perekaman terbaik dari pengaruh atmosfer maupun gangguan lainnya dari satelit Landsat 7 ETM+, Citra telah terkoreksi secara geometrik sehingga telah memiliki koordinat dan telah terkoreksi secara radiometrik (kesalahan sensor dalam menerima gelombang elektromagnetik akibat pengaruh atmosfer). Sistem proyeksi yang digunakan adalah system proyeksi UTM (*Universal Transvers Mercator*) WGS_1984_UTM_Zone_50S, Indonesia sendiri berada dalam zona 46 samapai zona 54 atau berada pada 94° bujur timur sampai 141° bujur timur.
- b) Peta Lokasi penelitian sebagai alat bantu dalam mengenali lokasi penelitian.

3.2 Alat Dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Peralatan Hardware

Untuk melakukan analisa dan proses kalkulasi data digunakan komputer (laptop) dengan spesifikasi, OS core i3 windows 7 ultimate, 2 GB RAM, 320 VRAM.

2. Peralatan Software

Software yang digunakan adalah :

- a) IDM (*Internet Download manager*) merupakan *software* yang digunakan dalam proses pengunduhan data dari situs NASA USGS, kelebihan *software* ini adalah mudah untuk melakukan proses download karena terdapatnya *tools* untuk mengatur besarnya *bandwidth* (speed download) serta *tool-tools* yang lain.
- b) Microsoft Excel 2007 digunakan untuk mengolah data –data (meta data) dan membuat fungsi-fungsi alogaritma untuk berbagai koreksi citra yang akan dilakukan.
- c) Arc GIS 9.3 adalah *software* produk ERSI (*Environmental Systems Research Institute*) yang digunakan untuk proses pembuatan layout peta serta beberapa fungsi analisis lain.
- d) ER Mapper merupakan *software* pengolahan citra mentah, dengan ERmapper proses koreksi citra dapat dilakukan dengan menggunakan *tools-tools*.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra satelit Landsat 7 ETM+ daerah Kepulauan Nusa Lembongan yang direkam tahun 2001, 2006 dan 2012.

3.3 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode deskriptif. Metode deskriptif adalah suatu metode dalam meneliti status kelompok manusia, suatu objek, suatu kondisi, suatu sistem pemikiran atau peristiwa pada masa sekarang. Tujuan dari penelitian deskriptif adalah untuk membuat deskripsi,

Formatted: Indent: First line: 36 pt

Formatted: Space After: 0 pt

Formatted: Indent: First line: 36 pt

Formatted: Space After: 0 pt

gambaran secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antara fenomena yang diselidiki (Nazir, 2005).

Secara umum penelitian dilakukan melalui dua tahap yaitu : (1) Tahap pertama pengumpulan data berupa citra satelit dan melakukan pengolahan citra sehingga diperoleh data visual terumbu karang, dalam penelitian ini peneliti menggunakan citra satelit Landsat ETM 7+ tahun 2001,2006 dan 2012, (2) Survei ketepatan pemetan dan melakukan analisis lapang. Dalam melakukan analisis data secara digital dan visual dilakukan menggunakan program pemetann ER Mapper 7.1. Akuisisi citra yang di analisis adalah citra hasil pengambilan satelit Landsat 7 ETM+ tahun 2001 (2001-05-18) , 2006 (2006-03-13 dan 2006-10-23) dan 2012 (2012-03-29 dan 2012-02-26). Berikutnya pengenalan objek dilakukan dengan bantuan citra satelit yang memiliki resolusi yang lebih tinggi (Satelit SPOT).

3.3.1 Metode Pengambilan Data

Data yang digunakan untuk penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai pihak yang meliputi data yang diperoleh langsung dari sumbernya mapun dari pihak lain yang relevan dan berkompeten. Dalam bukunya Nazir (2005), menuliskan bahwa data sekunder merupakan data pendukung yang diperoleh dari literatur, laporan penelitian, serta data badan atau lembaga yang aktivitasnya mengumpulkan keterangan-keterangan yang relevan. Data-data ini banyak didapat dari perpustakaan atau laporan peneliti sebelumnya.

Formatted: Indonesian (Indonesia)

Formatted: Space After: 0 pt, Don't adjust space between Latin and Asian text

Formatted: Indent: First line: 0 pt

3.4 Prosedur Pelaksanaan

3.4.1 Pengolahan Awal Citra Satelit Landsat 7 ETM+

Tahap pengolahan citra satelit Landsat 7 ETM+ sehingga akan menampilkan visual berupa tutupan terumbu karang adalah:

a. Tahap persiapan data

Data dasar penelitian ini adalah citra satelit Landsat 7 ETM+ tahun 2001, 2006 dan 2012 pemilihan bulan pengamatan didasarkan pada kecerahan atmosfer daerah terkait yang akan mempengaruhi hasil penginderaan jauh tutupan terumbu karang. Citra yang dipilih adalah yang minim dari tutupan awan.

Sejak tahun 2003 sensor Landsat mengalami gangguan berupa citra yang terpotong (*SLC off*), sehingga akan terdapat garis hitam yang bernilai (*null*). Peneliti perlu untuk dilakukan *fusi raster*. Dengan teknik menggabungkan dua citra landsat pada waktu pengambilan yang berbeda. Dengan teknik ini maka citra yang memiliki *strip* (garis) yang DN (*digital number*)-nya memiliki nilai *null* akan terisi dengan citra pengisi yang memiliki DN yang bernilai. Jumlah citra pengisi tergantung pada permukaan luasan strip yang akan ditutupi.

b. Koreksi Geometrik

Koreksi ini bertujuan memberikan akurasi dari setiap *pixel* citra satelit supaya memiliki posisi yang sebenarnya. Koreksi geometri dilakukan dengan menggunakan GCP (*Ground Control Point*) / titik ikat sebagai referensi posisi sebenarnya.

Formatted: Indonesian (Indonesia)

Formatted: Indonesian (Indonesia)

Formatted: Indent: First line: 0 pt

Formatted: Space After: 0 pt

Formatted: Space After: 0 pt

c. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik bertujuan untuk memodifikasi nilai-nilai DN (*Digital Number*) hingga sedemikian rupa hingga pengaruh *noise* terkait dapat tereliminasi, kesalahan yang ditimbulkan berasal distorsi yang bersifat radiometrik pada data citra, sudut Azimut matahari dan sensitivitas sensor itu sendiri. Koreksi radiometrik yang peneliti lakukan adalah, koreksi radiometrik yang disebabkan oleh sudut (azimuth dan ketinggian) matahari dan topografi, radiasi sinar matahari direfleksikan dan disebarkan kepermukaan bumi dengan adanya perbedaan sudut ini menyebabkan pada area-area tertentu yang nampak lebih terang (*sun-spot*). Sementara relief topografinya mengakibatkan *shading*.

Langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai reflektan dan nilai radian, langkah ini bertujuan untuk mengkoreksi besar kesesuaian gelombang elektromagnetik yang dipancarkan (*radiance*) dengan gelombang elektromagnetik yang diterima oleh sensor (*reflectan*).

Nilai radian dapat dihitung dengan persamaan:

$$L^{\wedge} = ((L_{\max}^{\wedge}) / (DN_{\max} - DN_{\min})) * (DN - DN_{\min}) + L_{\min}^{\wedge}$$

Dimana:

$L_{\max}^{\wedge}$: Radian maksimum pada panjang gelombang $\wedge$

$L_{\min}^{\wedge}$: Radian minimum pada panjang gelombang $\wedge$

DN : *Digital Number*

Formatted: Indonesian (Indonesia)

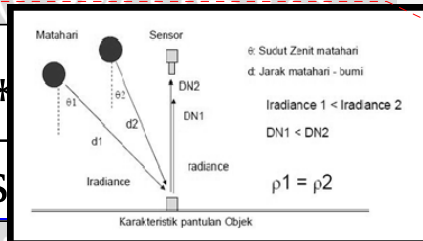
Formatted: Indonesian (Indonesia)

Formatted: List Paragraph

Persamaan dalam menghitung *reflectan* adalah:

$$\rho_p = \frac{\pi \cdot L_\lambda \cdot d^2}{ESUN_\lambda \cdot \cos \theta_s}$$

$$\rho_p = \frac{\pi * L\lambda * d *}{esun\lambda * \cos}$$



Dimana :

$ESun$: Sudut zenit matahari

d^2 : Jarak matahari-bumi

π : 3.14

$\cos \theta_s$: sudut yang terbentuk

Nilai d didapat melalui:

Formatted: Indonesian (Indonesia)

Formatted: Font: (Default) Calibri, Indonesian (Indonesia)

Formatted: List Paragraph

Formatted: Indent: Left: 36 pt, Tab stops: Not at 0 pt

Formatted: Indonesian (Indonesia)

Formatted: Indonesian (Indonesia)

Formatted: Space Before: 0 pt, After: 0 pt

Formatted: Space Before: 0 pt, After: 0 pt

$$d = 1 - 0.0168 \cos ((\text{Julian Day} / 365) * 360)$$

Dengan melakukan langkah koreksi radiometrik diatas akan diperoleh citra baru yang telah berkurang pengaruh distorsi yang disebabkan oleh posisi sensor terhadap objek dan posisi matahari.

Formatted: Indonesian (Indonesia)

3.4.2 Tahap Pengolahan Data Citra Satelit

Tahap pengolahan data citra satelit Landsat ETM+ adalah :

Formatted: Indent: Left: 0 pt, First line: 36 pt

Formatted: Indonesian (Indonesia)

a) Menampilkan terumbu karang

Langkah berikutnya adalah menampilkan terumbu karang dengan modus RGB (*red green and blue*), langkah ini bertujuan untuk mengidentifikasi lokasi terumbu karang sehingga klasifikasi dapat dilakukan dengan tepat. Citra ditampilkan dalam komposisi RGB 321 dan RGB 241.

Formatted: Indent: First line: 36 pt

b) Penajaman kualitas citra

Setelah didapat visual terumbu karang berikutnya melakukan perbaikan citra satelit, perbaikan cira dapat diperoleh dengan melakukan Tiga teknik, yaitu manipulasi kontras citra (*contrats manipulation*) , manipulasi kenampakan secara spasial (*spatial feature manipulation*) dan manipulasi citra jamak (*multi-image manipulatoin*). Penajaman citra juga bertujuan untuk mendapatkan nilai citra yang lebih sesuai dengan tujuan interpretasi.

Formatted: Indent: First line: 36 pt

Peneliti melakukan manipulasi kontras (*contrasts manipulation*) pada citra. yaitu dengan memanipulasi *level thre-sholding*, *level slicing*, dan *contrast stretching*. Selanjutnya peneliti melakukan cropping pada daerah penelitian saja.

c) Alogaritma Lyzenga

- Alogaritma Lyzengan merupakan teknik penejaman dasar objek dasar perairan dangkal dengan mengurangi DN (*digital number*) dengan objek perairan dalam, dengan asumsi bahwa semakin dalam laut maka objek yang berada di dasarnya semakin tidak terlihat sehingga pada laut dalam DN akan bernilai 0 (nol). Dengan menghilangkan gangguan pada kolom air agar objek dasar perairan semakin tampak jelas. Rumus yang dijadikan acuan adalah *Exponential Attenuation Model* yang dikembangkan Lyzenga. Algoritma ini menggunakan dua saluran *band* sinar tampak citra Landsat, yaitu *TM band 1* dan *band 2* yang dapat menembus ke dalam kolom perairan. Pembentukan diagram dua dimensi XTM1 dan XTM2 menjadikan regresi dari nilai pengukuran yang dilakukan pada suatu dasar perairan akan selalu berada pada garis lurus dengan kemiringan KTM1/KTM2 (K_i/K_j). Persamaan regresi Lyzenga untuk nilai $a = (\text{var TM1} - \text{var TM2}) / (2 \times \text{covar TM1TM2})$, sedangkan nilai $K_i/K_j = ((a.a) + \text{akar dari}(a+1))$ yang digunakan dalam operasi penggabungan dua kanal tampak TM1 dan TM2 dengan tujuan untuk mendapatkan citra baru yang lebih menampakkan variasi material penutup dasar perairan laut dangkal.

- Nilai KTM1/KTM2 dapat diperoleh melalui iterasi citra pada monitor komputer dengan cara: (1) penentuan *training area* (selanjutnya disebut TA) pada area yang homogen, dan (2) pembentukan grafik dua dimensi untuk menghitung kemiringan garis regresi. Penentuan KTM1/KTM2 dengan metode iterasi mempunyai kelemahan, yaitu bahwa hasilnya sangat dipengaruhi oleh nilai pantulan rata-rata TA

Formatted: Indent: First line: 36 pt

yang digunakan sebagai acuan, karena proyeksi terhadap garis regresi dilakukan ke arah nilai tersebut. Bias garis regresi dapat dikurangi dengan meminimalkan jarak tegak lurus dari nilai pendekatan yang digunakan terhadap garis regresi mengikuti persamaan berikut:

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

Dimana: $a^2 = (\text{var}(TM1) - \text{var}(TM2)) / 2 * \text{cov}(TM1*TM2)$

Nilai a dihitung untuk setiap TA yang diambil, sehingga hasil perhitungan k_{TM1}/k_{TM2} masih berupa koefisien atenuasi pada setiap TA. Nilai koefisien atenuasi untuk seluruh citra merupakan rerata koefisien atenuasi semua TA.

Kumpulan obyek homogen pada satu scene citra akan menghasilkan sekumpulan kurva normal, sehingga pada umumnya histogram citra saluran tunggal merupakan kurva multimodal. Pemilahan nilai kecerahan (*density slicing*) dapat dilakukan dengan ‘mengiris’ kurva besar tersebut menjadi kurva-kurva kecil. Pemotongan ini menjadikan seluruh kisaran nilai kecerahan (0 – 255) dipilah menjadi beberapa interval yang masing-masing mewakili klas tertentu. Klasifikasi ‘sementara’ material penutup dasar perairan laut dangkal tersebut disimbolkan dengan warna yang berbeda, sesuai dengan jumlah hasil pemilahan kurva.

d) Klasifikasi citra

–Berikutnya dilakukan klasifikasi (*Classification*) nilai DN (*digital Number*) yang memiliki nilai yang sama atau telah ditentukan besar kisarannya. Pengelompokan dilakukan dengan teknik kualitatif. Yaitu dengan mengamati dan mengevaluasi setiap pixel (*picture element*) yang terkandung dalam sebuah citra, sehingga data yang dibutuhkan dapat dengan mudah dianalisa, inventarisasi atau untuk kebutuhan lainnya.

Formatted: Indent: First line: 36 pt

Formatted: Indent: First line: 36 pt

—Klasifikasi dapat dilakukan dengan tiga cara ,yaitu (1) klasifikasi nilai pixel berdasarkan contoh daerah yang dikenali objek, jenisnya dan nilai spektralnya, disebut klasifikasi terbimbing atau terselia (*supervised clasissification*) pengguna harus terlebih dahulu membuat *region-region decision* sampling nilai pixel yang dianggap memiliki nilai spektral yang sama (objek teridentifikasi), kemudian komputer akan melakukan kalkulasi secara otomatis mengelompokkan nilai *pixel* yang berada dalam interval yang telah ditentukan. Teknik ini harus ditunjang dengan informasi objek sebenarnya dilapang (*insitu*) sehingga pengguna benar-benar memahami karekteristik (spektralnya maupun bentuk fisiknya). (2) *Unsupervised classification* yaitu klasifikasi tanpa daerah contoh yang diketahui jenis objek dan nilai spektralnya,disebut klasifikasi tak terbimbing (klasifikasi tak terselia). Pengkelasan pixel dapat digunakan cara perhitungan rata-rata jarak minimum nilai pixelnya (*minimum-distance-to mean –classifer*) dan pengkelasan kemiripan maksimum (*maksimum like hood*), yaitu mengevaluasi, baik secara kuatitatif varian maupun korelasi pola tanggapan spectral kategori ketika mengklasifikasikan pixel tak dikenal dengan satu asumsi bahwa distrubisi titik (pixel) yang berbentuk data latihan (sampel) memiliki kategori yang bersifat distribusi normal (*Guassian*). (3) klasifikasi gabungan (*hybrid*) yaitu penggabungan teknik *Supervised classification* dan *Unsupervised classification*.

—Dalam penelitian ini peneliti menggunakan *supervised clasissification* atau klasifikasi terbimbing, karena metode ini dianggap sudah mewakili dan telah jamak dipakai diberbagai penelitian sebelumnya.

3.4.3 Uji Klasifikasi

Uji klasifikasi dimaksudkan untuk memperoleh gambaran keakuratan dengan objek sesungguhnya dilapang terhadap proses klasifikasi yang telah dilakukan. Uji ketelitian interpretasi yang yang disarankan oleh Sutanto (1984), dapat dilakukan dalam 4 cara sebagai berikut.

- a) Melakukan pengecekan lapang serta pengukuran beberapa titik (*sampel area*) yang dipilih dalam setiap bentuk penutupan/ penggunaan lahan. Uji ketelitian dilakukan pada setiap sampel area penutup yang homogen. Pelaksanaannya pada setiap bentuk penutup diambil beberapa sampel area didasarkan asas hogenitas kenampakannya, dan diuji kebenarannya dilapang (*survey lapang*).
- b) Menilai kecocokan hasil interpretasi setiap citra dengan dengan peta referensi atau foto udara pada daerah yang sama dan waktu yang sama. Hal ini sangat dibutuhkan dalam penafsiran batas-batas dan perhitungan (*pengukuran*) luas setiap jenis penutup/ penggunaan lahan.
- c) Analisis statistik dilakukan pada data dasar dan citra hasil klasifikasi. Analisis dilakukan terutama terhadap kesalahan setiap penutup/ penggunaan lahan yang disebabkan keterbatasan resolusi citra (khusus resolusi spasial karena merupakan dimensi keruangan). Analisis dilakukan dari beberapa pixel dalam perhitungan *variance* statistic pada setiap saluran *spectral* data yang digunakan. Pengujian *pixel* benar-benar murni penutupan lahan (bukan pixel gabungan atau pixel yang isinya beberapa kenampakan / *mix pixel*).
- d) Membuat matriks dari perhitungan dalam setiap kesalahan (*confosion matrix*) pada setiap bentuk penutup / penggunaan lahan dari hasil interpretasi citra penginderaan jauh. Ketelitian pemetaan dibuat dalam beberapa kelas X yang dapat dihitung dengan rumus :

Formatted: Font: Italic

$$MA = \frac{X_{crpixel}}{X_{crpixel} + X_{opixel} + X_{copicel}}$$

Dimana :

MA = Ketelitian Pemetaan (*Mapping Accuracy*)

X_{cr} = Jumlah kelas X yang terkoreksi

X_o = Jumlah kelas X yang masuk dalam kelas lain (omisi)

X_{co} = Jumlah kelas X tambahan dari kelas lain (komisi)

Ketelitian seluruh klasifikasi (KH) adalah :

$$KH = \frac{X_{crpixel}}{X_{crpixel} + X_{opixel} + X_{copicel}} = \frac{\text{Jumlah pixel akurat seluruh kelas}}{\text{Jumlah seluruh pixel}}$$

Formatted: English (United States)

Formatted: Indent: Left: 60 pt

3.4.4 Analisa Tutupan Terumbu Karang

Analisa tutupan terumbu karang dilakukan untuk mengetahui perubahan terumbu karang berdasarkan citra satelit Landsat 7 ETM+ yang direkam pada tahun 2001, 2006 dan 2012, serta mengetahui hal-hal yang menjadi penyebabnya. Analisa dilakukan dengan metode *Post Classification Comparison change Detection* (PCCCD), yaitu metode yang digunakan untuk mendeteksi perubahan liputan lahan sehingga dapat dianalisa perubahan-perubahan yang terjadi.

Formatted: Indent: First line: 36 pt

$$\Delta DN = DN_t - DN_{t-1}$$

Dimana : ΔDN : Nilai digital *pixel- pixel* citra selisih

DN_t : Nilai digital *pixel- pixel* citra terbaru

DN_{t-1} : Nilai digital *pixel- pixel* citra sebelumnya

Formatted: Space After: 0 pt

Formatted: Indonesian (Indonesia)

3.4.5 Tahap Pengolahan Lanjutan

a) Eksport citra menjadi vektor

Selanjutnya hasil klasifikasi ditampilkan dalam bentuk layout peta digital dengan program Arcgis 9.3 sehingga lebih informatif. data citra yang terklasifikasi dieksport dalam bentuk vektor berikutnya dilakukan eksport lagi menjadi *shapefile* (ekstensi ArcGIS) sehingga bisa dibuka pada software Arcgis 9.3. Pembuatan Layout peta tutupan terumbu karang dimaksudkan untuk mempermudah proses analisa citra tutupan terumbu karang dan visualisasi tutupan terumbu karang nantinya.

Formatted: Indent: First line: 36 pt

b) Layouting peta tutupan terumbu karang

Pembuatan layout tutuan terumbu karang bertujuan agar penyajian data lebih informatif dan menarik sehingga mudah untuk dibaca dan dipahami. Layouting peta dikerjakan menggunakan program pemetaan Arcgis 9.3.

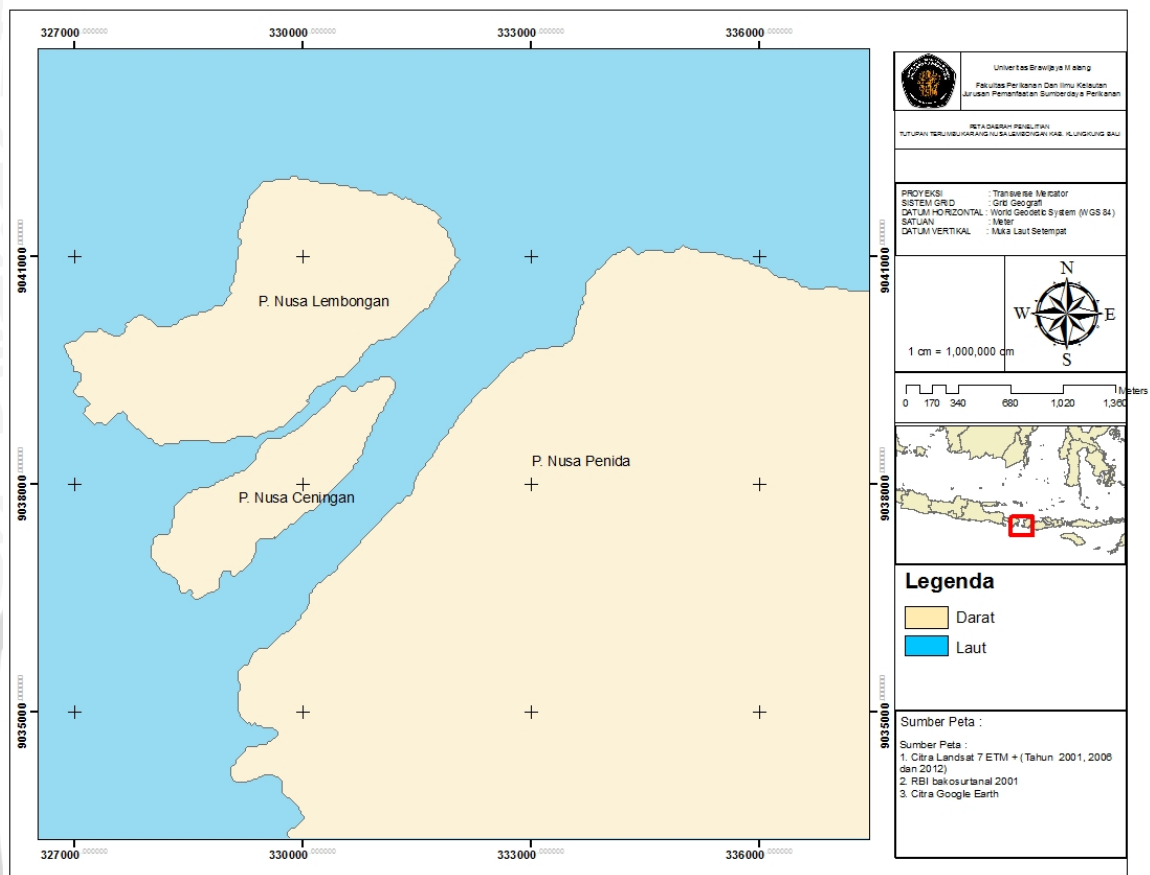
Formatted: Indent: First line: 36 pt

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Daerah Penelitian

Pulau Nusa Lembongan secara geografis terletak pada koordinat 329840.60 mE 9039991.41 mS pada zona 50 N sistem koordinat UTM, Pulau Nusa Lembongan dengan mudah diakses melalui penyebrangan dari Pantai Sanur dengan jarak tempuh 20- 30 menit. Kondisi perairan Nusa Lembongan secara umum memiliki dasar perairan berpasir dan memiliki tingkat kecerahan yang cukup tinggi, sehingga cukup ideal untuk budidaya rumput laut. Hal ini juga terlihat dari sebagian besar mata pencarian masyarakat sekitar selain dari sektor pariwisata juga dari sektor budidaya rumput laut.

Secara geomorfologi Pulau Nusa Lembongan memiliki batas tegas pada ujung pulau dengan membentuk tebing yang curam, akan tetapi untuk sisi timur dan barat berbats pasir putih yang halus sepanjang pantai. Bagian utara pulau berbatas hutan mangrove yang cukup lebat. Daerah utara Pulau Nusa Lembongan dari hasil cek lapang, terdapat pendangkalan berupa karang mati (atol) yang membentuk kurva, begitu pula dengan daerah selatan pulau yang berbatasan langsung dengan Pulau Nusa Ceningan, terdapat daerah perairan yang terdapat pendangkalan. Dalam citra hal ini terekam sebagai rona warna putih.



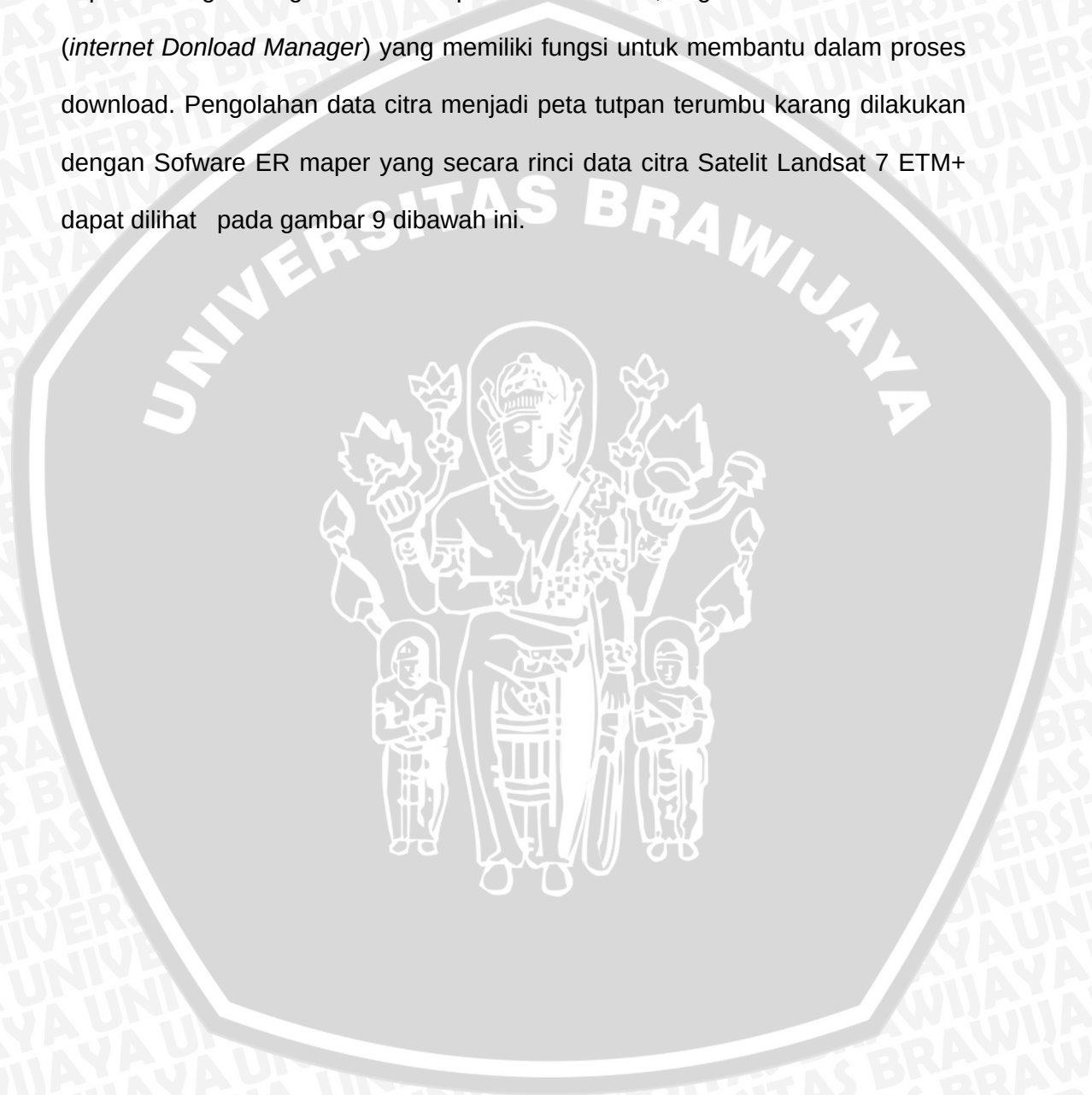
Gambar 8. Peta daerah penelitian Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali.

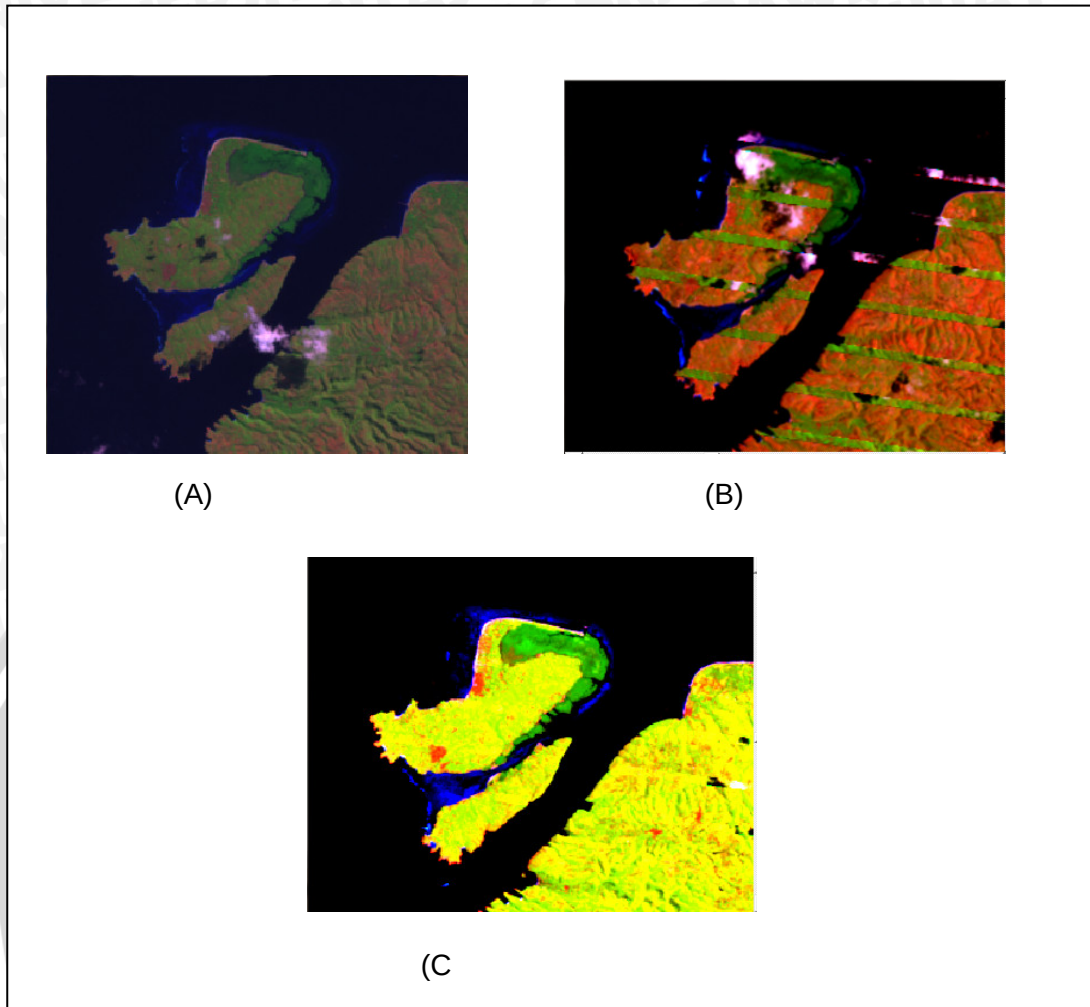
4.2 Hasil Pengolahan Data Citra Satelit Landsat 7 ETM+

Data citra satelit dalam penelitian ini diperoleh dari data satelit Landsat 7 ETM+ level-1T dengan resolusi spasial 30 m / *pixel* data diambil mulai tahun 2001, 2006 dan 2012. Produk 1T merupakan produk yang sudah terkoreksi *ortho* atau koreksi dengan menyertakan data *terrain* yang biasa disebut sebagai *Digital Elevation Model*. Sehingga citra yang digunakan dianggap telah terkoreksi secara geometri dengan tepat, Akan tetapi meskipun demikian citra yang digunakan diketahui mengalami kesalahan dalam pemilihan datum/ *spatial refrence* yang harus dikoreksi ulang. Pengambilan data dilakukan dengan interval

5 tahunan mulai tahun 2001 akan tetapi untuk data tahun 2011 digunakan data tahun 2012 awal karena keterbatasan data yang tersedia.

Data sekunder citra satelit didownload melalui situs resmi Nasa <http://USGS/glovis.gov>. Dalam proses download, digunakan software IDM (*internet Donload Manager*) yang memiliki fungsi untuk membantu dalam proses download. Pengolahan data citra menjadi peta tutupan terumbu karang dilakukan dengan Software ER maper yang secara rinci data citra Satelit Landsat 7 ETM+ dapat dilihat pada gambar 9 dibawah ini.





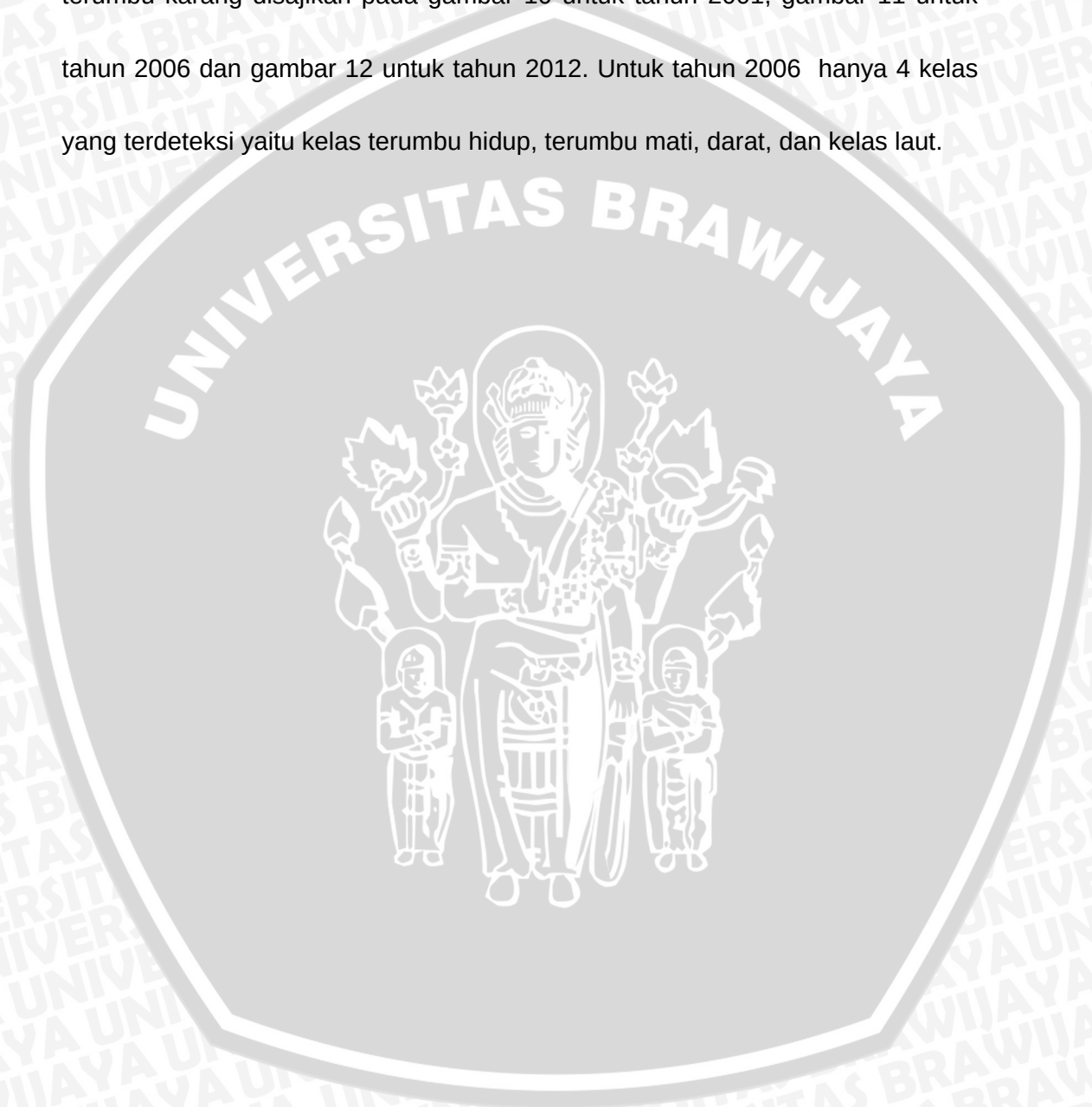
Gambar 9. Data citra satelit Landsat 7 ETM+ Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali, (A) citra Landsat Tahun 2001, (B) citra Landsat tahun 2006 dan (C) citra Landsat Tahun 2012, Dokumentasi Skripsi.

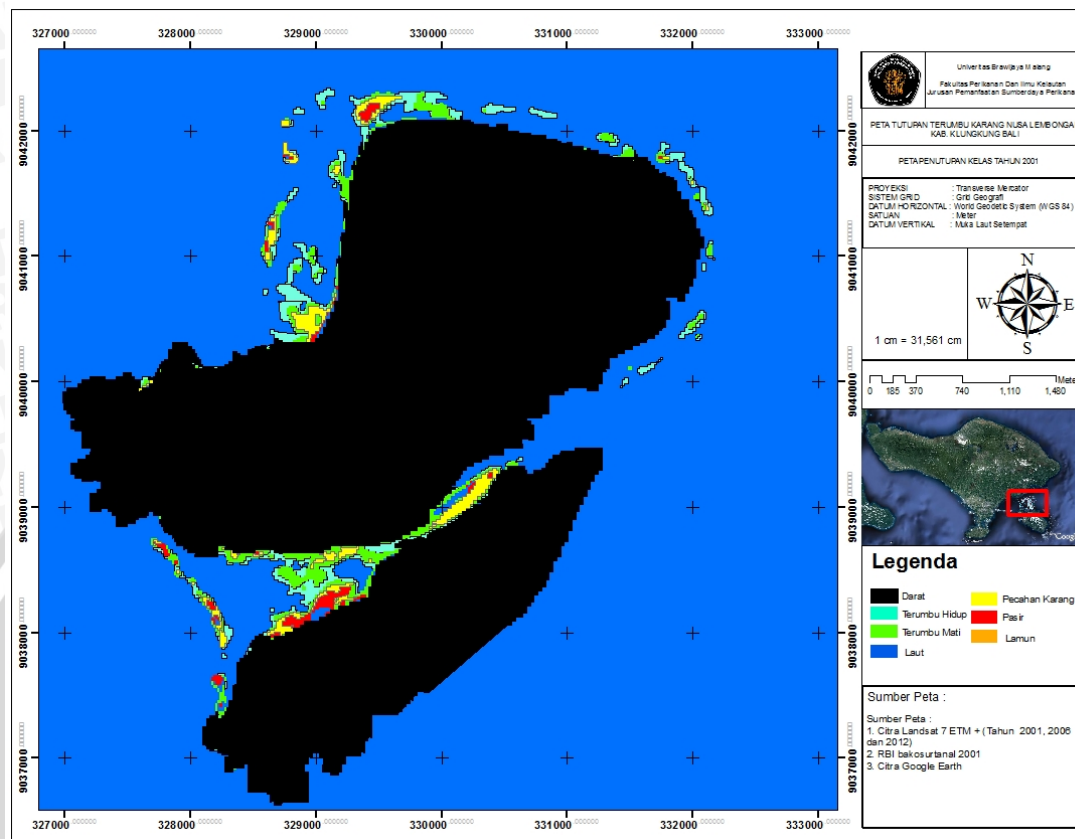
Dari hasil pengolahan data citra satelit Landsat 7 ETM+ di peroleh hasil masing- masing tutupan kelas lahan objek dasar laut. Terdapat 6 jenis tutupan tutupan objek perairan dangkal, yaitu :

1. Kelas terumbu karang hidup
2. Kelas terumbu karang mati
3. Kelas pecahan karang
4. Kelas Pasir
5. Kelas Lamun

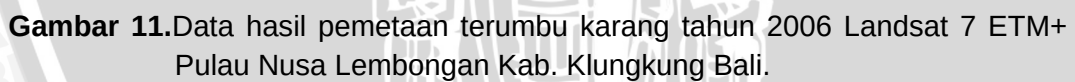
6. Kelas darat/ pandangkalan

Masing-masing kelas tersaji pada warna hasil Alogaritma Lyzenga yang berbeda sesuai dengan warna kelas penutupannya. Hasil pemetaan tutupan terumbu karang disajikan pada gambar 10 untuk tahun 2001, gambar 11 untuk tahun 2006 dan gambar 12 untuk tahun 2012. Untuk tahun 2006 hanya 4 kelas yang terdeteksi yaitu kelas terumbu hidup, terumbu mati, darat, dan kelas laut.

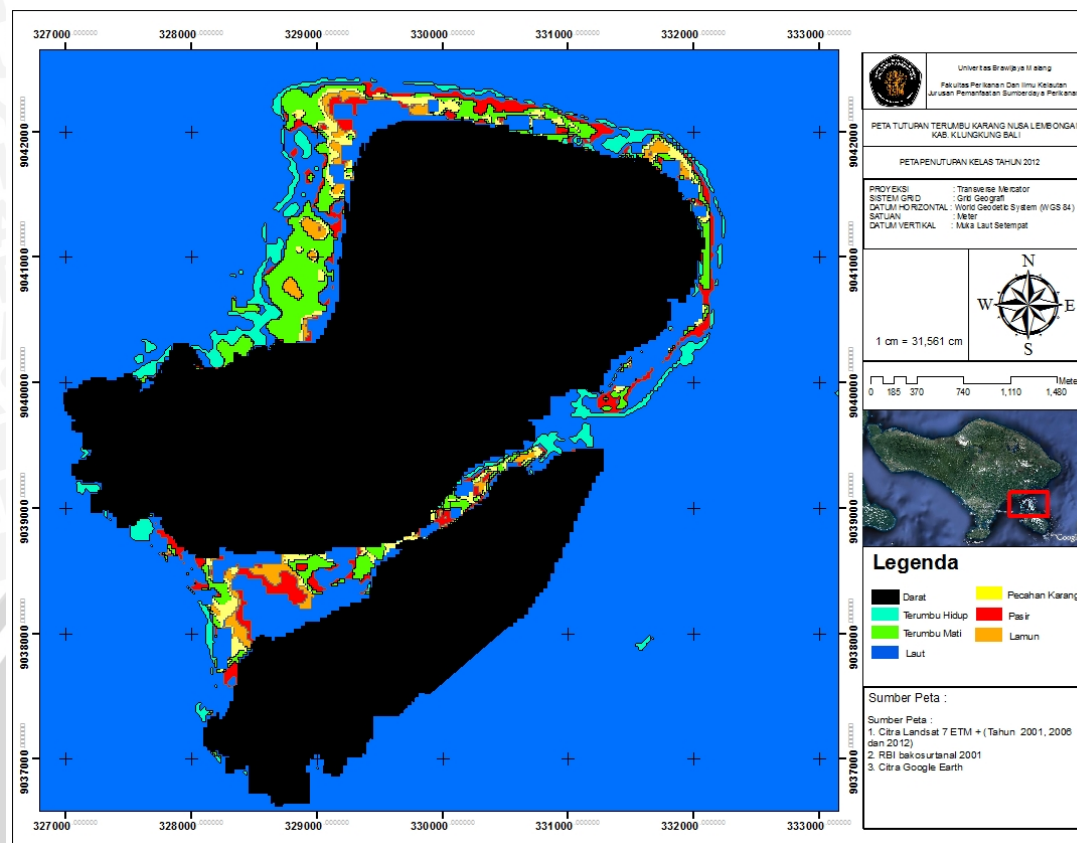




Gambar 10. Data hasil pemetaan terumbu karang tahun 2001 Landsat 7 ETM+ Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali.



Gambar 11.Data hasil pemetaan terumbu karang tahun 2006 Landsat 7 ETM+ Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali.



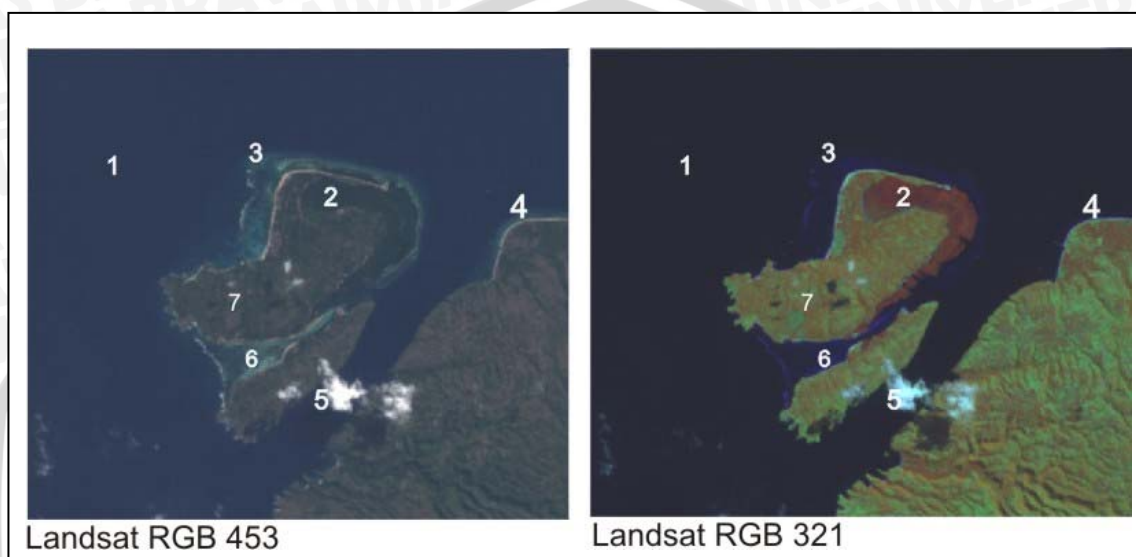
Gambar 12. Data hasil pemetaan terumbu karang tahun 2012 Landsat 7 ETM+ Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali.

4.2.1 Identifikasi Objek

Sampai saat ini citra Landsat telah sampai pada generasi ke-7 dengan merekam dengan berbagai panjang gelombang elektromagnetik. Masing- masing citra satelit memiliki karakteristik berbeda dalam hal sifat perekamannya sehingga perlu adanya identifikasi karakteristik citra Landsat. Sehingga objek-objek yang terekam dalam citra dapat dikenali dan kemudian diinterpretasikan dengan baik sesuai dengan objek yang sebenarnya di lapangan.

Masing – masing kanal atau band dalam satelit landsat memiliki kegunaan dan fungsi yang berbeda dan lebih lebih spesifik. Dengan mengkombinasikan band- band pada citra lansat diharapkan dapat memaksimalkan hasil interpretasi. Sebagai contoh, sebagai kajian air dapat

digunakan gabungan antara panjang gelombang biru dan infra merah dekat. Data yang menggunakan inframerah pantulan dapat memberikan kontras yang tegas antara air, tanah dan tanaman, sehingga batas air dan daratan dapat diidentifikasi dengan tegas dan akurat.



Gambar 13. Identifikasi objek citra Landsat 7 ETM+ Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali, Dokumentasi Skripsi.

Identifikasi Objek.

- | | | | |
|-------------|-------------------|-----------------|--------------|
| 1. Laut | 3. Terumbu karang | 6. Padang lamun | 7. Pemukiman |
| 2. Vegetasi | 4. Pasir | 5. Awan | |

Dari dua komposit band diatas (RGB 453 dan RGB 321) dapat teridentifikasi bahwa:

- Kenampakan perairan pada kedua komposit band tampak berwarna hitam, hasil rekaman berwarna gelap (hitam) disebabkan karena banyaknya tenaga yang sampai pada objek air yang terserap.
- Objek didalam air samar terlihat berwarna putih, hal ini disebabkan oleh panjang gelombang yang dapat dipenetrasikan kedalam perairan terbatas. Yaitu panjang gelombang biru (band 1) dan sedikit infra merah dekat. Warna

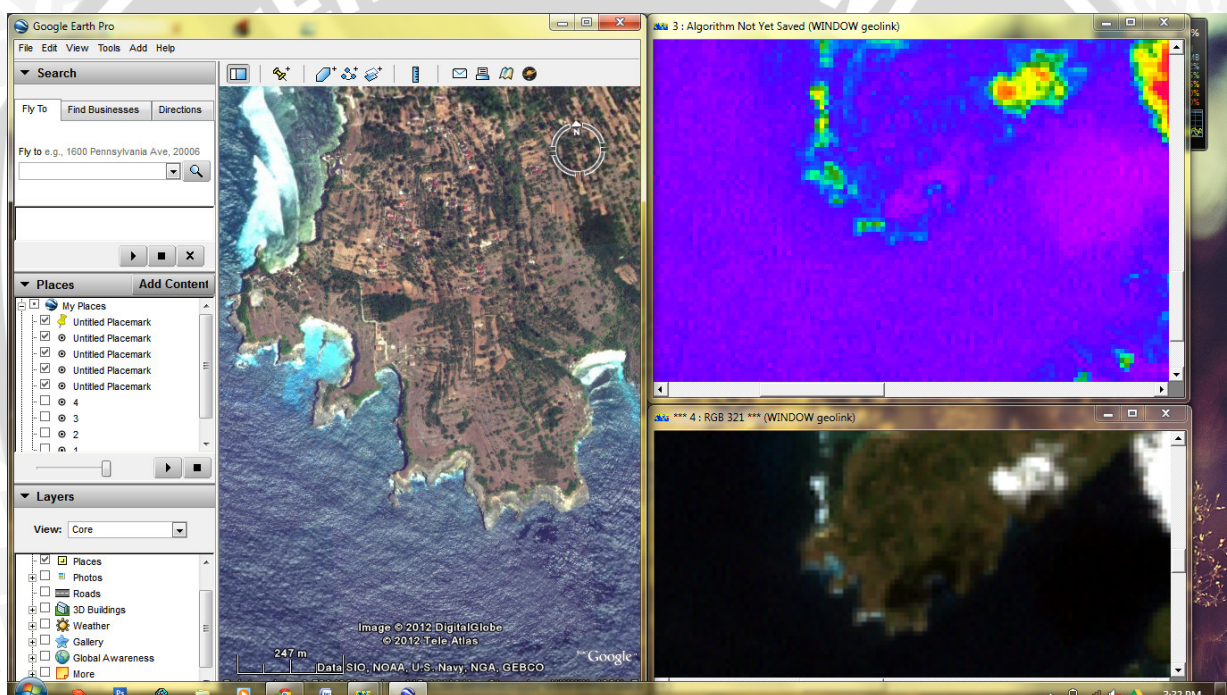
samar dalam perairan dapat diidentifikasi sebagai objek karang atau padang lamun (dengan warna yang lebih gelap) tapi untuk mengetahui dengan pasti diperlukan proses pengolahan lebih lanjut.

- c) Pada band komposit 453 kenampakan vegetasi yang mengandung klorofil terekam memiliki rona warna merah. Karena perakaman dilakukan dengan kombinasi panjang gelombang merah, infra merah dekat, sehingga apa yang sebenarnya berwarna hijau, akan terekam berwarna merah.
- d) Pada komposit RGB 321 dengan mudah kita dapat mengidentifikasi tanah tampak berwarna agak coklat gelap, Dan pada komposit RGB 453 tampak berwarna putih agak kehijauan (warna palsu).
- e) Pemukiman dapat teridentifikasi dari komposit RGB 321 dari warnanya yang gelap, sama dengan rona tanah (karena sebagian besar menggunakan genteng tanah liat), tetapi dapat dikenali dengan pola atau tekstur yang teratur.
- f) Objek berupa pasir dapat diidentifikasi melalui letak objek, diantaranya tanah (darat) dan laut dan warna nya yang putih terang .

Lebih lanjut objek terumbu karang dapat lebih jelas dikenali dengan menginterpretasi kan komposit band RGB 542. Komposit band 542 merupakan gabungan dari band 5 yaitu panjang gelombang yang biasa diaplikasikan dalam membantu identifikasi penutupan lahan, kenampakan alam, kontras kenampakan vegetasi menentukan kandungan air vegetasi dll, band 4 biasa diaplikasikan untuk, identifikasi dan kontras tanaman, biomassa vegetasi dan band pada umumnya dipalikasiikan untuk mengindera puncak pantulan vegetasi dengan menekankan perbedaan vegetasi.

Objek terumbu karang dapat teridentifikasi memiliki rona biru muda (cyan) didalam air dengan batas yang jelas, perbandingan Citra Landsat dan SPOT

pada gambar 14 dibawah ini. Penentuan objek yang teridentifikasi ini tentunya memerlukan proses lebih lanjut untuk mengetahui seberapa besar ketepatan identifikasi objek dan koefisien antenausi (ki/kj) perairan sekitar karena disebabkan terbatasnya panjang gelombang yang dapat dipenetrasikan kedalam air dan energi yang sebagian dipantulkan dan sebagian diserap oleh badan perairan, Dengan memanfaatkan citra Satelit SPOT yang memiliki resolusi spasial lebih tinggi akan diperoleh gambaran yang lebih jelas terhadap hasil transformasi Alogaritma Lyzenga.



Gambar 14. Perbandingan citra Landsat 7 ETM+ Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali dengan citra beresolusi tinggi (citra SPOT) untuk identifikasi objek, Dokumentasi Skripsi.

Dari hasil pengecekan lapang yang dilakukan di Pulau Nusa Lembongan Bali Kabupaten Klungkung di temukan beberapa jenis terumbu karang yang hidup didaerah tersebut diantaranya adalah :



Gambar 15. Jenis terumbu karang *Acropora latistella* dengan ciri Koloni berbentuk korimbosa atau bergumpal. Aksial koralit biasanya terpisah. Radial koralit melingkar. Tentakel biasanya setiap hari bertambah panjang yang di temukan di Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali, Dokumentasi Skripsi.



Gambar 16. Jenis terumbu karang *Acropora macrostoma* dengan ciri koloni korimbosa yang berbentuk plat ukurannya bisamencapai 1 meter. Cabang runcing panjangnya sampai 15 milimeter. Aksia koralit berbentuk pipa. Radial koralit ukurannya beragam. yang di temukan di Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali. Dokumentasi Skripsi.



Gambar 17. Jenis terumbu karang *Montipora digitata* dengan cirri Koloninya digitata atau arborescent dengan cabang menghadap keatas. Koralit kecil, terutama yang hidup di perairan dangkal. Koenesteum halus. yang di temukan di Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali. Dokumentasi Skripsi.



Gambar 18. Salah satu jenis terumbu karang *Acropora digitifera* dengan ciri permukaannya rata dengan ukuran bisa mencapai lebih dari 1 meter. Percabangannya kecil, berbentuk bulat atau pita. Aksial koralit kecil. Radial koralit berbentuk bulat, memiliki ukuran yang sama, pinggir koloni berwarna terang. yang di temukan di Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali. Dokumentasi Skripsi.



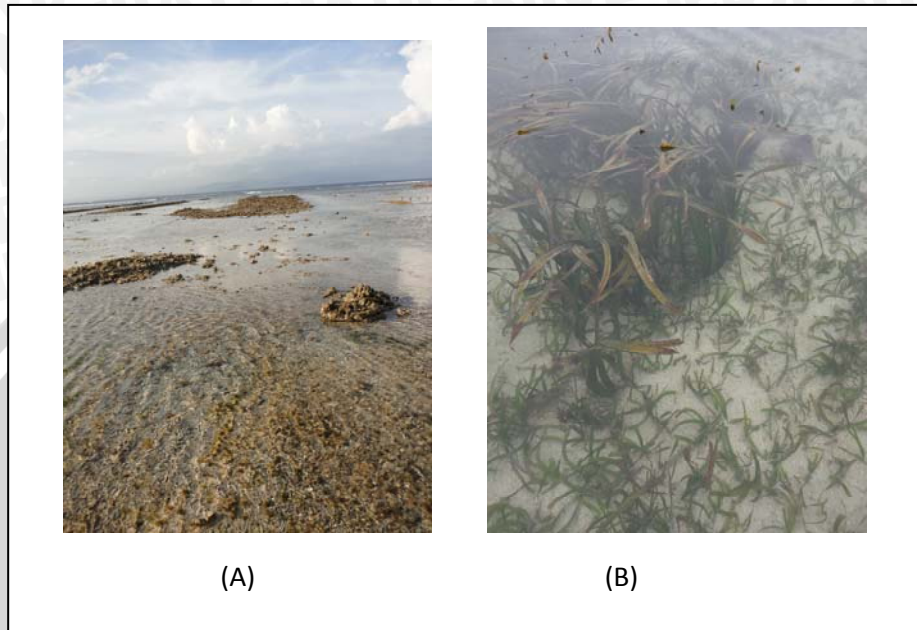
Gambar 19. Jenis terumbu karang *Acropora macrostoma* dengan ciri koloni korimbosa yang berbentuk plat ukurannya bisa mencapai 1 meter. Cabang runcing panjangnya sampai 15 milimeter. Aksia koralit berbentuk pipa. Radial koralit ukurannya beragam. yang di temukan di Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali, Dokumentasi Skripsi.



Gambar 20. Jenis terumbu karang *Acropora palifera* dengan ciri koloni seperti piringan berkerak dengan punggung tebal berkolom dan bercabang, cabang biasanya tegak tetapi secara umum bentuknya horizontal tergantung dari pengaruh gelombang, tidak ada aksial koralit, koralit lembut yang di temukan di Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali, Dokumentasi Skripsi.

Dasar perairan Pulau Nusa Lembongan secara umum merupakan dasar berpasir dan ditumbuhi lamun serta budidaya rumput laut di beberapa lokasi, tetapi di beberapa lokasi pulau di temukan dasar berupa pecahan karang.

Gambaran dasar Pulau Nusa Lembongan dapat di lihat pada gambar 21, gambar 22, gambar 23 dan gambar 24 dibawah ini.



Gambar 21. Dasar perairan Pulau Nusa Lembongan Bali (A) Dasar pecahan karang di utara pulau, (B) Padang lamun, Dokumentasi Skripsi.



Gambar 22. Dasar perairan berpasir Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali, Dokumentasi Skripsi.



Gambar 23. Pecahan terumbu karang Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali, Dokumentasi Skripsi.



Gambar 24. Budidaya rumput laut penduduk setempat Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali, Dokumentasi Skripsi.

4.2.2 Nilai Alogaritma Lyzenga

Berdasarkan pengolahan mereduksi efek kolom air terhadap objek dasar yang akan diuji, data citra satelit Landsat 7 ETM + , menghasilkan data berupa raster yang telah tereduksi dan dapat teridentifikasi objek didasarnya. Citra yang digunakan sebelumnya telah terkoreksi sudut matahari dengan menghitung nilai *radians* serta *reflektans* masing-masing band citra sehingga diperoleh citra yang seragam.

Peneliti menggunakan Alogaritma Lyzenga untuk menghilangkan pengaruh kolom air terhadap penetrasi gelombang elektro magnetic sehingga dihasilkan ekstraksi substrat dasar perairan. Dengan memanfaatkan dua band saluran tampak citra Landsat, yaitu TM band 1 dan band 2. Diperoleh nilai ki/kj masing- masing citra sebesar :

Citra ke-1

- Satelit : Landsat 7 ETM+ tahun 2001
- Daerah : Nusa lembongan Bali
- Akuisisi : 2001-05-18
- Ki/Kj : 0.393239
- Path/Row: 116 / 066

Citra ke-2

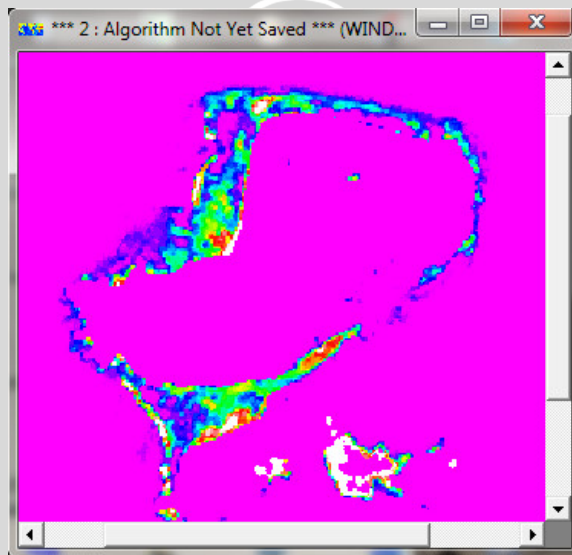
- Satelit : Landsat 7 ETM+ tahun 2006
- Daerah : Nusa lembongan Bali
- Akuisisi : 2006-03-13 dan 2006-10-23
- Ki/Kj : 1.6352
- Path/Row: 116 / 066

Citra ke-3

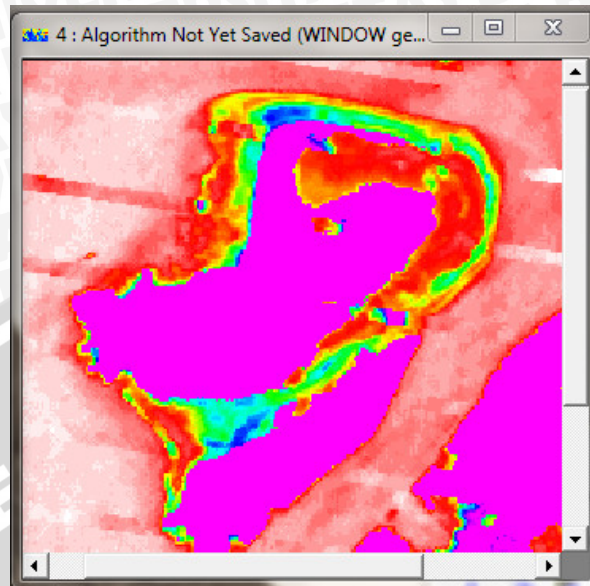
- Satelit : Landsat 7 ETM+ tahun 2012
- Daerah : Nusa lembongan Bali

- Akuisisi : 2012-03-29 dan 2012-02-26
- Ki/Kj : 1.3247
- Path/Row: 116 / 066

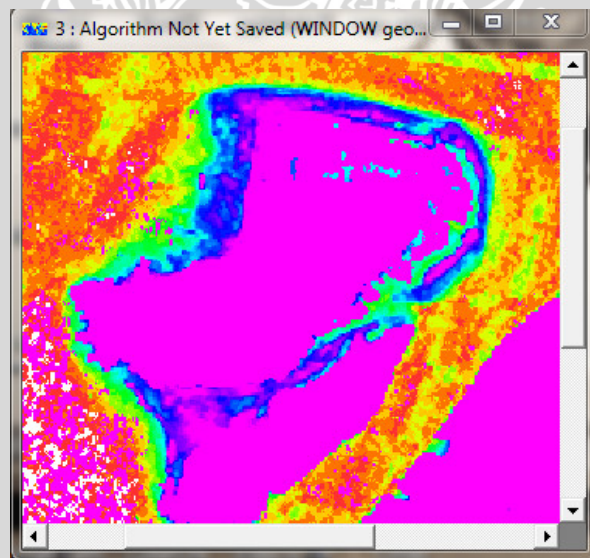
Nilai Ki/kj yang diperoleh berikutnya akan dimasukkan sebagai koefisien Lyzenga pada citra sebelumnya, sehingga akan di peroleh citra baru (gambar 25, gambar 26 dan gambar 27) yang telah di reduksi gangguan/ pengaruh kolom air dan objek bawah air sebagai objek yang diamati dapat diidentifikasi dengan jelas. Sehingga diperoleh citra sebagai berikut :



Gambar 25. Hasil transformasi Alogaritma lyzenga citra Landsat 7 ETM+ tahun 2001 Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali, Dokumentasi Skripsi.



Gambar 26. Hasil transformasi Alogaritma lyzenga citra Landsat 7 ETM+ tahun 2012 Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali, Dokumentasi Skripsi.



Gambar 27. Hasil transformasi Alogaritma lyzenga citra Landsat 7 ETM+ tahun 2006 Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali, Dokumentasi Skripsi.

Setelah objek dasar terpolakan peneliti melakukan indentifikasi objek pola sebaran objek bawah air berdasarkan kenampakan warna serta pola kenampakannya. Identifikasi dilakukan berdasarkan pedoman penelitian sebelumnya (lihat tabel 3) tentang terumbu karang lebih lanjut akan disajikan pada tabel dibawah. Dengan menggunakan pedoman identifikasi diatas maka dapat membantu peneliti dalam meningkatkan ketepatan identifikasi.

Dalam memudahkan identifikasi objek, peneliti menambahkan filter. Filter yang digunakan adalah filter kernel, filter rangking median 3x3 ker hingga 5x5 ker di sesuaikan dengan pola sebaran warna yang diperoleh. Dengan filtering raster akan diperoleh citra yang lebih halus sehingga mudah dikenali untuk kemudian dilakukan identifikasi.

Tabel 3. Warna kelas hasil Alogaritma lyzenga dan warna kelas

No.	Kelas	Warna Hasil Lyzenga	Warna Kelas
1.	Darat	Warna Hitam (dan putih jika background diganti putih)	Abu – abu
2.	Laut	Warna ungu muda sampai biru	Putih
3.	Karang Hidup	Warna cyan kehijau muda adalah kekeruhan jika menyebar, karang hidup jika batasnya tegas	Cyan
4.	Karang Mati (Dead Coral)	Hijau dengan batas tegas	Merah
5.	Pecahan Karang	Kuning menunjukkan pecahan karang	Oranye muda
6.	Lamun/rumput laut	Warna kuning ke merah (orange) tidak tegas kesamar adalah lamun	Hijau
7.	Pasir	Warna merah tegas	Kuning

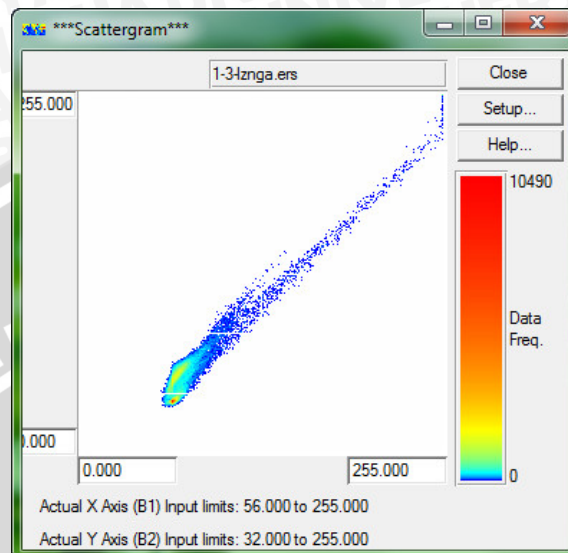
4.2.3 Klasifikasi Citra

Citra yang telah tereduksi pengaruh kolomnya kemudian dilakukan proses klasifikasi. Proses klasifikasi adalah pengenalan pola objek spektral secara otomatis. Dengan melakukan training area pada objek yang diketahui sebelumnya. Dalam klasifikasi ini, peneliti menggunakan klasifikasi terbimbing atau terselia dengan menggunakan metode Pengkelas Parallepiped (dengan ketetapan bertingkat) . Yaitu memberikan kepekaan terhadap sebaran varian kategori spektral dengan memperhitungkan julat nilai rangkaian latihan kategori. Julat ini dapat di tentukan dengan nilai digital tertinggi dan terendah dari tiap saluran tampak sebagai suatu daerah empat segi panjang pada diagram pencar dua saluran. Jika terdapat suatu *pixel* yang tidak dikenal dikelaskan menurut julat kategori atau wilayah ketetapan (*decision region*) dimana objek yang tidak dikenal tersebut berada, atau sebagai objek yang tidak dikenal jika objek tersebut berada diluar seluruh julat yang ada. Dengan menerapkan metode ini diharapkan klasifikasi dapat lebih cepat dan efisien.

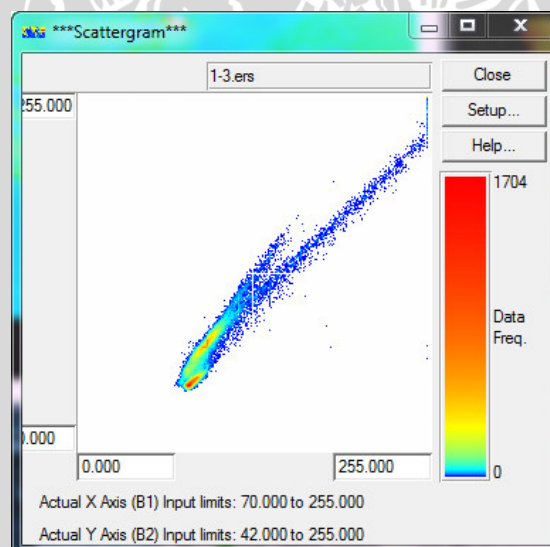
Pengenalan nilai spektral (*DN*) objek dilakukan dengan melakukan survei langsung lapang. Survei lapang dilakukan dengan bantuan alat GPS (*Global position system*), dengan melakukan *tracking* pada objek yang diteliti. Dalam penelitian ini peneliti berfokus pada objek dasar permukaan laut yaitu : pasir laut, padang lamun, pecahan karang, karang mati, laut dalam, darat dan terumbu karang. Teknik *tracking* yang digunakan oleh peneliti adalah dengan sampling area. Dimana daerah penelitian akan dibagi menjadi 4 daerah dan masing-masing sub daerah dilakukan *tracking*.

Dengan melihat pola sebaran *DN* (*Digital Number*) pada citra yang akan diklasifikasi dapat membantu dalam pengenalan *DN*. Dari hasil data citra Landsat

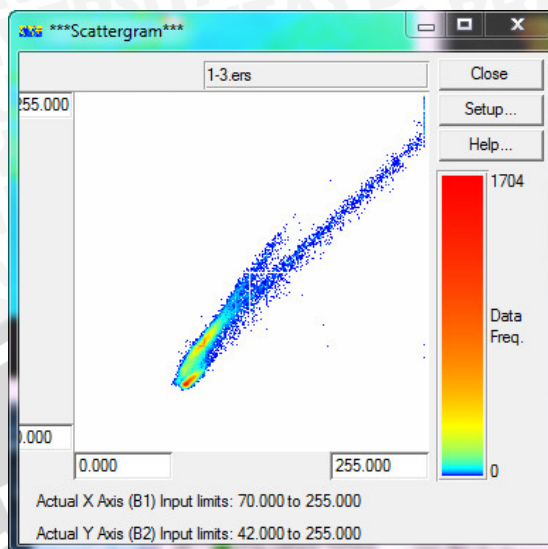
7 ETM+ diperoleh sebaran DN tahun 2001, 2006 dan 2012 untuk daerah Nusa Lembongan sebagai berikut :



Gambar 28. Scattergram hasil klasifikasi citra landsat 7 ETM+ tahun 2001



Gambar 29. Scattergram hasil klasifikasi citra landsat 7 ETM+ tahun 2006



Gambar 30. Scattergram hasil klasifikasi citra landsat 7 ETM+ tahun 2012

Pola sebaran nilai DN pada pada gambar 28,29 dan30 masing-masing citra untuk 2001, 2006 dan 2012 untuk daerah Nusa Lembongan Bali, DN dengan warna Cyan dengan batas tegas menunjukkan pola sebaran objek terumbu karang hidup dan kekeruhan jika sebarannya halus dan merata, DN dengan warna Kuning ke merah dengan batas tegas menunjukkan sebaran objek lamun, warna hijau dengan batas tegas menunjukkan karang mati, warna kuning tegas menunjukkan pecahan karang, warna merah menunjukkan warna pasir dan warna biru adalah laut dalam.

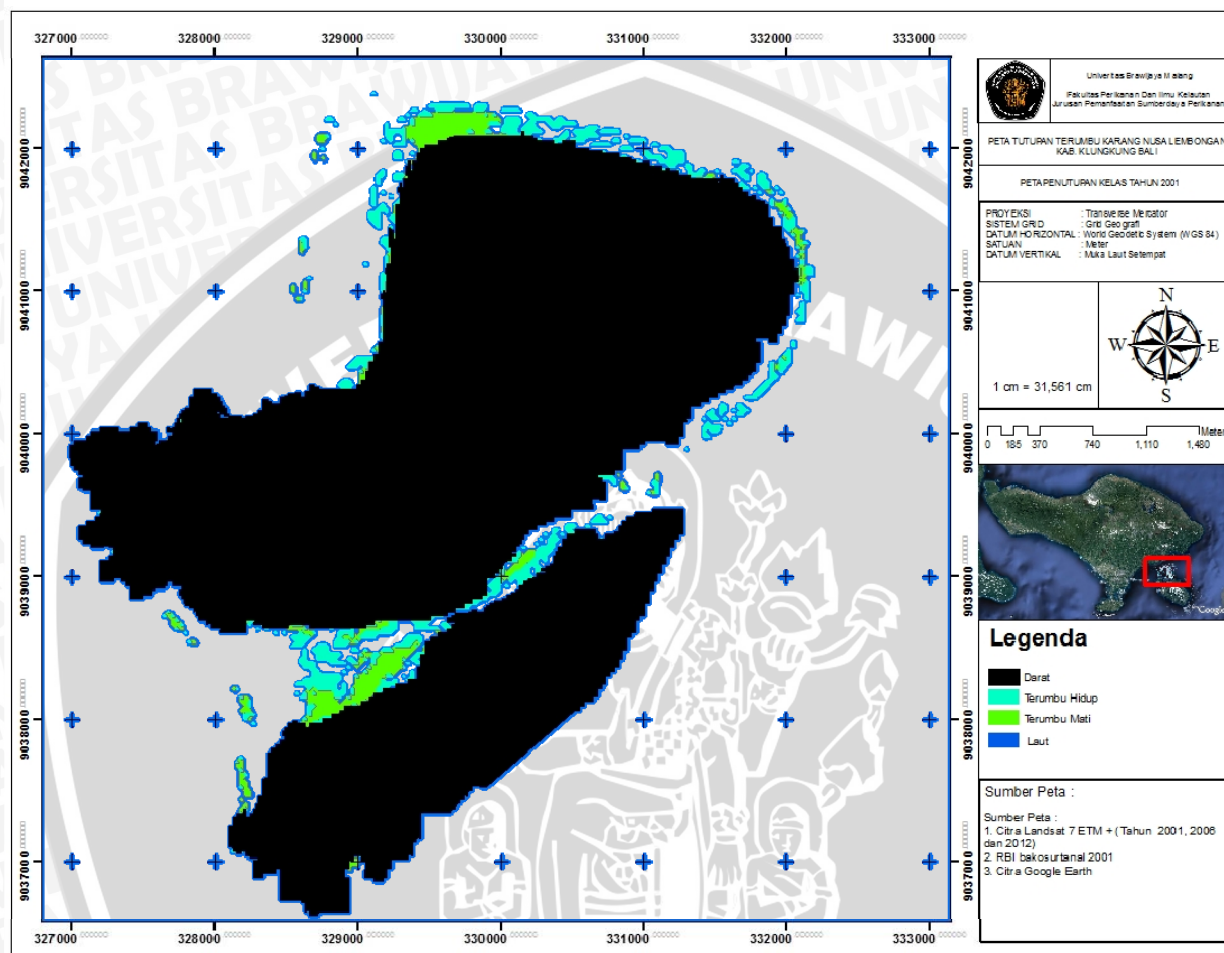
4.2.4 Analisis Luas Tutupan Terumbu karang

Analisis perubahan tutupan terumbu karang secara temporal dilakukan dengan metode *Classification Comparison change Detection* (PCCCD). Yaitu analisis perbandingan citra yang telah terklasifikasi. Dalam analisis ini peneliti menggunakan citra dengan proyeksi *Universal Transverse Mercator* (UTM).

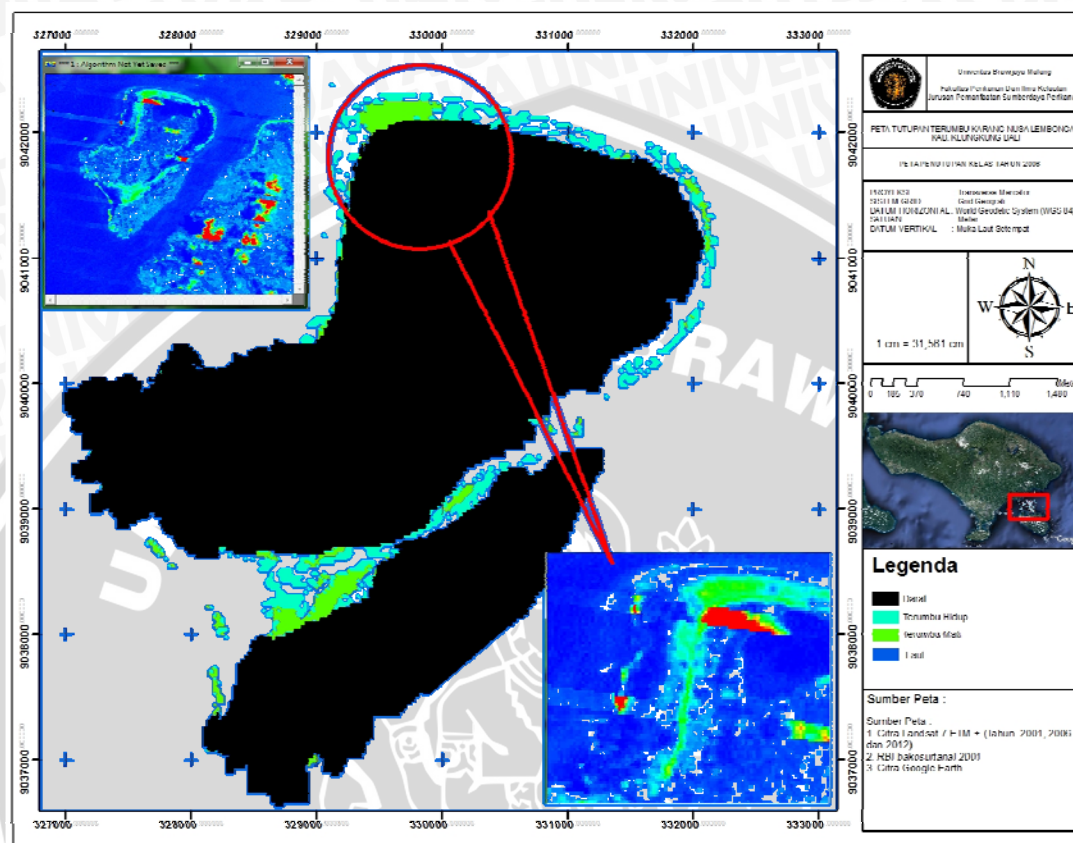
Perubahan secara kuantitatif dilakukan dengan mengitung luasan dan prosentase perubahan masing-masing tutupan kelas objek perairan dangkal.

Pada tahun 2006 perubahan tidak disertakan, hal ini disebabkan pada tahun tersebut berdasarkan perekaman data yang dilakukan terumbu karang atau objek dasar perairan dangkal lainnya tidak terdeteksi dengan sempurna. Hal ini dapat diketahui melalui hasil transformasi Alogaritma Lyzenga pada tahun 2006 yang menghasilkan citra dengan rona warna cyan dengan batas pudar dan hijau dengan batas tegas. Berdasarkan hasil pengecekan lapang warna cyan dengan batas yang sabar dapat merupakan suspensi / kekeruhan, hal ini diperkuat dengan lokasi warna cyan yang merupakan warna terum bukarang hidup akan tetapi berada dekat dengan daratan. Sehingga dapat dipastikan rona warna cyan pada citra bukan merupakan terumbu karang.

Rona warna hijau tegas pada citra tahun 2006 (lihat gambar 31 dan gambar 32) masih dapat dikenali sebagai terumbu karang mati. Hal ini dapat diketahui selain dari pola pembentukan berdasarkan citra-citra hasil transformasi Alogaritma Lyzenga lainnya (2001 dan 2012) yang memiliki kesamaan bentuk dan lokasi pembentukan. Sehingga untuk tahun 2006 tidak dilakukan dianalisis.

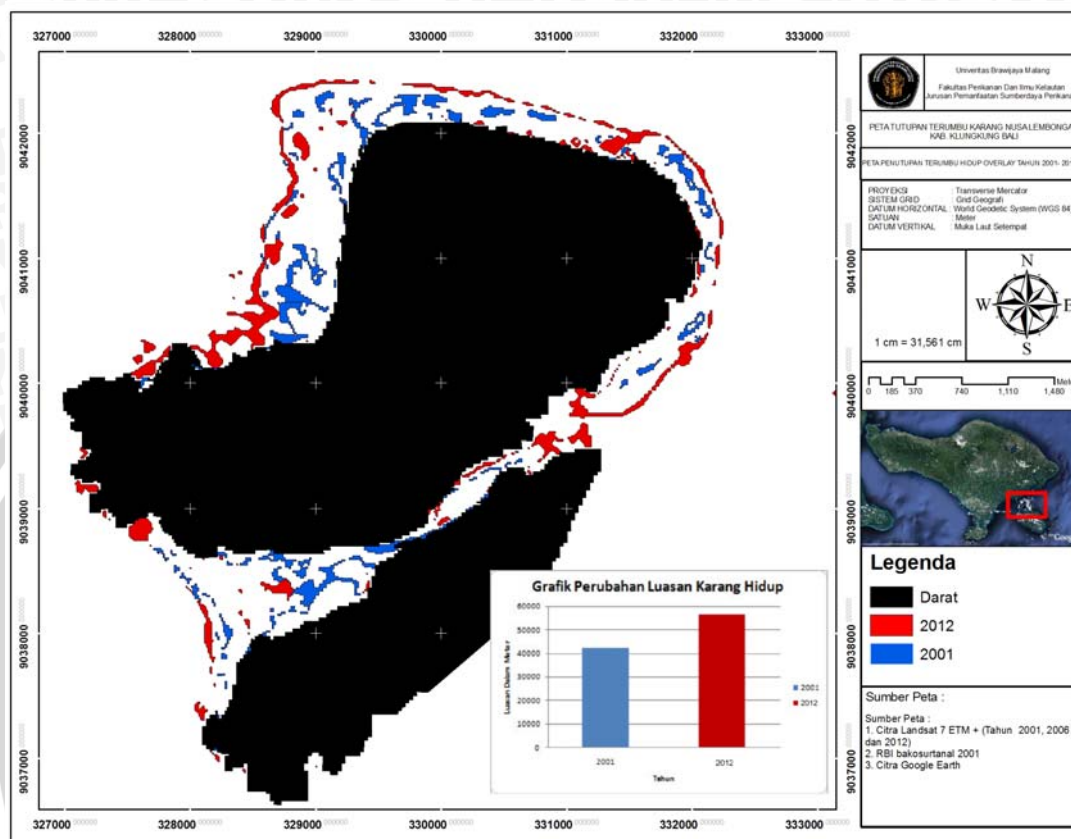


Gambar 31. Tingginya tingkat kekeruhan citra landsat 7 ETM+ tahun 2006 Pulau Nusa Lembongan Bali



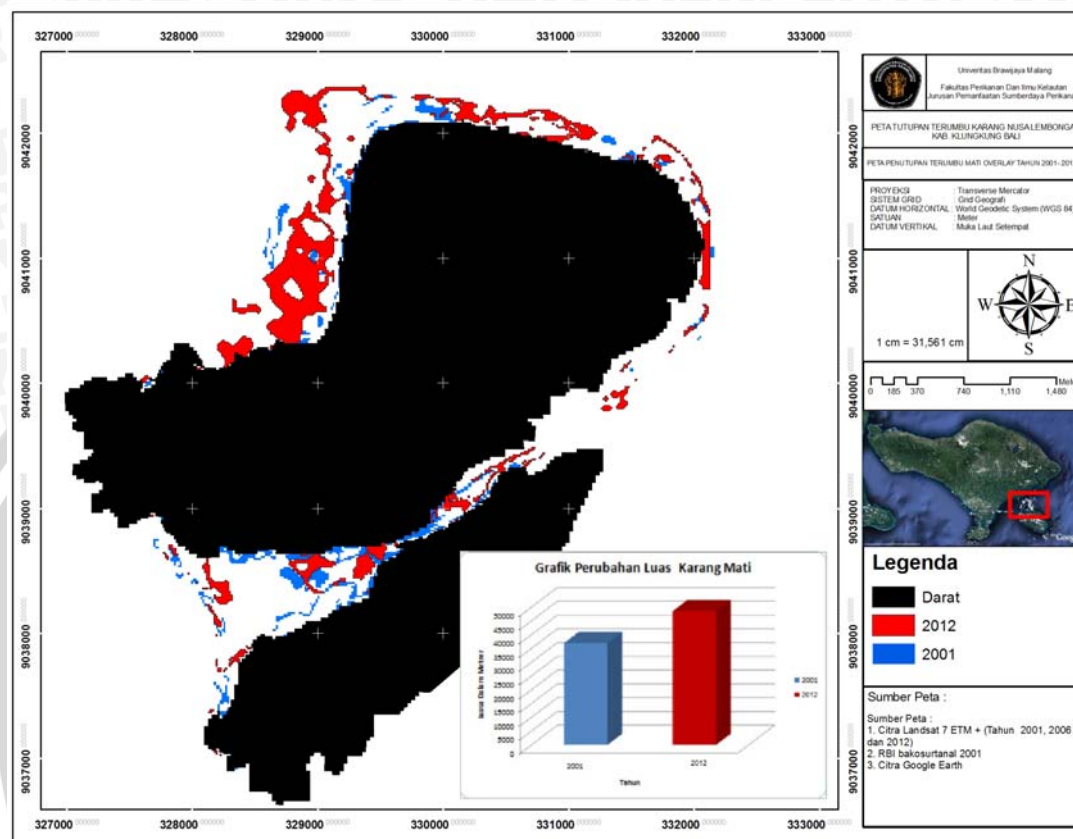
Gambar 32. Tingginya tingkat kekeruhan citra landsat 7 ETM+ tahun 2006 Pulau Nusa Lembongan Bali

Hasil analisis yang telah dilakukan dengan menggunakan *tools* Arcgis 9.3 yaitu *Symmetrical Difference*. Teknik *overlay* ini menghitung secara geometri perpotongan tutupan kelas dan dimana bagian yang tidak menumpuk tetap di tampilkan sehingga dapat diketahui penambahannya. hasil analisis tutupan terumbu karang akan di sajikan pada gambar di bawah ini.



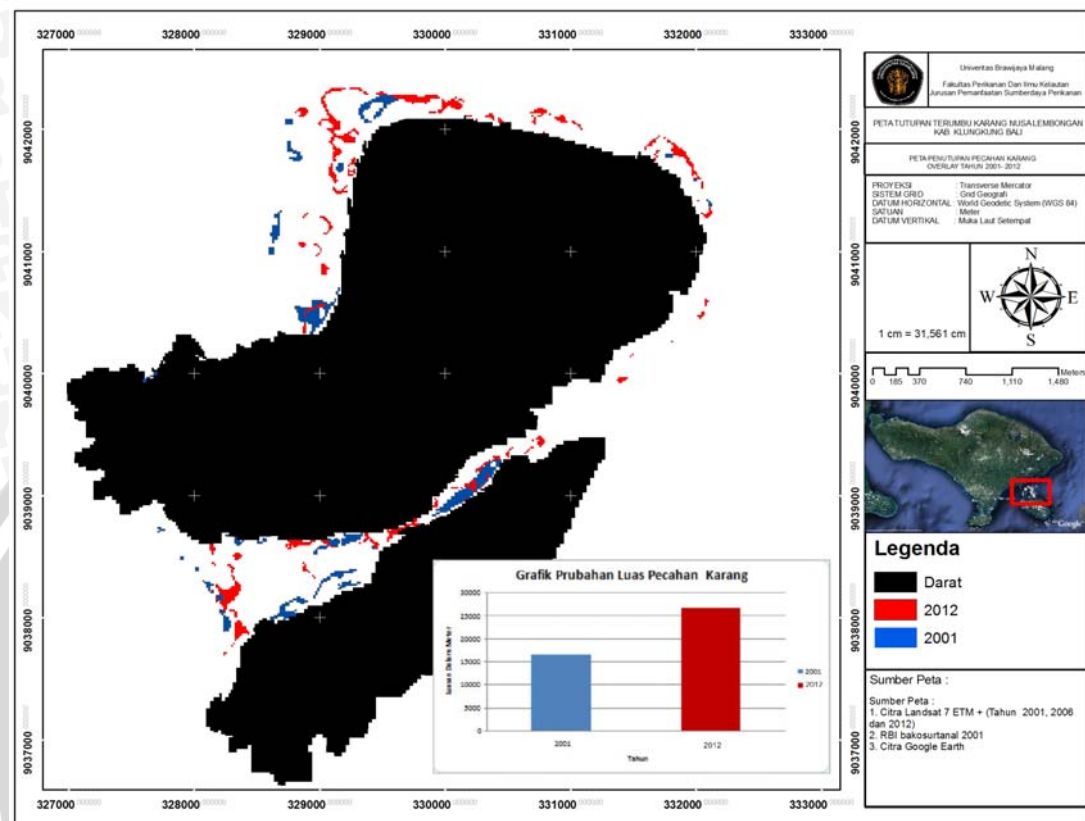
Gambar 33. Penutupan kelas terumbu karang hidup citra landsat 7 ETM+ tahun 2001 dan 2012 Pulau Nusa Lembongan Bali.

Pada kelas terumbu karang hidup diperoleh hasil bahwa pada tahun 2001 luas tutupan terumbu karang hidup sebesar 42499.4 m² dan pada tahun 2012 56646.4 m² sehingga diketahui antara tahun 2001 dan 2012 terdapat peningkatan jumlah terumbu karang hidup yaitu sebesar 14146.63428 meter² atau penambahan sejumlah 33.20% luasan semula. Selain itu, terjadi pergeseran lokasi terumbu karang dengan bentuk dan pola yang hampir sama.



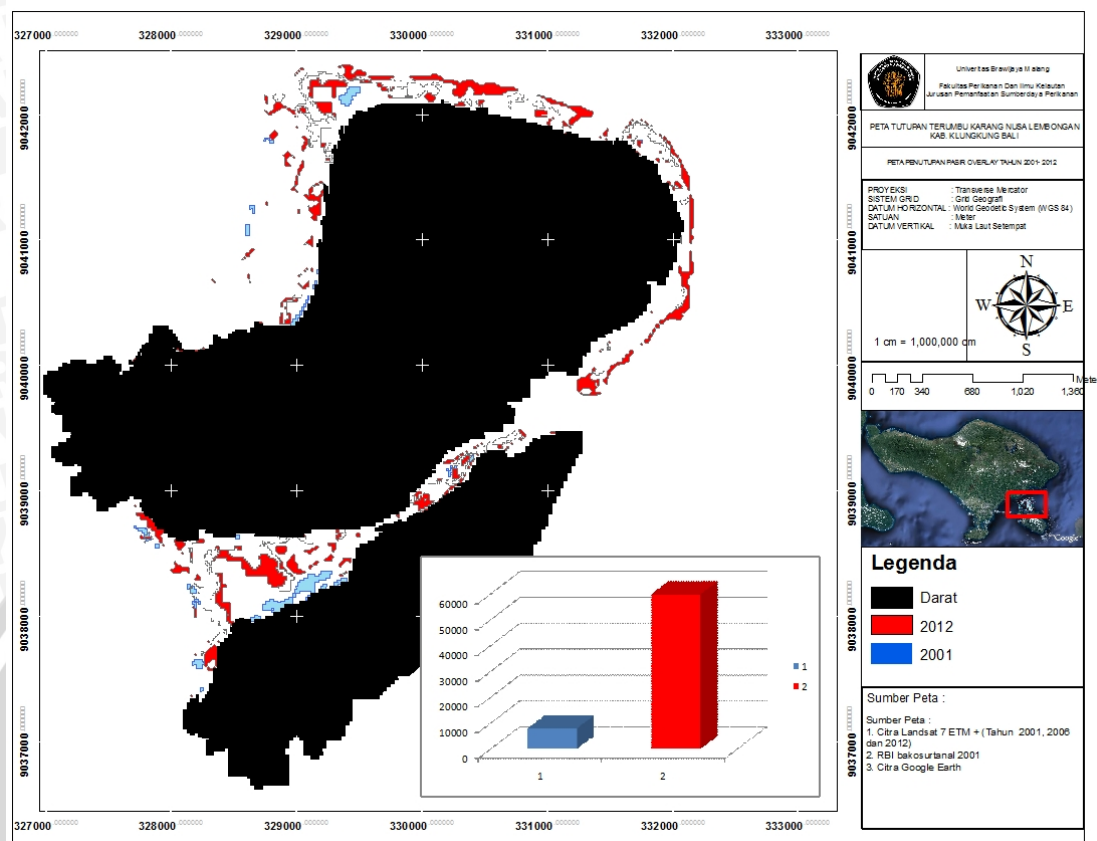
Gambar 34.Penutupan kelas terumbu karang mati citra landsat 7 ETM+ tahun 2001,2006 dan 2012 Pulau Nusa Lembongan Bali.

Tahun luas 2001 kelas terumbu karang mati sebesar 36963.29286 m² dan 48559.20362 m² pada tahun 2012. Sehingga diperoleh kesimpulan antara tahun 2001 hingga 2012 mengalami peningkatan sebesar 11595.9108 m². Jumlah tutupan ditahun 2006 tidak terdeteksi secara baik bisa disebabkan oleh tingginya suspensi atau tingkat kekeruhan perairan Pulau Nusa Lembongan pada waktu perekaman data, sehingga objek dasar perairan dangkal yang diteliti tidak bisa terdeteksi secara sempurna.



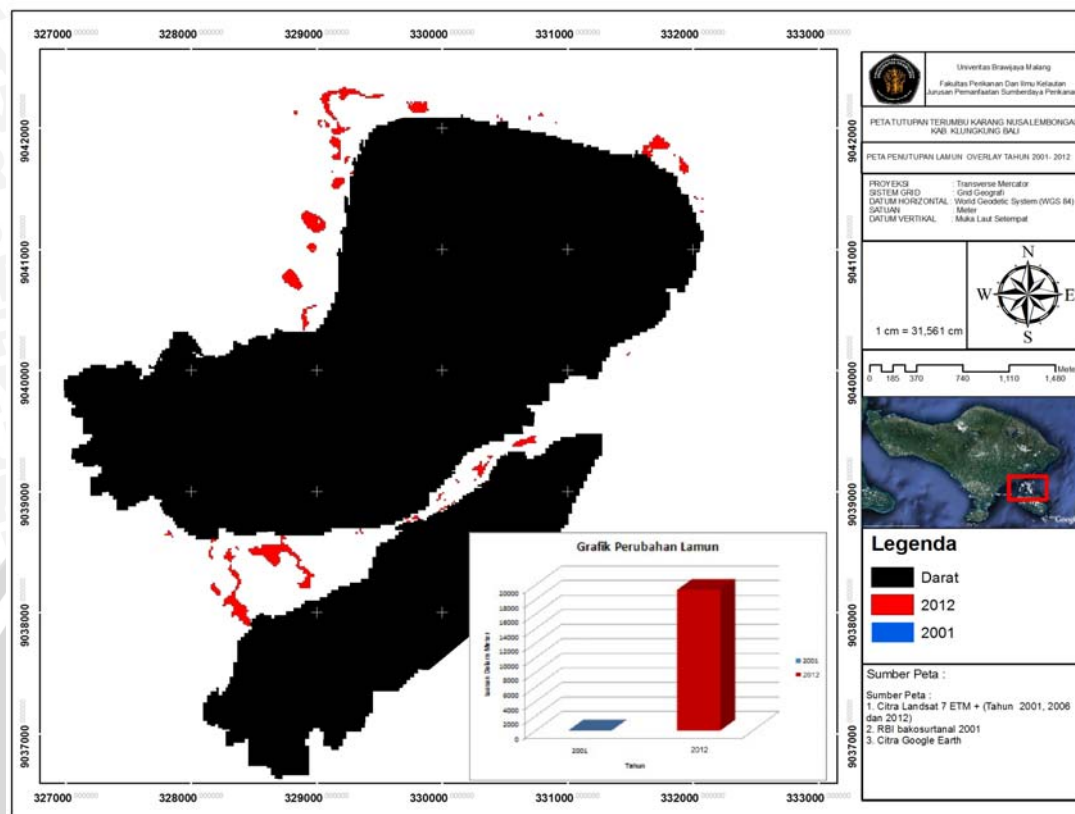
Gambar 35.Penutupan kelas pecahan terumbu karang citra landsat 7 ETM+ tahun 2001 dan 2012 Pulau Nusa Lembongan Bali.

Pada kelas pecahan karang, antara tahun 2001 pecahan karang memiliki luas 16660.39903 m² dan pada tahun 2012 sebesar 26768.7032 m² sehingga perubahan yang terjadi sebesar 10108.30417 m² atau mengalami peningkatan sebesar 60.60% dari luas semula.



Gambar 36.Penutupan kelas pasir citra Landsat 7 ETM+ tahun 2001 dan 2012 Pulau Nusa Lembongan Bali.

Kelas Pasir memiliki perubahan yang cukup besar, pada tahun 2001 luasan penutupan karang sebesar 7972.681614m² sedangkan untuk penutupan kelas pasir pada tahun 2012 sebesar 59844.6214m². sehingga perubahan yang terjadi sebesar 51871.93979m² atau sebesar 650%. Perbedaan yang cukup banyak ini mungkin disebabkan kondisi dasar perairan yang berubah atau faktor atmosfer udara sekitar Pulau Nusa Lemongan.



Gambar 37.Penutupan kelas lamun citra Landsat 7 ETM+ tahun 2012 Pulau Nusa Lembongan Bali.

Selama perekaman citra pada tahun 2006 dan 2001 tutupan lamun tidak terdeteksi. Kelas lamun hanya terdeteksi pada perekaman citra tahun 2012 sebesar 19307.19907 m². Gagalnya perekaman dalam merekam kelas lamun dapat disebabkan banyak hal, diantaranya memang tidak adanya objek lamun pada tanggal perekaman tersebut, kondisi perairan (kecerahan perairan) atau kondisi atmosfer pada saat perekaman, Tetapi berdasarkan hasil cek lapang untuk perekaman tahun 2012 sesuai koordinat yang ditunjukkan oleh citra terdapat padang lamun dilapang dengan ketepatan pemetaan untuk lamun sebesar 58% untuk akurasi prosedur dan 60% untuk akurasi pengguna .

Secara umum dalam kurun waktu kurang lebih 11 tahun kondisi penutupan terumbu karang di Pulau Nusa Lembongan mengalami peningkatan terumbu karang. Terumbu karang hidup terjadi peningkatan sebesar 33.20% dari luas semula (untuk perekaman 2001 dan 2012). Peningkatan prosentase tutupan kelas lainnya dalam kurun waktu yang sama, diperkirakan karena sifat fisik dari terumbu karang mati, pecahan karang dan pasir yang selalu terdistribusi kesegala arah yang dipengaruhi oleh pasang surut, arus maupun ombak di Pulau Nusa Lembongan itu sendiri. Sehingga pengamatan melalui metode *remote sensing* sulit dipastikan. Peningkatan kelas terumbu hidup lebih mudah diamati dan dipastikan perubahannya karena sifatnya yang menetap dan memiliki karakteristik spasial yang unik. Hal ini dapat dibuktikan bentuk luasan tutupan terumbu karang antara tahun 2001 dan 2012 Di Pulau Nusa Lembongan hampir sama, dengan lokasi untuk tahun 2012 lebih menjauhi pesisir laut setempat.

Peningkatan luasan terumbu karang hidup ini semakin diperkuat banyaknya penggalakan penanaman atau transplantasi terumbu karang di Area Pulau Nusa Lembongan Bali. Berdasarkan hasil wawancara dengan Bapak Made, Ketua Kelomok Nelayan Celagi Buana Putra Desa Lembongan Pulau Nusa Lembongan, diperoleh keterangan bahwa meningkatnya tutupan terumbu karang di Pulau Nusa Lembongan tidak lepas dari kesadaran masyarakat di daerah tersebut, bahwa mereka hidup dari alam sehingga mereka merasa memiliki tanggung jawab untuk turut melestarikannya. Selain transplantasi terumbu karang Kelomok Nelayan Celagi Buana Putra juga memiliki program penanaman mangrove khususnya di sekitar Pulau Nusa Lembongan sendiri. Kegiatan transplantasi terumbu karang kurang lebih secara aktif telah berjalan selama delapan tahun.

Transplantasi terumbu karang dilakukan di beberapa tempat, akan tetapi secara umum sebelah utara Pulau Nusa Lembongan memiliki tingkat keberhasilan yang paling tinggi dibandingkan di area selatan pulau. Hal ini dipengaruhi banyak hal, salah satunya aktifitas manusia yang tinggi di perairan sebelah selatan karena merupakan jalur kapal cepat dari Pantai Sanur selain itu sistem penanaman atau transplantasi turut menyumbang keberhasilan transplantasi terumbu karang ini.

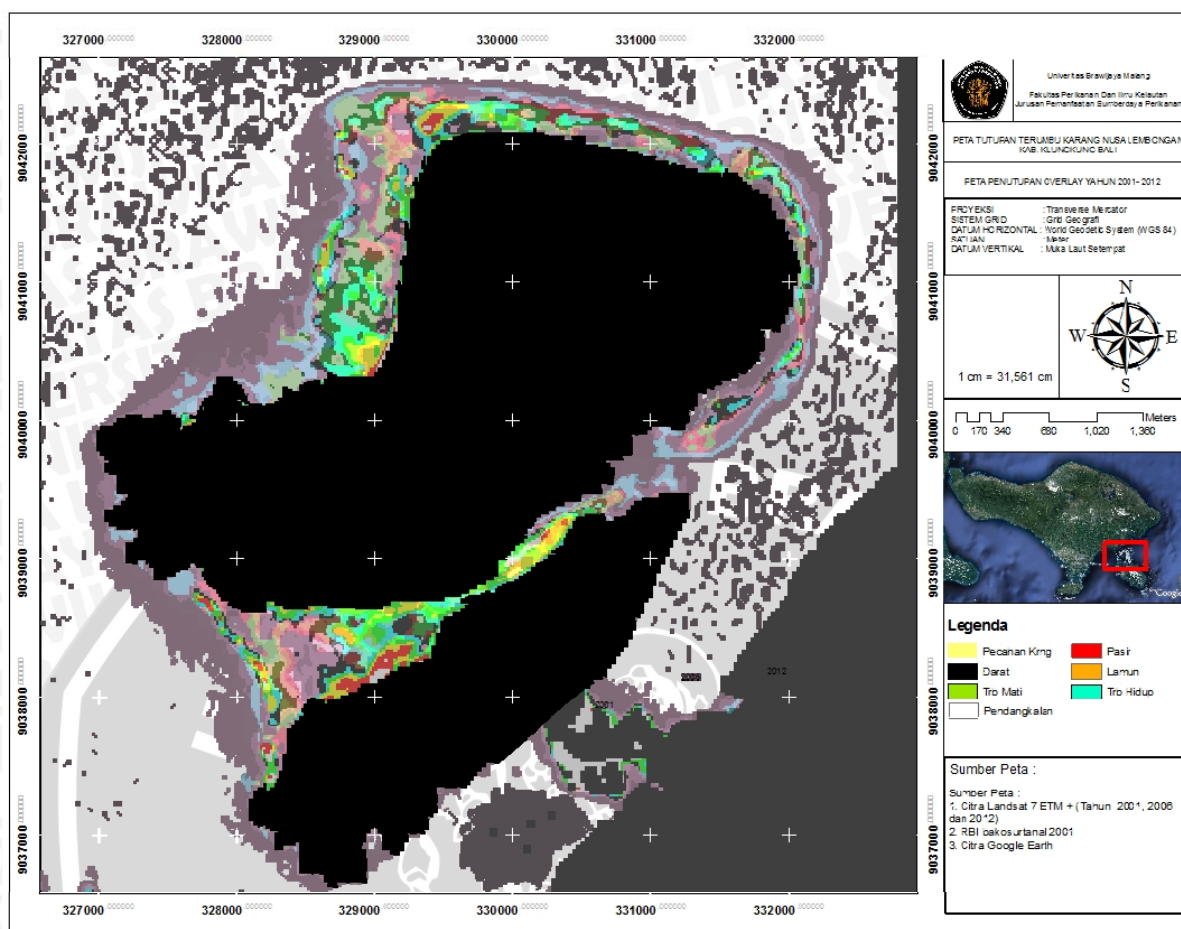
Sehingga dapat diperoleh pendapat bahwa peningkatan luas tutupan terumbu karang hidup sebesar 33.20% Di Pulau Nusa Lembongan Bali merupakan keberhasilan penduduk setempat dalam melestarikan lingkungannya dalam hal ini terumbu karang Di Perairan Pulau Nusa Lembongan Bali.

Jumlah luasan objek dasar perairan dangkal secara lengkap disajikan pada Tabel dibawah ini:

Tabel 4. Tabel perubahan tutupan kelas pemetaan terumbu karang tahun 2001, 2006 dan 2012 citra Landsat 7 ETM+.

Perubahan Luasan Tutupan Lahan P. Nusa Lembongan Tahun 2001-2012							
Nama Kelas	warna Lyzenga	Tahun			Perubahan		
		2001	2006	2012	Perubahan	Selisih	Prosentase
Karang Hidup	Cyan	42499.411	54295.7283	56646.04488	14146.63	0.3328666	33.20%
Terumbu Mati	Hijau	36963.293	24779.7597	48559.20362	11595.91	0.31371422	31.30%
Pecahan Karang	Kuning	16660.399	0	26768.7032	10108.3	0.60672641	60.60%
Pasir	Merah Tegas	7972.6816	0	59844.6214	51871.94	6.50620987	650%
Lamun	Orange	0	0	19307.19907	19307.2	tetap	tetap
catatan :satuan dalam Meter persegi							

Berikut perubahan tutupan dasar perairan Pulau Nusa Lembongan antara tahun 2001 hingga tahun 2012 yang disajikan dengan teknik *overlay*, sehingga dapat dilihat dengan jelas perubahan- perubahan yang terjadi.



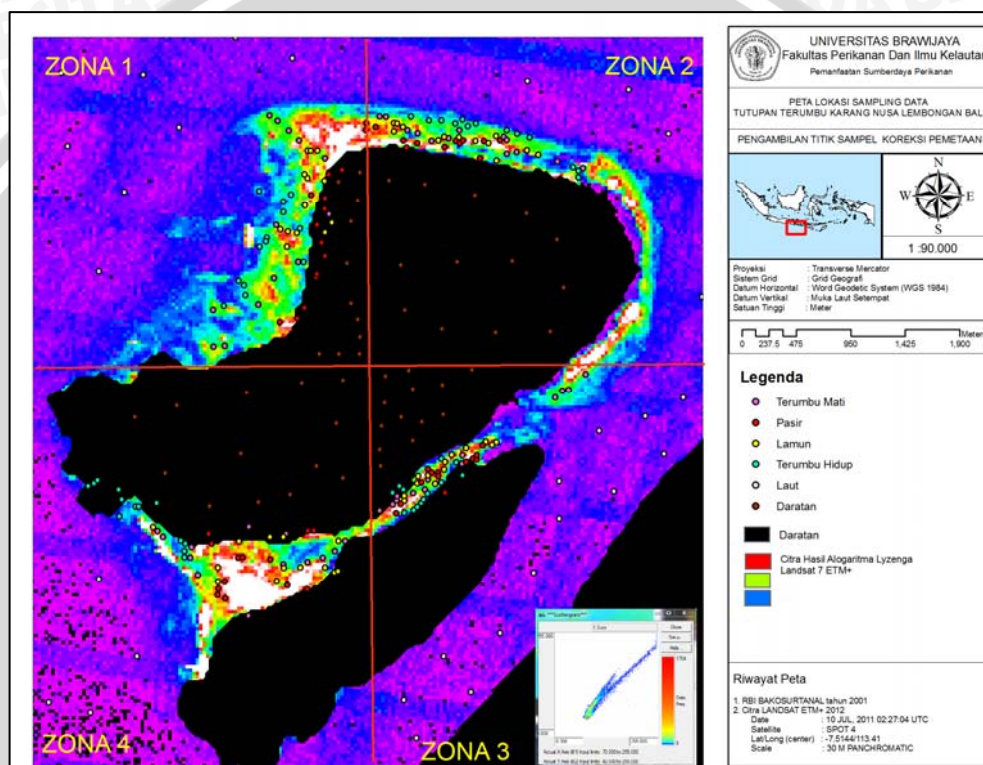
Gambar 38. Peta Overlay Citra Landsat 7 ETM+ tahun 2012 dan tahun 2001 Pulau Nusa Lembongan kab. Klungkung Bali

4.3 Penilaian Ketepatan Pemetaan

Dalam melakukan pemetaan penggunaan lahan atau penutupan lahan dengan menggunakan citra satelit, maka ketepatan pemetaan menjadi hal utama yang sangat penting. Terdapat beberapa kekeliruan yang dapat diidentifikasi yaitu kualitas data penginderaan jauh, metode interpretasi dan pelaksanaan pengukuran areal.

Secara umum terdapat 2 metode dalam melakukan penilaian ketepatan pemetaan yaitu dengan cara : 1) ketelitian non situs spesifik dan 2) ketelitian situs spesifik, pada penelitian studi perubahan tutupan terumbu karang di Pulau

Nusa Lembongan ini peneliti menggunakan metode ketelitian situs spesifik dengan menggunakan *Confusion matrix* sehingga akan menghasilkan matriks kesalahan atau matriks kekeliruan. *Confusion matrix* pada prinsipnya adalah menyusun data hasil klasifikasi dan hasil pengamatan di lapangan dalam sebuah hasil presentase. Berikut hasil akurasi dari penelitian ini :



Gambar 39. Titik sampling ketepatan pemetaan citra landsat 7 ETM+ tahun 2012

Dalam buku yang berjudul *Assesing The Accuracy of Remotely Sensed Data* Russell Congalton, et al. (2009), dijelaskan bahwa secara umum menyarankan untuk pengambilan sampel berjumlah 50 dengan rincian tiap peta kurang dari satu juta hektar dan kurang dari 12 kelas . peta yang lebih besar dan lebih kompleks sampel yang di ambil seharusnya antara 75 dan 100 buah setiap kelasnya, dalam menentukan sampel kelas. Penentuan titik pengamatan

dilakukan dengan membagi daerah penelitian menjadi 4 zona (zona1, zona2, zona 3 dan zona4). masing- masing zona berjumlah 12 sampel untuk tiap kelas penutupan pada tiap zona. Sehingga total keseluruhan titik sampel berjumlah 300 titik. Penentuan titik sampel dilakukan menurut hasil interpretasi citra digital tutupan terumbu karang untuk kemudian dilakukan pengecekan lapang (*ground check*).

Hasil cek lapang dengan menggunakan teknik *Confusion matrix* disajikan pada tabel di bawah ini:

Tabel 5. Table hasil *Confusion matrix* pemetaan citra landsat 7 ETM+ .

	Data Acuan Lapang							Total Kolom
		Darat	Laut	Terumbu Karang Hidup	Terumbu Karang Mati	Lamun	Pasir	
Data Hasil Klasifikasi	Darat	41	0	0	0	0	4	45
	Laut	0	50	0	0	0	0	50
	Terumbu Karang Hidup			30	6	5	2	43
	Terumbu Karang Mati	0	0	17	36	13	5	71
	Lamun	0	0	2	5	29	12	48
	Pasir	9	0	1	3	3	27	43
Total Baris		50	50	50	50	50	50	300
Keterangan : terdapat 6 sampel kelas, dengan jumlah sampel masing- masing kelas 50 sampel								

Hasil pengukuran lapang maka di peroleh hasil sebagai berikut :

a) Akurasi Keseluruhan (*Overall Accuracy*) :

$$= (41+50+30+36+29+27) / 300$$

$$= 71\%$$

b) Akurasi Produser (*Produser's Accuracy*):

$$\text{Darat} = 41/50 = 82\%$$

$$\text{Laut} = 50/50 = 100\%$$

$$\text{Terumbu Karang Hidup} = 30/50 = 60\%$$

$$\text{Terumbu Mati} = 36/50 = 72\%$$

$$\text{Lamun} = 29/50 = 58\%$$

Pasir = $27/50 = 54\%$

c) Akurasi Pengguna (User's Accuracy) :

Darat = $41/45 = 91\%$

Laut = $50/50 = 100\%$

Terumbu Hidup = $30/43 = 69\%$

Terumbu Mati = $36/71 = 50,7\%$

Lamun = $29/48 = 60.4\%$

Pasir = $27/43 = 62.7\%$

hasil pengecekan lapang di ketahui bahwa, pemetaan terumbu karang untuk tahun 2012 memiliki ketelitian secara keseluruhan sebesar 71%.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

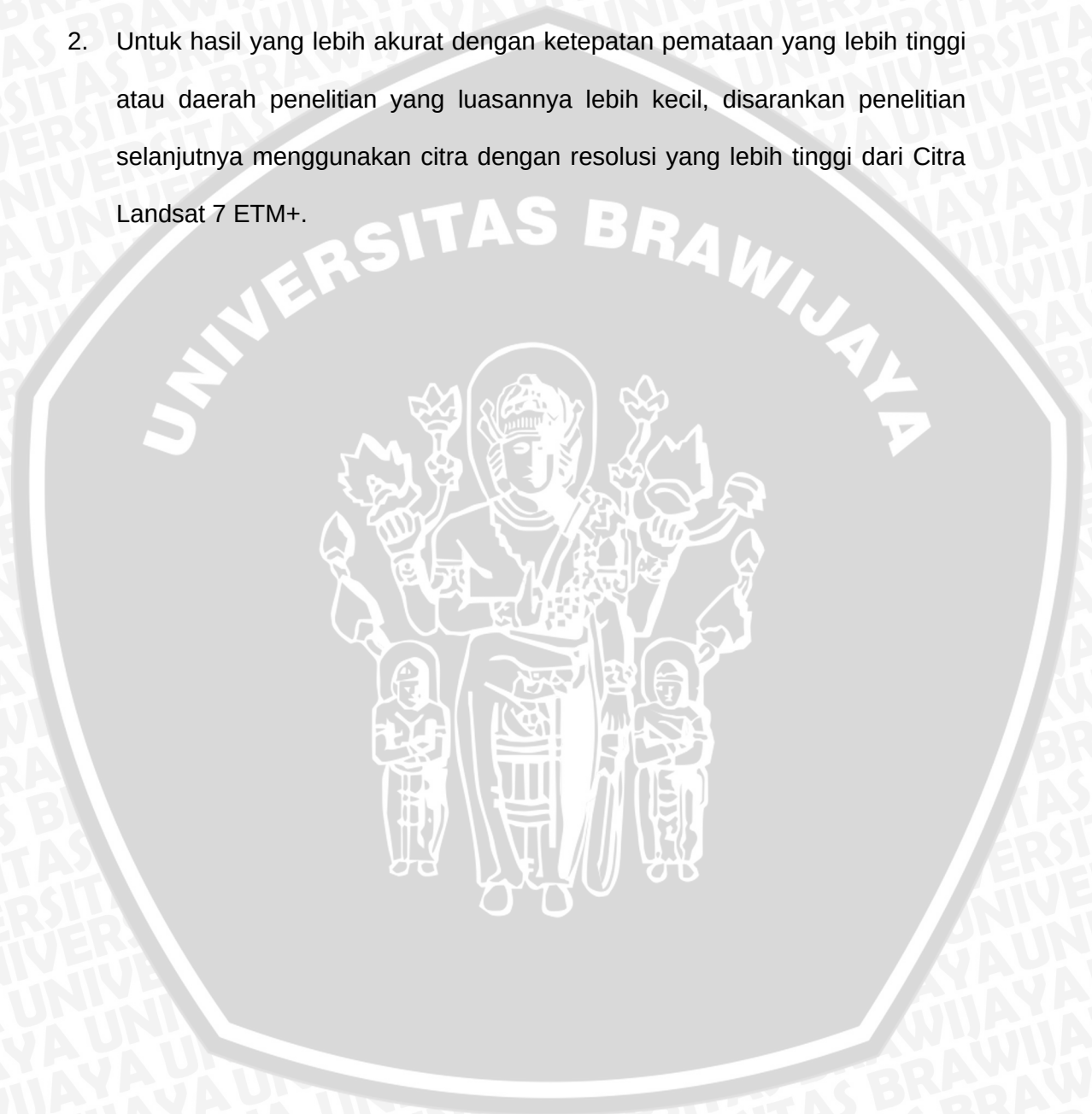
5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Terdapat 6 kelas tutupan objek dasar perairan dangkal berdasarkan citra Landsat 7 ETM+. Kelas-kelas tersebut adalah, kelas terumbu karang hidup, kelas terumbu karang mati, pecahan terumbu karang, kelas pasir, kelas lamun dan kelas daratan/ pendangkalan..
2. Secara umum selama kurun waktu 2001-2012 luasan terumbu karang di Pulau Nusa Lembongan Kab. Klungkung Bali mengalami peningkatan. Hal ini dapat diketahui dari meningkatnya tutupan masing-masing kelas yaitu, kelas terumbu karang hidup mengalami peningkatan sebesar 33.20% atau sebesar 14146.6 m². Dari hasil pengecekan lapang, terdapat enam jenis terumbu karang yang ditemukan yaitu, *Acropora latistella*, *Acropora macrostoma*, *Montipora digitata*, *Acropora digitifera*, *Acropora macrostoma* dan *Acropora palifera*. Dengan akurasi pemetaan secara keseluruhan mencapai 71%.
3. Peningkatan tutupan terumbu karang ini tidak lepas dari keberhasilan transplantasi terumbu karang Di Pulau Nusa Lembongan sendiri baik Di Desa Jungut Batu dan Desa Lembongan. kurang lebih selama 8 tahun kelompok nelayan setempat secara aktif ikut serta dalam pelestarian terumbu karang melalui program transplantasi terumbu karang di Pulau Nusa Lembongan.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar parameter oseanografi lain seperti kecerahan, kontur dasar laut dan lain-lain sebaiknya perlu ditambahkan.
2. Untuk hasil yang lebih akurat dengan ketepatan pemetaan yang lebih tinggi atau daerah penelitian yang luasannya lebih kecil, disarankan penelitian selanjutnya menggunakan citra dengan resolusi yang lebih tinggi dari Citra Landsat 7 ETM+.

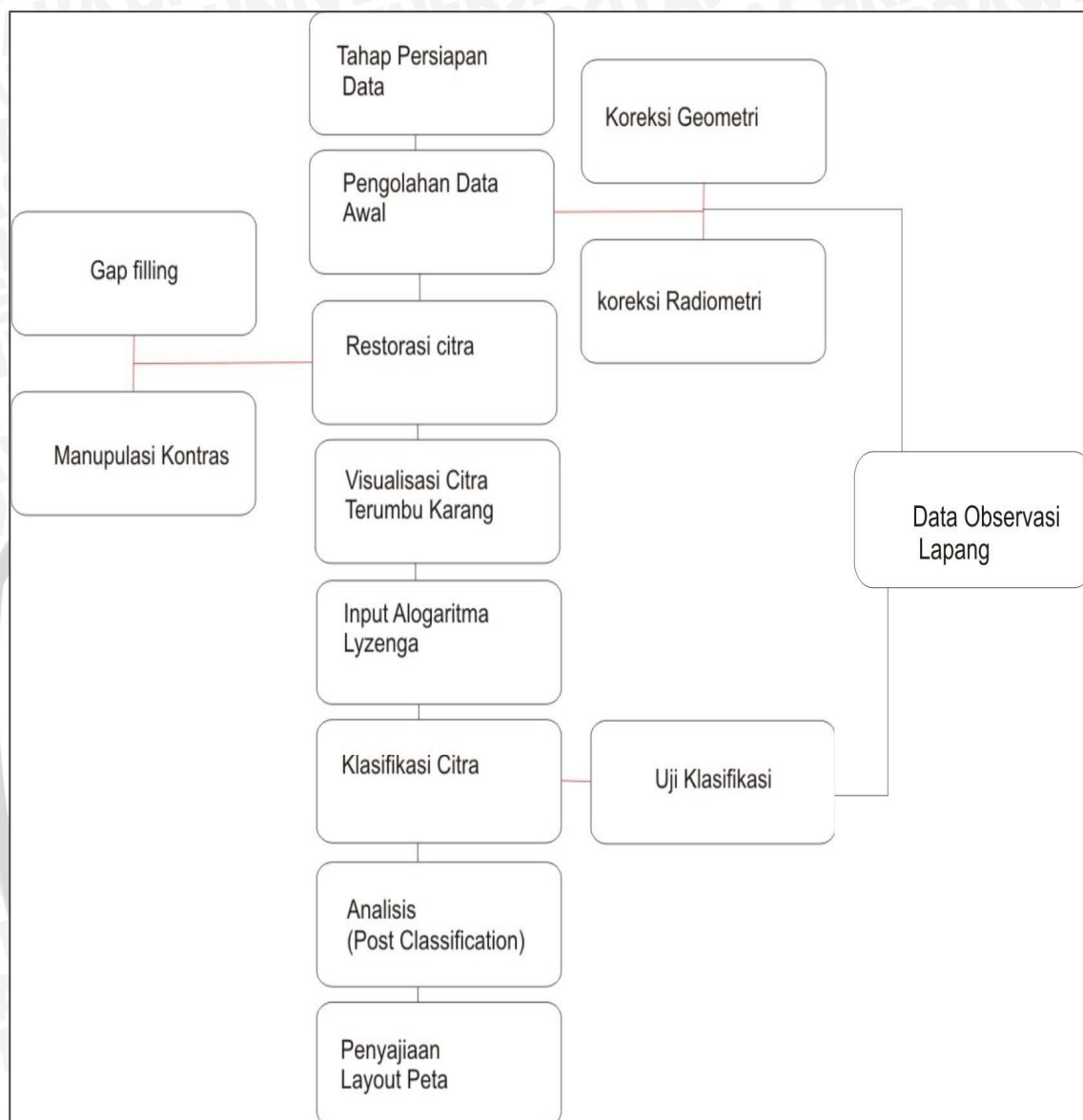


DAFTAR PUSTAKA

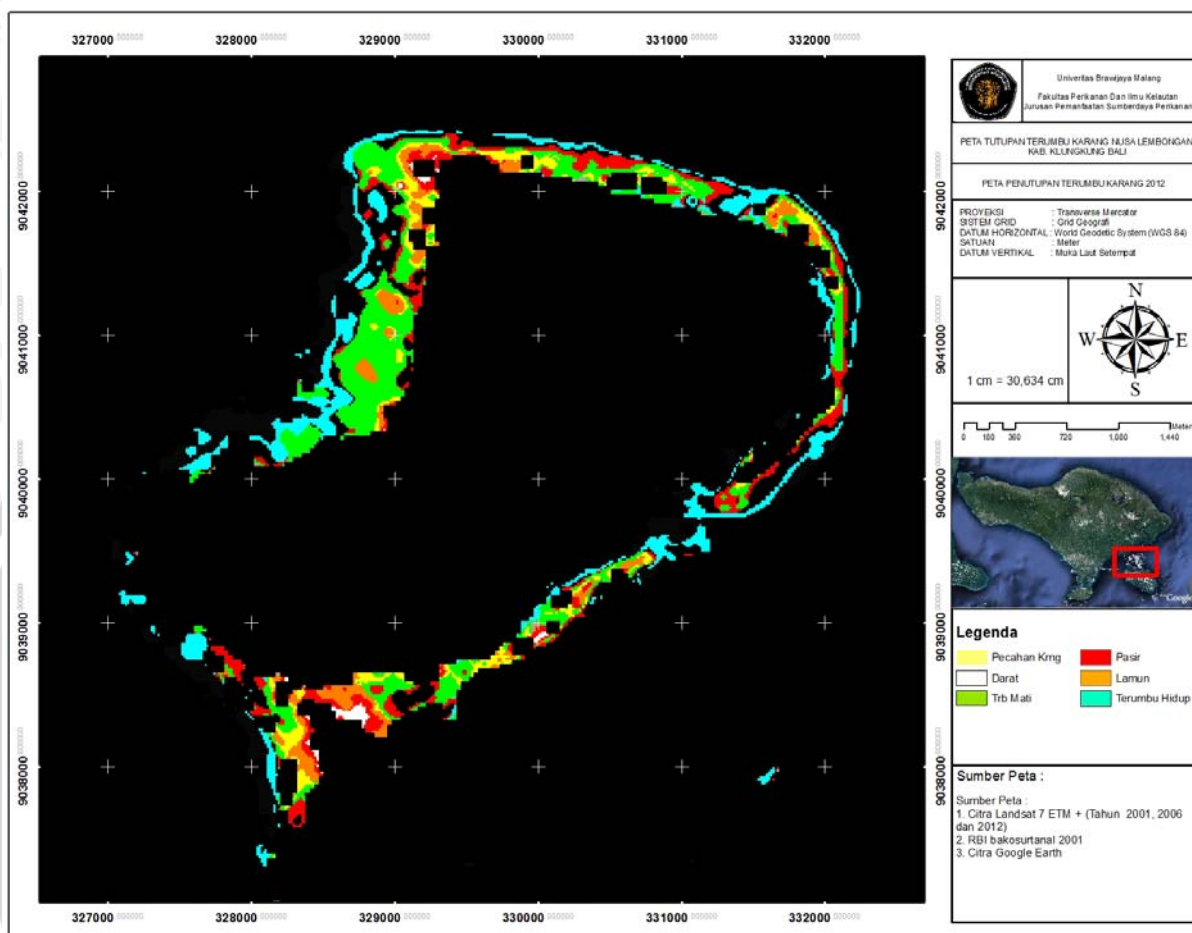
- Butler, M.J.A, MC Mouchof V. Barote a nd C. Le Blanc1988. *The Aplication Of Remote Sensing Technology Of marine Fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper no. 295. FAO.
- Bouchet, P. G. Falkner dan M. D. Seddon. 2002. *Magnitude of Marine Biodeversity of Marine*. Paris, French. Fondation BBVA. Hal 57
- Congalton, Russel g. and Kass Green. 2009. Assessing the accuracy of Remotely Sensed Data. New York. CRC Press.
- Coremap Fase II. 2006. *Pelatihan Ekologi Terumbu Karang. Makasar*. Yayasan Lanra Link Makasar.
- DPD Himpunan Nelayan Seluruh Indonesia (HNSI) Jawa Timur, *Peran dan tanggung jawab Nelayan dalam mencegah Illegal Fishing*, Seminar Nasional Upaya Pencegahan dan Penanggulangan Illegal Fishing dalam kaitannya dengan UU 31/2004 tentang Perikanan, Universitas Surabaya bekerjasama dengan DKP RI, 30 Agustus 2006.
- DKP-COREMAP,2004. Pedoman Umum Pengelolaan Terumbu Karang. Departemen Kelautan dan Perikanan-Coral Reef Rehabilitation and Management Program, Jakarta
- Erni Siska D. *Analisis Ekonomi Manfaat Ekosistem Terumbu Karang di Pulau Ternate Provinsi Maluku Utara*. 2006. Institut Pertanian Bogor.
- Hardiyanti, Sri. 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta. PT Gramedia widiasarana Indonesia.
- Jaya. I.N.S. 2002. *Penginderaan Jauh Satelit untuk Kehutanan*. Laboratorium Inventarisasi Hutan, Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB.
- Lillesand, T.M dan R. W. Kiefer. 1993. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra* : edisi Indonesia. John Wiley and Sons/Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Mastra, Nybakken, J.W..1992. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis Alih Bahasa*. Jakarta.Gramedia
- Manuputty,Anna E.W. 2008. *Profil Terumbu Karang Dengan Teknik Rapid Reef Resourse Inventorydi Pulau-Pulau Karimunjawa,Jawa Tengah*. LIPI. Jakarta. hlm 26.
- Nazir, Mohammad. 2005. *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia. Jakarta. Hlm 177-200.
- Nellis, M. duane, R. Lougey and K. Lulla.1999.*curent trends in remote sensing education*.hongkong. geocarto international center 5 hlm.

- Nag prithvish and M. kudrat, 1998. *Digital remote sensesing. newdelhi (india)*. Ashok kumar Mittal.
- Reditya, ika widi. 2001. *Analisa Integrasi Citra IFSAR dan Landsat Untuk Pembuatan Peta Geologi Daerah Takalar- Sapaya Propinsi Sulawesi Selatan*. surabaya.Institut Teknologi Sepuluh Nopember Kampus.
- Sudiono, G. 2008. *Analisis Pengelolaan Terumbu Karang pada Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD) Pulau Randayen dan Sekitarnya Kabupaten Bengkayan Provinsi Kalimantan Barat*. Universitas Diponogoro. Semarang
- Sulma S. 2000. *Aplikasi Penginderaan Jauh dalam Kajian Sebaran Karakteristik Dasar Perairan Ekosistem Terumbu Karang di Kepulauan Kangean, Jawa Timur*. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Sukmara Asep, Audrie J. Siahainenia, Christovel R. 2001. *Panduan Pemantauan Terumbu Karang Berbasis Masyarakat Dengan Metode Mata Tow*.Jakarta. PT Gramedia widiasarana Indonesia.
- Sukma , sayidah, 2000. *Aplikasi Penginderaan Jauh Dalam Kajian Sebaran Karakteristik Dasar Perairan Ekosistem Terumbu Karang Di Kepulauan Kangean Jawa Timur*. Bogor.Institut Pertanian Bogor.
- Sutanto. 1994. *Penginderaan Jauh* . Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Prahasta, Eddy. 2008. *Remote Sensing. Bandung*. Informatika Bandung.
- Prayundra,B. dan Petrus M. 2008. *Studi Baseline Terumbu Karang di lokasi Daerah Perlindungan Laut Kabupaten Pangkep*.LIPI.Jakarta. hlm 1.
- Priyono, J. 2007. *Algoritma Lyzenga*. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Prayuda, B dan D. Yuwono. 2010. *Study of Lyzenga Alogarithm Using Landsat7 ETM+ Images For Coral Reef Mapping Case Study In Southren Pangkajene Island, Indonesia*. Kualalumpur. Mapasia.
- Thoha, Ahmad S. 2008. *Karakteristik Citra Satelit*.Medan.Fakultas Pertanian Sumatera Utara. hlm. 1.
- Thomascik, T., A. J. Mah., A. Nontji., and M. K. Mossa, 1997. *The Ecology Of Indonesian Seas. Part one*. Periplus Editions, Singapore.
- Veron, J. E. N., 2000. *Coral of The World*. Vol 1. Australian institute of marine science and CRR Qld Pty Ltd, Townsville, Australia

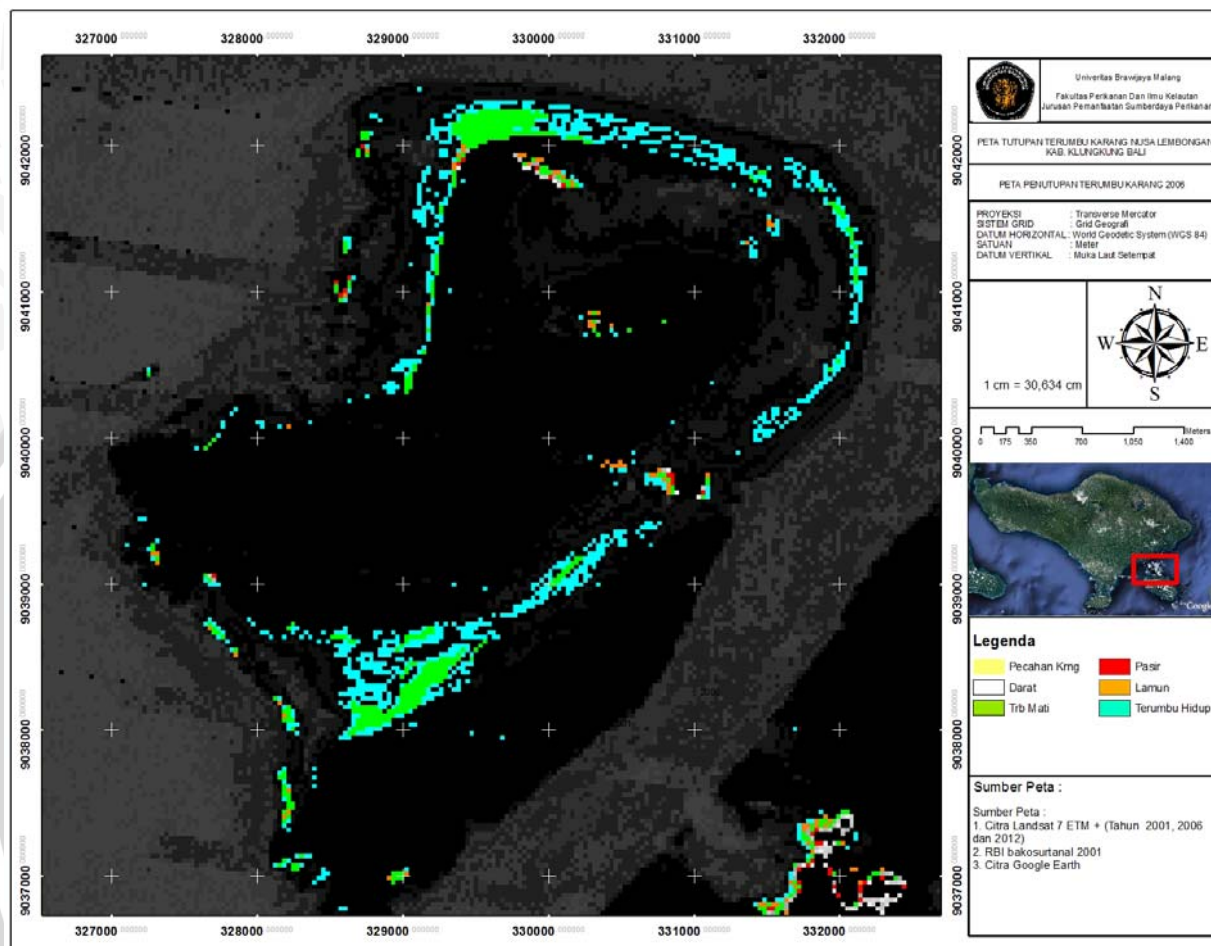
Lampiran 1. Alur proses penelitian



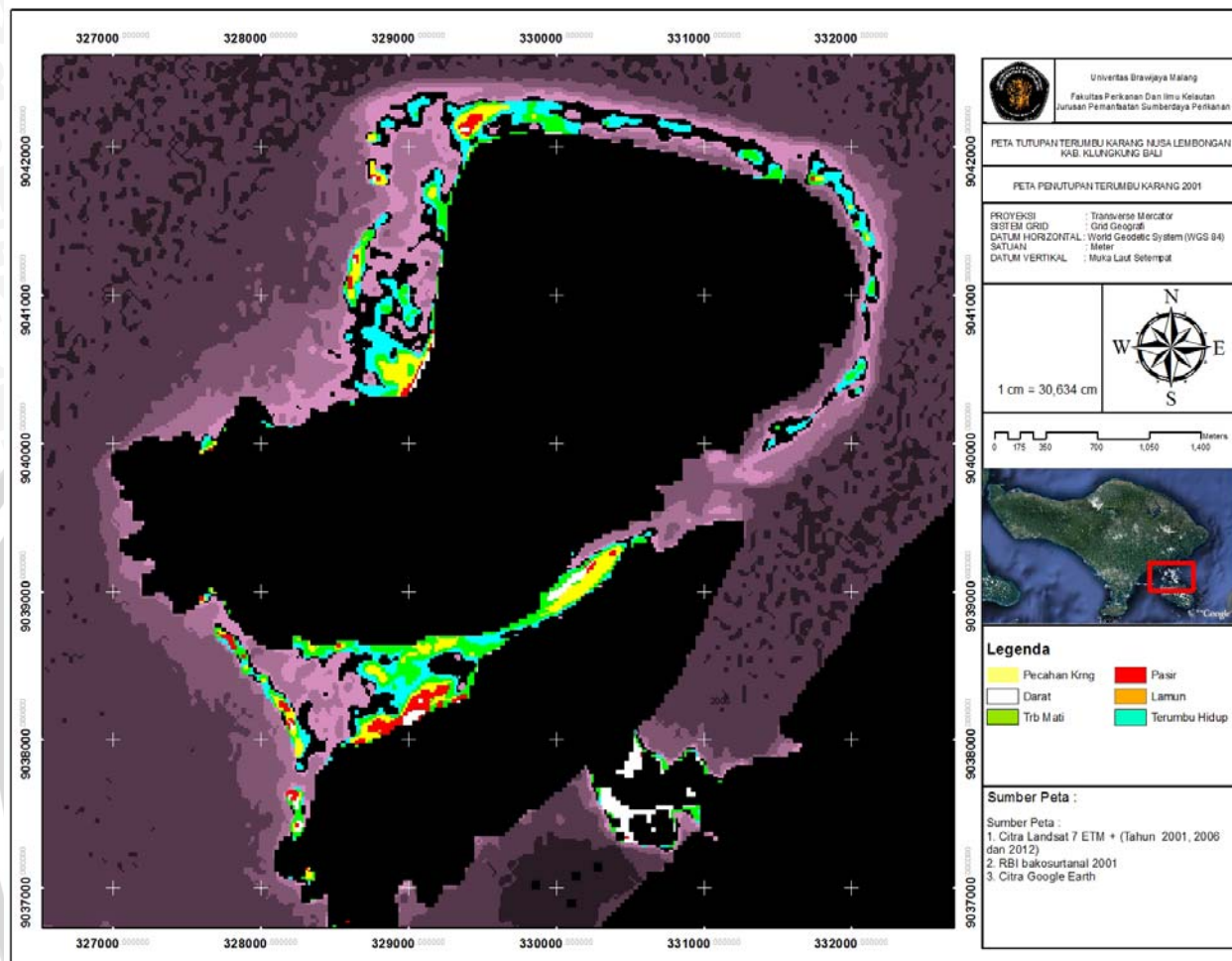
Lampiran.2 Peta Tutupan Terumbu Karang Tahun 2012



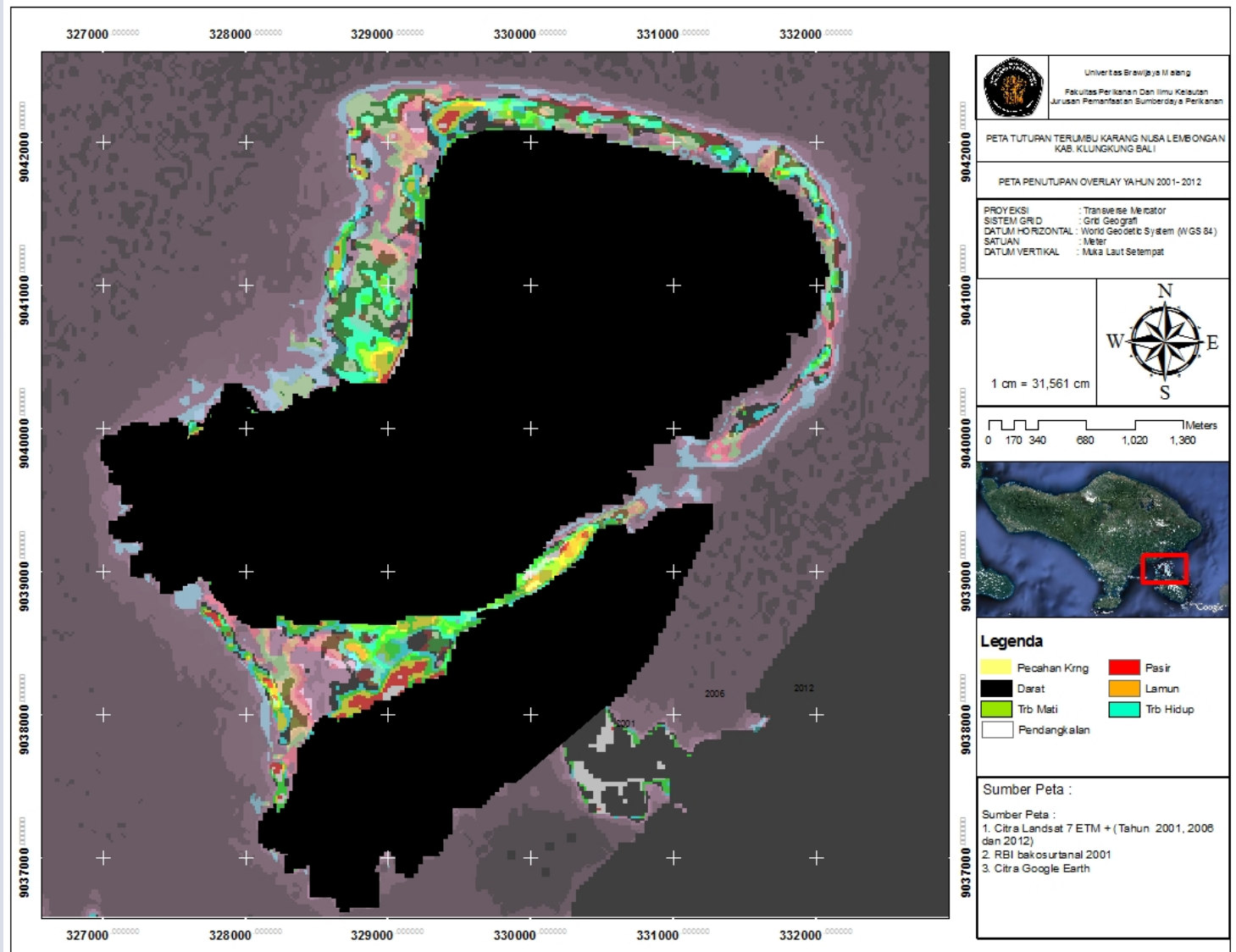
Lampiran 3. Peta Tutupan Terumbu Karang Tahun 2006



Lampiran 4. Peta Tutupan Terumbu Karang Tahun 2001



Lampiran 5. Peta Overlay Tutupan Terumbu Tahun 2001-2012



Lampiran 6. Surat Bimbingan Penelitian LAPAN Jakarta

83

FROM : PUSBANGJA LAPAN FAX NO. : 021-8722733 Oct. 12 2012 09:45AM P1

 **LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL
(LAPAN)**
DEPUTI BIDANG PENGINDERAAN JAUH
Jl. LAPAN No. 70 Pekayon Pk. Rengas Jakarta 13710 Telp. 8710786 8722733 Faks. 8722733

Nomor : 177 /10/2012/Pusfatja
Sifat : Biasa
Lampiran : -
Perihal : Izin Penelitian dan Skripsi

14 Oktober 2012

Yth. Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya

Menjawab surat Saudara nomor: 2236/UN10.8/AK/2012 tertanggal 07 September 2012, perihal tersebut di atas untuk mahasiswa Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan:

Nama : Rendi Luthfi Rahman
NIM : 0810820018
Judul Penelitian : Stud. Perbandingan Penutupan Terumbu Karang Tahun 2006 dan 2011 Berdasarkan Citra Satelit Landsat 5 TM, dengan daerah penelitian: Perairan Pulau Bawean Kabupaten Gresik Jawa Timur

Pada prinsipnya kami dapat menerima mahasiswa tersebut untuk melakukan penelitian dan pengumpulan data skripsi di instansi kami. Selanjutnya yang bersangkutan dapat menghubungi Teguh Prayogo, S.T.M.Si. Pelaksana Tugas Harian Bidang Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Laut di nomor telepon 021-8710786 ext. 35.

Demikian, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.


Kepala Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh
Teguh Prayogo, M.Sc
NIP. 19500620 198603 1 005
DEPUTI

Tembusan:
1. Deputi Inderaja
2. Kabid SDWPL

2012

Lampiran 6. Surat Tanda Melakukan Penelitian di Pulau Nusa Lembongan Bali



PEMERINTAH KABUPATEN KLUNGKUNG
KECAMATAN NUSA PENIDA
DESA JUNGUTBATU
TELPON (0366) 5596375

SURAT KETERANGAN
Nomor : 184 / SK / JBT / III / 2013

Yang bertanda tangan dibawah ini, perbekel Desa Jungutbatu, Kecamatan Nusa Penida , Kabupaten Klungkung, menerangkan bahwa :

Nama / NIM	: Rendy Luthfi Rahman / 0810820018
Program Studi	: Pemanfaatan Sumber Daya Perikanan
Judul Penelitian	: Studi Perbandingan Penutupan Terumbu Karang Tahun 2001, 2006 dan 2012 Berdasarkan Citra Satelit Landsat 7 ETM+

Membenarkan Mahasiswa yang tersebut diatas melakukan Penelitian di Perairan Pulau Nusa Lembongan, Tepatnya di Desa Jungutbatu, Kecamatan Nusa Penida, Kabupaten Klungkung.

Demikian surat keterangan ini kami buat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jungutbatu, 01 Maret 2013
Perbekel Desa Jungutbatu,



WAYAN VASTIKA, S.Sos



Lampiran 8. Dokumentasi Kegiatan Penelitian



Aktifitas pengumpulan data untuk ketepatan pemetaan



Kondisi dasar Perairan Pulau Nusa Lembongan



Pendangkalan yang terjadi di ujung utara pulau



Transplatasi terumbu karang dibagian barat Pulau Nusa Lembongan



Transplatasi terumbu karang dibagian utara Pulau Nusa Lembongan



Bersama penduduk sekitar ketika pengambilan data



Kantor desa (Banjar) Jungut batu



Kegiatan budidaya penduduk sekitar

Algoritma Koreksi Radiometrik

Citra Landsat ETM+ 2001

Radiance

$$L_n = ((LMAX_n - LMIN_n) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCAL - QCALMIN) + LMIN_n$$

$$= ((191.6 - (-6.2)) / (255 - 1)) * (i1 - 1) + (-6.2) \text{ Band 1}$$

$$= ((196.5 - (-6.4)) / (255 - 1)) * (i1 - 1) + (-6.4) \text{ Band 2}$$

$$= ((152.9 - (-5)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-5) \text{ band 3}$$

$$= ((241.1 - (-5.1)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-5.1) \text{ band 4}$$

$$= ((31.060 - (-1)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-1) \text{ band 5}$$

$$= ((10.8 - (-0.35)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-0.35) \text{ band 7}$$

$$= ((243 - (-4.7)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-4.7) \text{ band 8}$$

Tanggal ACQUISITION_DATE = 2001-05-18 = 138 julian day → jarak (kuadrat) 1.0109
SUN_AZIMUTH = 45.9193918

SUN_ELEVATION = 49.2647572

Reflectance (22 Juni 2001)

$$\rho_s = ((\pi * L_n * d^2) / (ESUN_n * \cos(\theta_s)))$$

$$= (3.14152 * (((191.6 - (-6.2)) / (255 - 1)) * (i1 - 1) + (-6.2)) * 1.0161938) / (1969.000 * 0.65256) \text{ Band 1}$$

$$= (3.14152 * (((196.5 - (-6.4)) / (255 - 1)) * (i1 - 1) + (-6.4)) * 1.0161938) / (1840.000 * 0.65256) \text{ Band 2}$$

$$= (3.14152 * (((152.9 - (-5)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-5)) * 1.0161938) / (1551.000 * 0.65256) \text{ Band 3}$$

$$= (3.14152 * (((241.1 - (-5.1)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-5.1)) * 1.0161938) / (1044.000 * 0.65256) \text{ Band 4}$$

$$= (3.14152 * (((31.060 - (-1)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-1)) * 1.0161938) / (225.700 * 0.65256) \text{ Band 5}$$

$$= (3.14152 * (((10.8 - (-0.35)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-0.35)) * 1.0161938) / (82.07 * 0.65256) \text{ Band 7}$$

$$= (3.14152 * ((243 - (-4.7)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-4.7)) * 1.0161938) / (1368.000 * 0.65256) \text{ Band 8}$$

Lampiran 10. Perhitungan koreksi radio metrik citra tahun 2006 Landsat 7 ETM+

Algoritma Koreksi Radiometrik

Citra Landsat ETM+ 2006

Radiance

$$L_n = ((LMAX_n - LMIN_n) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCAL - QCALMIN) + LMIN_n$$

$$= ((191.6 - (-6.2)) / (255 - 1)) * (i1 - 1) + (-6.2) \text{ Band 1}$$

$$= ((196.5 - (-6.4)) / (255 - 1)) * (i1 - 1) + (-6.4) \text{ Band 2}$$

$$= ((152.9 - (-5)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-5) \text{ band 3}$$

$$= ((241.1 - (-5.1)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-5.1) \text{ band 4}$$

$$= ((31.060 - (-1)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-1) \text{ band 5}$$

$$= ((10.8 - (-0.35)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-0.35) \text{ band 7}$$

$$= ((243 - (-4.7)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-4.7) \text{ band 8}$$

$$ACQUISITION_DATE = 2012-03-29 \rightarrow 83 \text{ julian day} \rightarrow \text{jarak (kuadrat)} 0.9945$$

$$SUN_AZIMUTH = 69.6740280$$

$$SUN_ELEVATION = 56.9218813$$

$$= (3.14152 * (((191.6 - (-6.2)) / (255 - 1)) * (i1 - 1) + (-6.2)) * 0.9945) / (1969.000 * 0.5456357) \text{ Band 1}$$

$$= (3.14152 * (((196.5 - (-6.4)) / (255 - 1)) * (i1 - 1) + (-6.4)) * 0.9945) / (1840.000 * 0.5456357) \text{ Band 2}$$

$$= (3.14152 * (((152.9 - (-5)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-5)) * 0.9945) / (1551.000 * 0.5456357) \text{ Band 3}$$

$$= (3.14152 * (((241.1 - (-5.1)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-5.1)) * 0.9945) / (1044.000 * 0.5456357) \text{ Band 4}$$

$$= (3.14152 * (((31.060 - (-1)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-1)) * 0.9945) / (225.700 * 0.5456357) \text{ Band 5}$$

$$= (3.14152 * (((10.8 - (-0.35)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-0.35)) * 0.9945) / (82.07 * 0.5456357) \text{ Band 7}$$

$$= (3.14152 * ((243 - (-4.7)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-4.7)) * 0.9945) / (1368.000 * 0.5456357) \text{ Band 8}$$

Lampiran 11. Perhitungan koreksi radio metrik citra tahun 2012 Landsat 7 ETM+**Algoritma Koreksi Radiometrik****Citra Landsat ETM+ 2012**

Radiance

$$L_n = ((LMAX_n - LMIN_n) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCAL - QCALMIN) + LMIN_n$$

$$= ((191.6 - (-6.2)) / (255 - 1)) * (i1 - 1) + (-6.2) \text{ Band 1}$$

$$= ((196.5 - (-6.4)) / (255 - 1)) * (i1 - 1) + (-6.4) \text{ Band 2}$$

$$= ((152.9 - (-5)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-5) \text{ band 3}$$

$$= ((241.1 - (-5.1)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-5.1) \text{ band 4}$$

$$= ((31.060 - (-1)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-1) \text{ band 5}$$

$$= ((10.8 - (-0.35)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-0.35) \text{ band 7}$$

$$= ((243 - (-4.7)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-4.7) \text{ band 8}$$

$$ACQUISITION_DATE = 2012-03-29 = 83 \text{ julian day} \rightarrow \text{jarak (kuadrat)} 0.9945$$

$$SUN_AZIMUTH = 69.6740280$$

$$SUN_ELEVATION = 56.9318813$$

$$= (3.14152 * (((191.6 - (-6.2)) / (255 - 1)) * (i1 - 1) + (-6.2)) * 0.9945) / (1969.000 * 0.5456357) \text{ Band 1}$$

$$= (3.14152 * (((196.5 - (-6.4)) / (255 - 1)) * (i1 - 1) + (-6.4)) * 0.9945) / (1840.000 * 0.5456357) \text{ Band 2}$$

$$= (3.14152 * (((152.9 - (-5)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-5)) * 0.9945) / (1551.000 * 0.5456357) \text{ Band 3}$$

$$= (3.14152 * (((241.1 - (-5.1)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-5.1)) * 0.9945) / (1044.000 * 0.5456357) \text{ Band 4}$$

$$= (3.14152 * (((31.060 - (-1)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-1)) * 0.9945) / (225.700 * 0.5456357) \text{ Band 5}$$

$$= (3.14152 * (((10.8 - (-0.35)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-0.35)) * 0.9945) / (82.07 * 0.5456357) \text{ Band 7}$$

$$= (3.14152 * ((243 - (-4.7)) / (225 - 1)) * (i1 - 1) + (-4.7)) * 0.9945) / (1368.000 * 0.5456357) \text{ Band 8}$$

Lampiran 12. Jenis terumbu karang yang ditemukan di Pulau Nusa Lembongan

Acropora latistella



Acropora macrostoma



Montipora digitata



Acropora digitifera



Acropora macrostoma



Acropora palifera

