

**ANALISA LUASAN TERUMBU KARANG
DI PERAIRAN PULAU TEGAL LAMPUNG DENGAN TEKNOLOGI
PENGINDERAAN JAUH**

(Skripsi)

Oleh

FARIS MUHTAR



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRAK

ANALISA LUASAN TERUMBU KARANG DI PERAIRAN PULAU TEGAL LAMPUNG DENGAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH

Oleh

FARIS MUHTAR

Pulau Tegal secara administratif masuk ke dalam Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung yang terletak di Teluk Lampung memiliki potensi sumber daya laut terumbu karang yang cukup besar. Menurut Hartoni (2011) kondisi terumbu karang di Pulau Tegal mengalami kerusakan dan dikategorikan kondisi sedang dengan rata-rata tutupan karang sebesar 49,87%. Kerusakan terumbu karang berdampak terhadap berkurangnya habitat terumbu karang, sehingga perlu dilakukan monitoring. Monitoring dilakukan dengan analisis luasan dan perubahannya dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh untuk pemetaan kondisi eksistingnya. Monitoring dilakukan sebagai data pendukung awal untuk penentuan kebijakan konservasi habitat terumbu karang.

Penelitian ini dilakukan dari bulan April sampai bulan Juni 2018. Data yang digunakan yaitu citra landsat pada tahun 1998, tahun 2008, tahun 2015 dan tahun 2018. Pengolahan citra digital dilakukan mulai dari koreksi citra, perhitungan algoritma lyzenga, interpretasi citra dan validasi lapangan, serta dilakukan uji akurasi habitat terumbu karang menggunakan matriks konfusi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perubahan dan pengurangan luasan terumbu karang dari tahun 1998 – 2018. Kelas terumbu karang mengalami pengurangan luasan seluas 11,22 ha. Kelas terumbu karang yang berubah menjadi kelas pasir seluas 9,13 ha atau sebesar 29,49% dan lamun seluas 4,38 ha atau sebesar 14,15%. Kelas pasir yang berubah menjadi terumbu karang seluas 2,08 ha atau sebesar 13,52% dan kelas lamun yang berubah menjadi terumbu karang seluas 0,21 ha atau sebesar 0,25%. Perubahan yang paling besar yaitu perubahan terumbu karang menjadi pasir seluas 9,13 ha atau sebesar 29,49%, sedangkan perubahan paling kecil yaitu perubahan lamun menjadi terumbu karang seluas 0,21 ha atau sebesar 0,25%. Pada kelas lainnya perubahan luasan paling besar yaitu perubahan lamun menjadi pasir seluas 5,76 ha atau sebesar 6,96%, sedangkan perubahan paling kecil yaitu perubahan pasir menjadi lamun seluas 2,67 ha atau sebesar 17,35%.

Kata kunci : Terumbu karang, Algoritma Lyzenga, Citra Landsat

ABSTRACT

CORAL REEF ANALYSIS IN TEGAL LAMPUNG ISLAND USING REMOTE SENSING TECHNOLOGY

by

FARIS MUHTAR

Tegal island administratively considered in Pesawaran Districts Lampung Province which located at Lampung Bay that had a quiet potential coral reef sea resource. According to Hartoni (2011) coral reef sea in Tegal Island experience a devastating damage with cover reef range around 49,87%. Coral reef damaged has impact to decreasing coral reef habitat, therefore it needs monitoring. Monitoring can be done by wide range analysis and changes with using remote sensing technology for mapping. The purpose of monitoring is to get supporting data for determine policy of coral reef conservation habitat.

This research has begun since April until June 2018. The Data that being used is from landsat image on 1998, 2008, 2015 and 2018. Digital image processing is begin from image correction, lyzenga algorithm calculation, image interpretation, field validation and also coral reef habitat accuration test using confusion matrix.

The result shows that there is some changes and decreasing coral reef habitat from 1998 – 2018. Coral reef class that experiencing reduction area is as wide as 11,22 ha. Coral reef class that turn into sands class is as wide as 9,13 ha or as big as 29,49% and seagrass as wide as 4,38 ha or as big as 14,15%. Sands class that turn into coral reef as wide as 2,08 ha or as big as 13,52% and seagrass class that turn into coral reef as wide as 0,21 ha or as big as 0,25%. The biggest changes that happened is that coral reef turn into sands as wide as 9,13 ha or as big as 29,49%, on the other hand smallest changes is that seagrass turn into coral reef as wide as 0,21 ha or as big as 0,25%. For the other class the biggest changes is that seagrass turn into sands as wide as 5,76 ha or as big as 6,96%, on the other hand the smallest changes is that sands turn into seagrass as wide as 2,67 ha or as big as 17,35%.

Key word : Coral Reef, Lyzenga Algorithm, Landsat Image

**ANALISA LUASAN TERUMBU KARANG
DI PERAIRAN PULAU TEGAL LAMPUNG DENGAN TEKNOLOGI
PENGINDERAAN JAUH**

Oleh

FARIS MUHTAR

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Program Studi Teknik Geodesi
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **ANALISA LUASAN TERUMBU KARANG DI PERAIRAN PULAU TEGAL LAMPUNG DENGAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH**

Nama Mahasiswa : **Faris Muhtar**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1415013009

Program Studi : Teknik Geodesi

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Annijon, S.T., M.T.
NIP. 19730410 200801 1 008

Pembimbing II

Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.
NIP. 19641012 199203 1 002

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 19700915 199503 1 006

Ketua Program Studi
Teknik Geodesi

Ir. Setyanto, M.T.
NIP. 19550830 198403 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

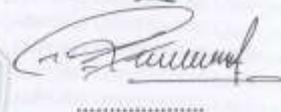
Ketua : Armijon, S.T., M.T.



Sekretaris : Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Romi Fadly, S.T., M.Eng.**



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Prof. Drs. Suharno, B.Sc., M.S., M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 196703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 23 Mei 2019

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul "Analisa Luasan Terumbu Karang di Perairan Pulau Tegal Lampung dengan Teknologi Penginderaan Jauh" adalah karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Juni 2019



Faris Muhtar

Persembahan

Alhamdulillahirabbil'alamiin

Kupersembahkan karyaku

Kepada Papa, dan Mama tercinta

Terima kasih Atas segala usaha, kasih sayang, do'a, dan kesabaran

yang selalu kalian berikan kepadaku

Kepada Keluargaku tersayang

Soleh, Yuni, Aldy yang selalu mendukung dan memberikan

semangatnya kepadaku

Kepada Sahabat Fitra. Pasek, Wayan, Hendri, Lucky,

Panji, Raka, Dovan, Lukman, Yudi, Anggara, Patu, Riky,

Wahyudi, Yosep, Jepri. Nadian, Dixie, Widly, Oca, Tania, Serta

Teman-teman Angkatan 2014

Terima kasih atas dukungan, perhatian, dan bantuan yang

kalian berikan selama ini

إِن لَّا رَحِيمٌ
أَهْلًا لَّا رَحْمَةٌ
بِسْمِ

وَتُحِبُّ لِعَفْوٍ وَافِعٍ عَنِّي
لَلَّاهُ مَكْنِي عَفْوٍ

*“Ya Allah, sesungguhnya Engkau Maha Pemaaf dan senang
memafkan, maka maafkanlah kesalahanku.”*

أَمْ يَرِأَوْ حُلُّ لُحْمٍ دَقَّ دَمٍ لِي إِسْنِ
أَهْلًا لَّا رَحْمَةٌ قَشُ حِلِّ صَدِيرٍ وَيَسِّ لِي
وَلِي لَفْرِي بَقِ

*“Ya Rabbku, lapangkanlah untukku dadaku, dan mudahkanlah
untukku urusanku, dan lepaskanlah kekakuan dari lidahku,
supaya mereka mengerti perkataanku”
(QS. Thoha: 25-28)*

مُ يَقِي مَ لَصَّ لَأَةِ نَمَوٍ يَرِّ ذُنِّ بَرِّ إِنْ تَوَقَّ بَلُّ دُعَا
رَبِّ أَجْلَعِ نِ

*“Ya Robbku, jadikanlah aku dan anak cucuku orang yg tetap
melaksanakan sholat, Ya Robb kami, perkenankanlah doaku”
(QS. Ibrahim: 40)*

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta, pada tanggal 17 April 1996, sebagai anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Sunardi, dan Ibu Sumiarsih.

Pendidikan pertama diselesaikan di Taman Kanak-kanak Ar Rahmah pada tahun 2001-2002. Kemudian dilanjutkan Sekolah Dasar pada tahun 2002-2008 di SDN 2 Jatinegara Jakarta. Pada tahun 2008-2011 melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 90 Jakarta. Setelah lulus pada tahun 2011-2014 pendidikan dilanjutkan ke jenjang Sekolah Menengah Atas di SMA N 59 Jakarta.

Pada tahun 2014, Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Ilmu Ukur Tanah I Tahun Ajaran 2015/2016, Ilmu Ukur Tanah II Tahun Ajaran 2016/2017, Survey Rekayasa Sipil I 2016/2017, dan aktif dalam organisasi FOSSI Fakultas Teknik dan HIMAGES Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa penulis juga pernah mengikuti lomba berskala nasional yaitu Lomba Paper Nasional tahun 2018.

Pada tahun 2017, penulis melakukan Kerja Praktek di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, serta melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sukorejo, Kecamatan Pardasuka, Kabupaten Pringsewu selama 40 hari pada periode Januari-Februari 2018.

Penulis mengambil skripsi dengan judul Analisa Luasan Terumbu Karang di Perairan Pulau Tegal Lampung.

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah swt. karena atas rahmat, karunia, dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisa Luasan Terumbu Karang di Perairan Pulau Tegal Lampung dengan Teknologi Penginderaan Jauh “ sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Geodesi di Universitas Lampung. Pada penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan, dukungan, bimbingan, dan pengarahan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Setyanto, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Armijon, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kesatu yang telah memberikan bimbingan, saran dan nasihat dalam penulisan.
5. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T. selaku dosen pembimbing kedua yang telah membantu, membimbing dan mengarahkan penulis, serta memberikan motivasi, saran dan nasihat kepada penulis

6. Bapak Romy Fadly, S.T., M.Eng. selaku penguji utama pada ujian skripsi. Terima kasih untuk masukan dan saran-saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
 7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Geodesi yang telah membimbing dan memberikan ilmu yang bermanfaat.
 8. Ibu Dr. Ety Parwaty yang telah memberikan masukan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi
 9. Kedua orang tuaku Bapak Sunardi dan Ibu Sumiarsih yang menjadi pengisi semangatku. Terima kasih atas jasa-jasanya, kesabaran, do'a, yang tidak pernah lelah dalam mendidik dan memberikan cinta yang tulus dan ikhlas kepada penulis semenjak kecil.
 10. Kakak, adik, dan keluarga besar saya yang selalu memberikan dukungan serta do'a untuk kesuksesan saya dalam menyelesaikan perkuliahan di Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
 11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu yang telah memberikan bantuan, saran, dan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini.
- Semoga Allah SWT selalu memberikan balasan yang lebih besar untuk Bapak, Ibu dan rekan-rekan semua. Hanya ucapan terima kasih dan doa yang bisa penulis berikan. Penulis berharap tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca khususnya rekan-rekan mahasiswa dan mahasiswa Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Bandar Lampung, Juni 2019

Faris Muhtar

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Maksud, Tujuan, dan Manfaat	4
1.2.1 Maksud.....	4
1.2.2 Tujuan	5
1.2.3 Manfaat	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Kerangka Pemikiran.....	6
1.4.4 Kerangka Penelitan	6
1.4.5 Kerangka Penulisan.....	7
1.5 Hipotesis	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Pulau Tegal	9
2.2 Kondisi Terumbu Karang di Pulau Tegal	10
2.3 Terumbu Karang	12
2.4 Persebaran Terumbu Karang.....	13
2.5 Pengertian Perairan Laut Dangkal	14
2.6 Penginderaan Jauh	15
2.7 Pengolahan Citra.....	21
2.7.1 Perbaikan Kualitas Citra (<i>Image Enhancement</i>).....	22
2.7.2 Koreksi Citra.....	25
2.7.3 Kalibrasi Radiometrik	28

2.7.4 Algoritma <i>Lyzenga</i>	30
2.8 Metode Pengujian	34
2.9 Penelitian Terdahulu	40
III. METODOLOGI	42
3.1 Identifikasi Masalah	43
3.2 Persiapan	44
3.3 Pengumpulan Data	45
3.4 Pengolahan Data Citra	46
3.4.1 <i>Image Enhancement</i>	48
3.4.2 Koreksi Atmosfer	49
3.4.3 <i>Cropping</i>	49
3.4.4 Koreksi Geometrik	50
3.4.5 <i>Masking</i> Citra	51
3.4.6 Transformasi <i>Lyzenga</i>	52
3.4.7 Klasifikasi <i>Unsupervised</i>	55
3.5 Uji Akurasi	56
3.6 Metode Analisis Data	63
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	65
4.1 Hasil Koreksi Atmosfer	65
4.2 Hasil Transformasi <i>Lyzenga</i>	69
4.3 Klasifikasi <i>Unsupervised</i>	73
4.4 Luasan Terumbu Karang	76
4.5 Perubahan Luasan Terumbu Karang	80
4.6 Hasil Uji Akurasi	94
4.6.1 Pemilihan Sampel Data Lapangan	94
4.6.2 Matriks Konfusi	96
4.7 Analisis Proses	98
4.8 Analisis Hasil	101
V. SIMPULAN DAN SARAN	108
5.1 Simpulan	108
5.2 Saran	110
DAFTAR PUSTAKA	111

LAMPIRAN.....116

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Peta orientasi Pulau Tegal	10
Gambar 3. Titik stasiun pengamatan di perairan Pulau Tegal tahun 2011	11
Gambar 4. Komponen teknologi penginderaan jauh.....	16
Gambar 5. Diagram alir tahap penelitian	42
Gambar 6. Pulau Tegal.....	44
Gambar 7. Diagram alir tahap pengolahan	47
Gambar 8. Nilai RMS GCP georeferencing.....	51
Gambar 9. Mask band 4 dan band 3.....	52
Gambar 10. Hasil masking.....	52
Gambar 11. Data ROI menandai wilayah pasir	53
Gambar 12. Nilai ROI.....	53
Gambar 13. Nilai atenuasi varian kovarian dan koefisien atenuasi	54
Gambar 14. Variable to bands pairing	54
Gambar 15. Hasil penggabungan band 1 dan 2 pada landsat 5.....	55
Gambar 16. Hasil klasifikasi	56
Gambar 17. Sebelum (a) dan sesudah (b) koreksi atmosfer citra tahun 1998.....	66
Gambar 18. Sebelum (a) dan sesudah (b) koreksi atmosfer citra tahun 2008.....	66
Gambar 19. Sebelum (a) dan sesudah (b) koreksi atmosfer citra tahun 2015.....	67
Gambar 20. Sebelum (a) dan sesudah (b) koreksi atmosfer citra tahun 2018.....	68
Gambar 21. Hasil pengolahan lyzenga citra 1998 (kiri atas), citra2008 (kanan atas), citra 2015 (kiri bawah), dan citra 2018 (kanan bawah).....	69
Gambar 22. Pembagian warna pada kelas.....	74
Gambar 23. Hasil klasifikasi citra tahun 1998	74
Gambar 24. Hasil klasifikasi citra tahun 2008	75
Gambar 25. Hasil klasifikasi citra tahun 2015	75
Gambar 26. Hasil klasifikasi citra tahun 2018.....	75
Gambar 27. Grafik perubahan luasan kelas tahun 1998-2018.....	76
Gambar 28. Grafik trend perubahan luasan kelas tahun 1998-2018.....	77
Gambar 29. Grafik trend perubahan luasan kelas terumbu karang tahun 1998-2018	77
Gambar 30. Grafik trend perubahan luasan kelas pasir tahun 1998-2018.....	78
Gambar 31. Grafik trend perubahan luasan kelas lamun tahun 1998-2018.....	79
Gambar 32. Perbedaan nilai SST pada tahun 2015 dan 2016.....	86
Gambar 33. Contoh nilai SST tahun 2017	87

Gambar 34. Tinggi gelombang	88
Gambar 35. Sirkulasi arus bulan Juni dan Juli	90
Gambar 36. Patahan karang akibat aktivitas pengeboman.....	91
Gambar 37. Penambangan karang untuk bahan bangunan	92
Gambar 38. Aktifitas sandar kapal nelayan	93
Gambar 39. Kegiatan wisata dan budidaya laut.....	93
Gambar 40. Pembagian wilayah citra 1998 (kiri atas), citra 2008 (kanan atas), citra 2015 (kiri bawah), dan citra 2018 (kanan bawah)	101
Gambar 41. Zona 1 hasil pengolahan 1998 (kiri) dan hasil 2008 (kanan)	102
Gambar 42. Zona 1 hasil pengolahan 2015 (kiri) dan hasil 2018 (kanan)	102
Gambar 43. Zona 2 hasil pengolahan 1998 (kiri) dan hasil 2008 (kanan)	103
Gambar 44. Zona 2 hasil pengolahan 2015 (kiri) dan hasil 2018 (kanan)	103
Gambar 45. Zona 3 hasil pengolahan 1998 (kiri) dan hasil 2008 (kanan)	104
Gambar 46. Zona 3 hasil pengolahan 2015 (kiri) dan hasil 2018 (kanan)	105
Gambar 47. Zona 4 hasil pengolahan 1998 (kiri) dan hasil 2008 (kanan)	106
Gambar 48. Zona 4 hasil pengolahan 2015 (kiri) dan hasil 2018 (kanan).	106

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Saluran Landsat 5.....	17
Tabel 2. Saluran Landsat 8.....	18
Tabel 3. Kegunaan saluran Landsat 8	19
Tabel 4. <i>Confusion matrix</i>	36
Tabel 5. <i>Multiclass confusion matrix</i>	37
Tabel 6. Matriks uji ketelitian atribut.....	39
Tabel 7. Hasil validasi lapangan	57
Tabel 8. Nilai varians kanal	70
Tabel 9. Nilai kovarians, A dan K_i/K_j citra landsat kanal hijau dan merah	71
Tabel 10. Perhitungan perbedaan luasan kelas tahun 1998 – 2018.....	76
Tabel 11. Tabel perubahan luasan kelas dari tahun 1998-2008.....	80
Tabel 12. Tabel perubahan luasan kelas dari tahun 2008-2015.....	81
Tabel 13. Tabel perubahan luasan kelas dari tahun 2015-2018.....	83
Tabel 14. Tabel perubahan luasan kelas dari tahun 1998-2018.....	84
Tabel 15. Kesesuaian data lapangan dengan klasifikasi citra 2018	95
Tabel 16. Tabel matrix confusion kolom air <i>Lyzenga</i> tahun 2018 menggunakan verifikasi data lapangan.....	96

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Terumbu karang merupakan salah satu potensi sumber daya laut di Indonesia yang sangat besar. Hal ini disebabkan ekosistem terumbu karang paling produktif dalam mendukung kehidupan masyarakat setempat khususnya nelayan. Jika terumbu karang dijaga secara optimal, maka potensi ikan akan menjadi sumber pendapatan nelayan setempat. Namun beberapa dekade terakhir, kondisi terumbu karang yang dimiliki oleh Indonesia saat ini 37,18 persen dalam kondisi kurang baik, 27,14 persen dalam kondisi baik, dan 2,59 persen dalam kondisi sangat baik (Suharsono, 1998).

Kerusakan terumbu karang di Indonesia lebih banyak disebabkan oleh berbagai kegiatan manusia dalam pemanfaatan sumber daya lautnya. Penangkapan ikan dengan cara pengeboman dan penggunaan racun sianida, penambangan karang batu, kegiatan selam bawah air, penambatan perahu dengan alat jangkar, pencemaran air oleh limpasan minyak dari kapal dan perahu, serta konversi hutan mangrove menjadi lahan pertambakan merupakan bentuk-bentuk kegiatan yang selama ini berdampak terhadap rusaknya terumbu karang (Yusuf, 2013). Provinsi Lampung menjadi salah satu wilayah yang tidak luput dari kerusakan

terumbu karang. Salah satu yang perlu diperhatikan yaitu Pulau Tegal yang merupakan pusat destinasi wisata Provinsi Lampung.

Kawasan perairan Pulau Tegal merupakan bagian dari wilayah perairan Teluk Lampung yang berada di Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. Pulau Tegal memiliki luas lebih dari 98 Ha, terletak di perairan Teluk Lampung. Secara administratif, terletak di Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Secara geografis Pulau Tegal terletak pada koordinat 05°34'05''LS dan 105°16'31''BT. Pulau Tegal memiliki topografi berupa pantai pasir putih yang landai (Sebelah Barat, Selatan, Timur, dan Utara), pantai berbatu (sebelah Timur Laut, Tenggara, Barat Daya, dan Barat Laut). Wilayah daratannya berupa dataran (dekat pantai) hingga berupa lerengan bukit (biasanya untuk bercocok tanam bagi penduduk). Pulau Tegal merupakan pulau berpenghuni (\pm 15 KK) yang memiliki teluk-teluk kecil, seperti Teluk Bajo dan Teluk Pengantin. Saat ini Pulau Tegal telah menjadi tujuan ekowisata yang cukup digemari di Lampung. Keberadaan terumbu karang menjadikan Pulau Tegal sebagai destinasi wisata unggulan Provinsi Lampung. Berdasarkan penelitian pada tahun 2011 dengan menggunakan metode LIT, mengemukakan bahwa kondisi terumbu karang di perairan Pulau Tegal dikategorikan kondisi sedang dengan rata-rata tutupan karang sebesar 49,87% (Hartoni, 2011). Kerusakan terumbu karang di Pulau Tegal disebabkan oleh aktivitas pengeboman, penambangan karang untuk bahan bangunan dan souvenir, jangkar kapal, wisata bahari dan budidaya laut (Hartoni, 2011). Kerusakan terumbu karang berdampak terhadap berkurangnya luasan terumbu karang

pada wilayah tersebut. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, proses monitoring terumbu karang menjadi satu langkah penting dalam konservasi sumber daya marine agar dapat mengetahui dinamika kondisi ekosistem terumbu karang secara periodik. Monitoring sebaran terumbu karang dapat dilakukan dengan melakukan pemetaan terumbu karang untuk mengetahui berapa banyak luasan terumbu karang yang berkurang. Salah satu cara untuk memetakan sebaran terumbu karang adalah dengan teknologi penginderaan jauh menggunakan algoritma *Lyzenga* guna mengetahui seberapa banyak terumbu karang yang berkurang secara temporal dengan interval waktu 10 tahun dengan pola *time series* menggunakan citra satelit landsat.

Algoritma *lyzenga* dapat digunakan untuk mengidentifikasi objek di dasar perairan laut dangkal dengan tingkat kejernihan yang homogen secara horizontal dan cahaya matahari mampu menembus kedalaman hingga 15 – 20 m (Purwadhi, 2001). Prinsip dasar *lyzenga* yaitu teknik penggabungan informasi dari beberapa saluran spektral untuk menghasilkan indeks pemisah kedalaman (*depth invariant index*) dari penutup dasar perairan. Parameter masukan dalam algoritma ini adalah perbandingan antara koefisien pelemahan air (*water attenuation coefficient*) pada beberapa saluran spektral. Algoritma ini menyadap informasi material penutup dasar perairan berdasarkan kenyataan bahwa sinyal pantulan dasar mendekati fungsi linier dari pantulan dasar perairan dan merupakan fungsi eksponensial dari kedalaman. Maka dapat dibentuk suatu hubungan antara kedalaman perairan dengan sinyal pantul yang diterima oleh sensor.

Rumus yang dijadikan acuan adalah *Exponential Attenuation Model*. Penggabungan dua kanal tampak TM1 dan TM2 yang dapat melakukan penetrasi ke dalam tubuh air hingga kedalaman tertentu, sehingga dapat digunakan untuk identifikasi objek di dasar perairan laut dangkal.

Penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui perubahan yang terjadi terhadap luasan terumbu karang. Dengan demikian penelitian ini diharapkan membantu pemerintah daerah dalam menentukan kebijakan untuk konservasi terumbu karang khususnya di Pulau Tegal.

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, masalah yang dapat dirumuskan yaitu terumbu karang di perairan Pulau Tegal pada tahun 2011 mengalami kerusakan dengan rata-rata tutupan karang sebesar 49,87% (Hartoni, 2011). Kerusakan terumbu karang berdampak terhadap berkurangnya luasan terumbu karang pada wilayah tersebut.

Namun dari rumusan masalah tersebut berapa luasan terumbu karang dan perubahannya di perairan Pulau Tegal pada tahun 1998 - 2018 dan bagaimana cara melakukan pemetaan habitat terumbu karang menggunakan teknologi penginderaan jauh.

1.2 Maksud, Tujuan, dan Manfaat

Adapun maksud, tujuan, dan manfaat pada penelitian ini yaitu

1.2.1 Maksud

Memetakan luasan terumbu karang dan analisa perubahan luasan pada tahun 1998, tahun 2008, tahun 2015, dan tahun 2018.

1.2.2 Tujuan

- 1) Melakukan klasifikasi dan pemetaan terumbu karang dengan menggunakan algoritma *Lyzenga*.
- 2) Melakukan pengujian terhadap hasil klasifikasi.
- 3) Menghitung luasan terumbu karang di Pulau Tegal pada tahun 1998, tahun 2008, tahun 2015, dan tahun 2018
- 4) Melakukan analisis luasan dan perubahannya yang sudah dilakukan pengujian.

1.2.3 Manfaat

Sebagai data pendukung awal untuk kajian kebijakan konservasi terumbu karang di Pulau Tegal.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

- 1) Penelitian hanya difokuskan pada perairan laut dangkal yang terdapat terumbu karang saja dengan kedalaman kurang lebih 5 meter.
- 2) Wilayah penelitian di seluruh perairan Pulau Tegal Kabupaten Lampung.
- 3) Pembatasan area penelitian menggunakan data kontur bathimetri kedalaman kurang dari 5 meter.
- 4) Data pengamatan citra landsat 5 tahun 1998, landsat 5 tahun 2008, landsat 8 tahun 2015 dan landsat 8 tahun 2018.
- 5) Penggunaan metode analisis algoritma *Lyzenga* dengan penggabungan informasi beberapa saluran spektral.

- 6) Penelitian dilakukan untuk mengetahui perubahan luasan terumbu karang pada tahun 1998, tahun 2008, tahun 2015 serta tahun 2018.
- 7) Uji akurasi dilakukan menggunakan data lapangan dan matriks konfusi.

1.4 Kerangka Pemikiran

Adapun kerangka pemikiran pada penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu kerangka penelitian dan kerangka penulisan.

1.4.4 Kerangka Penelitian

Keberadaan terumbu karang menjadikan Pulau Tegal sebagai destinasi wisata unggulan Provinsi Lampung. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Hartoni tahun 2011 terumbu karang di perairan Pulau Tegal mengalami kerusakan dengan rata-rata tutupan karang sebesar 49,87%. Kerusakan terumbu karang di Pulau Tegal disebabkan oleh aktivitas pengeboman, penambangan karang untuk bahan bangunan dan souvenir, jangkar kapal, wisata bahari dan budidaya laut (Hartoni, 2011).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, monitoring sebaran terumbu karang dapat dilakukan dengan analisis luasan dan perubahannya menggunakan citra satelit Landsat tahun 1998, tahun 2008, tahun 2015, dan tahun 2018, dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh menggunakan algoritma lyzena serta dilakukan klasifikasi. Selanjutnya dilakukan observasi lapangan untuk mengetahui kesesuaian terhadap kondisi yang ada di lapangan.

Berdasarkan hasil pengolahan citra dan observasi lapangan maka dapat diketahui luasan terumbu karang dan perubahannya di perairan Pulau Tegal.

1.4.5 Kerangka Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan skripsi ini terdiri atas beberapa bagian yaitu pada bab pertama menguraikan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, maksud dan tujuan, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Selanjutnya pada bab kedua dijelaskan mengenai dasar-dasar teori yang digunakan dalam penelitian dan segala aspek pendukungnya, yaitu diuraikan mengenai Kondisi Fisik Pulau Tegal, Definisi Terumbu Karang Pengertian Laut Dangkal, Karakteristik Citra Satelit Landsat-5 dan Landsat-8, tujuan dan manfaat kalibrasi radiometrik koreksi atmosfer serta algoritma *Lyzenga* yang digunakan untuk menganalisis luasan terumbu karang.

Dalam bab ketiga dijelaskan mengenai alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, tempat dan waktu penelitian, prosedur penelitian dan alur penelitian. Dalam metode pelaksanaan penelitian mencakup beberapa hal yaitu kalibrasi radiometrik, koreksi atmosfer, masking citra, dan klasifikasi citra.

Bab keempat berisi tentang hasil dan pembahasan tentang hasil pengolahan citra dengan algoritma *Lyzenga*. Pada bab kelima berisi kesimpulan hasil penelitian dan saran-saran.

1.5 Hipotesis

Perairan Pulau Tegal memiliki potensi sumber daya laut terumbu karang yang cukup besar. Menurut Hartoni (2011) kondisi terumbu karang di perairan Pulau Tegal mengalami kerusakan dan dikategorikan kondisi sedang dengan rata-rata tutupan karang sebesar 49,87%. Kerusakan terumbu karang di Pulau Tegal disebabkan oleh aktivitas pengeboman, penambangan karang untuk bahan bangunan dan souvenir, jangkar kapal, wisata bahari dan budidaya laut (Hartoni, 2011).

Kerusakan terumbu karang diperkirakan berdampak pada berkurangnya luasan terumbu karang dan terjadi perubahan pada habitat terumbu karang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pulau Tegal

Secara geografis Pulau Tegal terletak pada koordinat 05°34'05''LS dan 105°16'31''BT. Pulau Tegal memiliki topografi berupa pantai pasir putih yang landai (sebelah Barat, Selatan, Timur, dan Utara), pantai berbatu (sebelah Timur Laut, Tenggara, Barat Daya, dan Barat Laut). Wilayah daratannya berupa dataran (dekat pantai) hingga berupa lerengan bukit (biasanya untuk bercocok tanam bagi penduduk). Pulau Tegal merupakan pulau berpenghuni (\pm 15 KK) yang memiliki teluk-teluk kecil, seperti Teluk Bajo dan Teluk Pengantin. Pulau Tegal memiliki luas lebih dari 98 Ha, terletak di perairan Teluk Lampung. Pulau Tegal secara administratif masuk ke dalam Kabupaten Pesawaran dan merupakan pulau yang paling dekat dengan sentral budidaya laut (*marine culture*) yang terletak di Teluk Lampung. Pulau Tegal juga merupakan lokasi wisata dengan akses masuk dari Pantai Ringgung. Kegiatan perikanan yang ada di perairan di desa tersebut ialah budidaya ikan kerapu dengan menggunakan keramba jaring apung (KJA) (DKP Provinsi Lampung, 2007).

Kawasan perairan Pulau Tegal memiliki segenap potensi yang menjadi tujuan ekowisata yang cukup digemari di Lampung, terutama wisata alam dan laut. Salah satu kegiatan wisata laut di Pulau Tegal yaitu *snorkeling*. Banyaknya aktivitas di Pulau Tegal berdampak pada kondisi ekosistem terumbu karang.

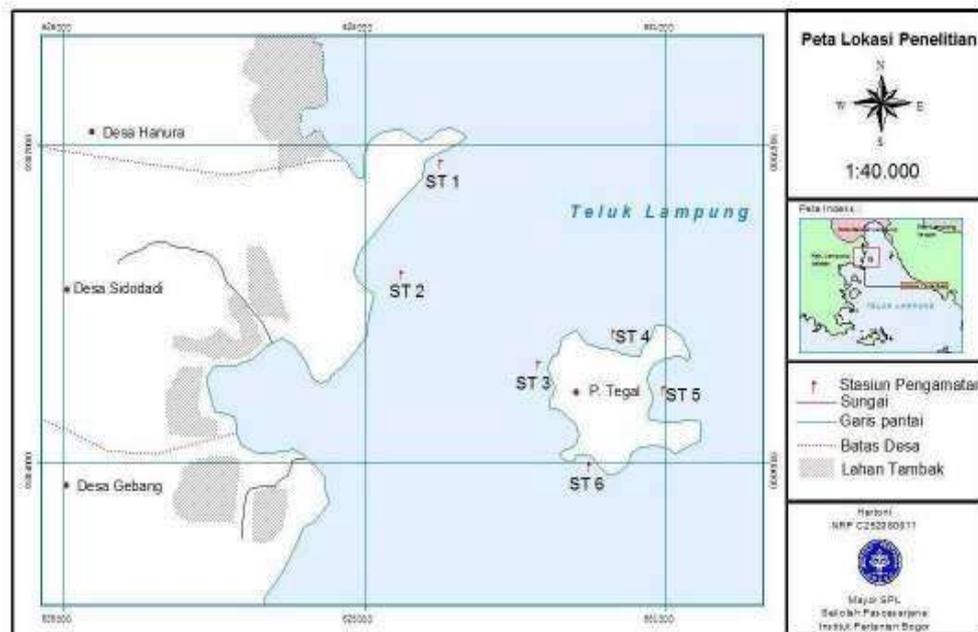


Gambar 1. Peta orientasi Pulau Tegal

2.2 Kondisi Terumbu Karang di Pulau Tegal

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hartoni (2011) menggunakan metode *line intersect transect* di Pulau Tegal menyatakan bahwa tutupan karang hidup di enam Stasiun pengamatan berkisar antara 37,76% - 65,90%. Tutupan terumbu karang mati tertinggi pada stasiun titik pengamatan ketiga sebesar 33,30 % meliputi *dead coral* dan *dead coral with algae* sedangkan tutupan terumbu karang mati terendah pada stasiun titik pengamatan kedua sebesar 0,93 % meliputi *Acropora branching*. Secara Umum kondisi terumbu karang di perairan Pulau Tegal dikategorikan kondisi sedang dengan rata-rata tutupan karang sebesar 49,87%. Kerusakan

terumbu karang disebabkan oleh aktivitas pengeboman, penambangan karang untuk bahan bangunan dan souvenir, jangkar kapal, wisata bahari dan budidaya laut (Hartoni, 2011).



Gambar 2. Titik stasiun pengamatan di perairan Pulau Tegal tahun 2011
(Sumber : Hartoni, 2011)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Syahnul Sardi Titaheluw (2010) menyatakan bahwa kerusakan terumbu karang di perairan Pulau Tegal dan pertumbuhan karang sampai kedalaman 13 m. Tingkat kerusakan terumbu karang tertinggi yaitu pada Stasiun 3 dengan indeks mortalitas sebesar 0,55 diikuti Stasiun 1 dan Stasiun 5 dengan indeks mortalitas sebesar 0,53 dan 0,51 sedangkan tingkat kerusakan terumbu karang terendah yaitu pada Stasiun 2 dengan indeks mortalitas sebesar 0,20.

2.3 Terumbu Karang

Terumbu karang (*coral reef*) merupakan organisme yang hidup di dasar perairan laut dangkal terutama di daerah tropis dan memiliki produktivitas tinggi (Pasaribu, 2008).

Terumbu adalah endapan-endapan massif yang penting dari kalsium karbonat yang dihasilkan oleh hewan karang, alga berkapur, dan organisme lain yang mensekresi kalsium karbonat (Nybakken, 1992).

Menurut Nybakken (1992) berdasarkan geomorfologinya, ekosistem terumbu karang dibagi kedalam tiga tipe, yaitu: terumbu karang tepi, terumbu karang penghalang, dan terumbu karang cincin. Ketiga tipe tersebut dijelaskan seperti di bawah:

- 1) Terumbu karang tepi (*fringing reef*), yaitu pulau karang vulkanik yang dikelilingi terumbu karang tepi yang terdapat di sepanjang pantai dengan kedalaman tidak lebih dari 40 meter.
- 2) Terumbu karang penghalang (*barrier reef*), berada jauh dari pantai yang dipisahkan oleh lagoon dengan kedalaman 40-70 meter. Umumnya terumbu karang ini memanjang menyusuri pantai.
- 3) Terumbu karang cincin (*atol*), merupakan karang berbentuk melingkar seperti cincin yang muncul dari laut.

Dalam Nybakken (2001) dijelaskan bahwa terumbu karang mampu menyerap separuh dari seluruh jumlah kalsium yang masuk ke dalam perairan dunia dan mengikatnya hingga membentuk kalsium karbonat

(CaCO₃). Untuk membentuk ikatan ini, terumbu karang membutuhkan molekul karbon dioksida (CO₂). Terumbu karang membantu menyumbang penyerapan sekitar 700 milyar kilogram karbon tiap tahunnya. Hal ini menunjukkan bahwa terumbu karang memegang peran yang besar dalam kelangsungan lingkungan perairan di Bumi.

Terumbu karang merupakan rumah bagi lebih dari 76% jenis karang dan 50% jenis ikan karang dan otomatis menjadi penyedia makanan bagi jutaan binatang laut lainnya (Arief, 2008). Menurut Kunzmann dan Efendi (1994), ekosistem terumbu karang sangat bermanfaat untuk kelangsungan hidup manusia, antara lain sebagai penahan gelombang, biotope ikan, makanan ikan, serta pariwisata bahari. Kerusakan terumbu karang dapat mempengaruhi kemampuan alamiah pesisir dalam mereduksi energy gelombang sehingga abrasi dan erosi akan semakin banyak terjadi.

2.4 Persebaran Terumbu Karang

Terumbu karang tersebar di laut dangkal di daerah tropis hingga subtropis diantara 32° Lintang Selatan mengelilingi bumi tiga daerah besar terumbu karang yaitu Laut Karibia, Samudera Hindia dan Indo-Pasifik. Karang tumbuh dengan baik di daerah Indo-Pasifik hingga mencapai kurang lebih 80 marga, yang disebabkan oleh faktor alami pendukung pertumbuhan karang untuk berkembang dengan baik di Indo-Pasifik Barat. Keanekaragaman spesies karang yang tersebar di wilayah Indo-Pasifik tercatat di daerah Melanesia. Menurut Rosen, 1971 dalam Supriharyono (2000; 20), di Melanesia yang paling tinggi keanekaragaman karangnya

adalah Indonesia. Hal inilah yang menyebabkan Indonesia dikenal sebagai pusat keanekaragaman jenis karang.

Karang di Indonesia tersebar mulai dari Sabang hingga utara Jayapura. Sebaran karang tidak merata di seluruh perairan Indonesia, ada daerah tertentu dimana karang tidak dapat tumbuh dengan baik dan pada daerah lainnya tumbuh dengan sangat baik.

Pulau Tegal yang terletak di Teluk Lampung memiliki sebaran terumbu karang dengan tutupannya yang sangat bervariasi. Tutupan terumbu karang di perairan Pulau Tegal didominasi karang daun seperti *Montipora Florida*, *Turbinaria reniformis*, karang massif seperti *Favia lacuna*, *Favites abdita*, *Porites mayeri* dan karang bercabang seperti *Pocillopora damicornis*, *Acropora nobilis* (Hartoni, 2011). Habitat terumbu karang di pulau Tegal secara keseluruhan berada di perairan laut dangkal dengan area menyebar mengelilingi pulau Tegal.

2.5 Pengertian Perairan Laut Dangkal

Menurut Nybakken (1992) laut dangkal yaitu wilayah perairan dekat dan berbatasan dengan daratan berada pada zone neritik pelagik. Perairan ini berada di pinggiran daratan utama, lautan sangat dangkal menutupi bawah air benua yang disebut paparan benua yang mencakup 7-8 % seluruh luas lautan, mempunyai kemiringan sangat landai dari pantai sampai kedalaman 200 m.

Kondisi perairan yang bermacam-macam mengakibatkan dasar laut dangkal terdapat ekosistem yang berbeda dengan perairan dalam. Ekosistem yang menonjol keberadaannya adalah terumbu karang, lamun dan pasir. Untuk mengetahui kondisi ekosistem dasar laut maka dibutuhkan suatu teknologi yang dapat mendeteksi keadaan dasar laut yaitu teknologi penginderaan jauh.

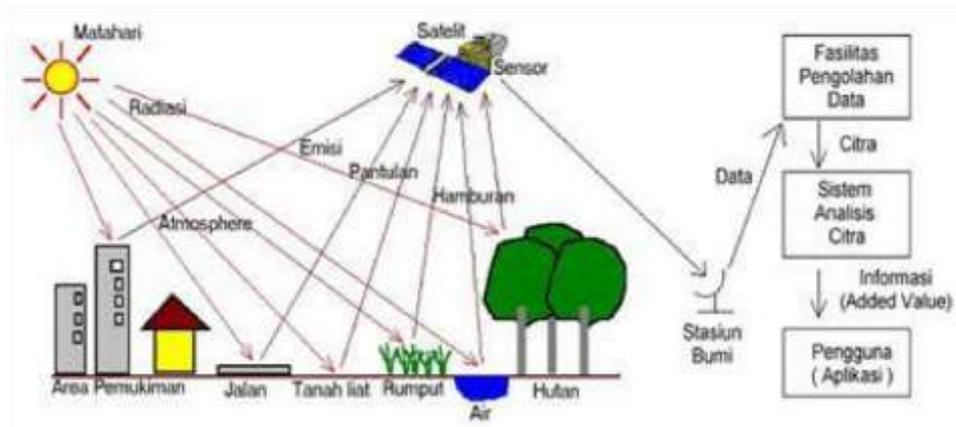
Sistem penginderaan jauh hanya mampu mengestimasi kedalaman perairan dangkal kurang lebih sampai kedalaman 30 m (Lyzenga, 1978). Menurut Bierwith (1993) di Perairan *Great Barrier Reef* hanya mampu mengestimasi kedalaman sampai dengan 11 meter. Pada perairan yang sedikit keruh mampu mengestimasi kedalaman sampai dengan kedalaman 25 meter (Stumpt, 2003).

2.6 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk mendapatkan informasi tentang objek, daerah, fenomena alam dengan cara menganalisa data yang diperoleh tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1979). Informasi dari data penginderaan jauh diperoleh dari interpretasi citra yang merupakan pengkajian citra yang dimaksudkan untuk mengidentifikasi objek yang tergambar pada citra dan menilai arti pentingnya objek tersebut.

Foto udara adalah suatu penginderaan jarak jauh mengenai kondisi permukaan bumi, yang diambil dengan menggunakan pesawat atau satelit (Supriharyono, 2002). Cara ini dahulu lebih banyak digunakan untuk

memantau perubahan kondisi geografis di daerah terestrial atau daratan, namun cara ini kini mulai dikembangkan untuk mengetahui perubahan lingkungan yang ada di wilayah perairan, diantaranya adalah kemungkinan adanya perubahan ekosistem terumbu karang.



Gambar 3. Komponen teknologi penginderaan jauh
(Sumber : <http://www.pelajaransekolahonline.com>)

Sistem penginderaan jauh dapat membantu memberikan data penyebaran terumbu karang cukup efektif, karena dalam waktu yang relatif cepat dan biaya murah bisa mencakup wilayah yang sangat luas. Penginderaan jauh untuk terumbu karang memanfaatkan sinar radiasi elektromagnetik pada daerah spektrum sinar tampak. Spektrum sinar tampak dapat menembus air sehingga dapat mendeteksi terumbu karang yang berada di bawah permukaan air.

Salah satu citra penginderaan jauh yang dapat digunakan untuk mendeteksi terumbu karang yaitu Citra Landsat 5 dan Landsat 8. Citra Landsat 5 merupakan salah satu jenis citra penginderaan jauh digital. Landsat 5, 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 (Sitanggang, 1999 dalam Ratnasari, 2000).

Tabel 1. Saluran Landsat 5

Saluran	Panjang Gelombang (mikrometer)	Resolusi Spasial (meter)	Nama Spektrum
Saluran 1	0,45 – 0,52 μm	30 m	Biru
Saluran 2	0,52 – 0,60 μm	30 m	Hijau
Saluran 3	0,63 – 0,69 μm	30 m	Merah
Saluran 4	0,76 – 0,90 μm	30 m	Near-IR
Saluran 5	1,55 – 1,75 μm	30 m	Mid-IR
Saluran 6	10,40 – 12,50 μm	30 m	Thermal-IR
Saluran 7	2,08 – 2,35 μm	30 m	SWIR

Sumber : NASA (*National Aeronautics and Space Administration*)

Satelit Landsat 8 LDCM (*Landsat Data Continuity Mission*) yang merupakan satelit terbaru yang diluncurkan Amerika Serikat pada tanggal 11 Februari 2013 dan masih berfungsi sampai sekarang memiliki 11 band dan kegunaannya sebagai berikut:

Tabel 2. Saluran Landsat 8

Saluran	Panjang Gelombang (mikrometer)	Resolusi Spasial (meter)	Nama Spektrum
Operational Land Imager (OLI)			
Saluran 1	0,435 – 0,451 μm	30 m	Coastal/Aerosol
Saluran 2	0,452 – 0,512 μm	30 m	Biru
Saluran 3	0,533 – 0,590 μm	30 m	Hijau
Saluran 4	0,636 – 0,673 μm	30 m	Merah
Saluran 5	0,851 – 0,879 μm	30 m	NIR
Saluran 6	1,566 – 1,651 μm	30 m	SWIR-1
Saluran 7	2,107 – 2,294 μm	30 m	SWIR-2
Saluran 8	0,503 – 0,676 μm	15 m	Pankromatik
Saluran 9	1,363 – 1,384 μm	30 m	Cirrus
Thermal Infrared Sensor(TIRS)			
Saluran 10	10,60 – 11,19 μm	100 m	TIR-1
Saluran 11	11,50 – 12,51 μm	100 m	TIR-2

Sumber : NASA (*National Aeronautics and Space Administration*)

Tabel 3. Kegunaan saluran Landsat 8

Saluran	Aplikasi
Saluran 1 (0,435–0,451 μm)	Dirancang untuk mendeteksi biru dalam dan violet, saluran ini bermanfaat untuk pencitraan air dangkal, dan pelacakan partikel halus seperti debu dan asap. Seperti Samudra dan tanaman hidup mencerminkan warna biruviolet lebih dalam.
Saluran 2 (0,452–0,512 μm)	Dirancang untuk penetrasi tubuh air, sehingga bermanfaat untuk pemetaan perairan pantai, juga berguna untuk membedakan antara tanah dan vegetasi, tumbuhan berdaun lebar dan konifer.
Saluran 3 (0,533–0,590 μm)	Dirancang untuk mengukur puncak pantulan hijau saluran tampak bagi vegetasi guna penilaian ketahanan.
Saluran 4 (0,636–0,673 μm)	Saluran absorpsi klorofil yang penting untuk diskriminasi tumbuhan.
Saluran 5 (0,851–0,879 μm)	Bermanfaat untuk menentukan kandungan biomassa dan untuk delineasi tubuh air.
Saluran 6 (1,566–1,651 μm)	Menunjukkan kandungan kelembaban vegetasi dan kelembaban tanah, juga bermanfaat untuk membedakan salju dan awan.

Saluran 7 (2,107–2,294 μm)	Saluran yang diseleksi karena potensinya untuk membedakan tipe batuan dan untuk pemetaan dirothermal
Saluran 8 (0,503–0,676 μm)	Menggabungkan warna hitam, putih dan warna tampak menjadi satu saluran dengan resolusi 15 meter, sehingga saluran ini akan membuat citra yang tajam dari saluran lain.
Saluran 9 (1,363–1,384 μm)	Saluran ini dirancang untuk awan cirrus, sehingga pengguna dapat mengurangi kesalahan penafsiran gambar yang tertutupi awan dengan citra tanah.
Saluran 10 (10,60–11,19 μm)	Saluran yang tercipta akibat suhu atau panas, saluran ini dirancang untuk mengetahui suhu yang ada
Saluran 11 (11,50 – 12,51 μm)	diper permukaan bumi, atau mendeteksi perbedaan suhu (kebakaran hutan).

Sumber : NASA (*National Aeronautics and Space Administration*)

Penginderaan jauh untuk terumbu karang memanfaatkan sinar radiasi elektromagnetik pada daerah spektrum sinar tampak. Spektrum ini dapat menembus air sehingga dapat mendeteksi terumbu karang yang berada di bawah permukaan air. Salah satu citra yang digunakan untuk memperoleh informasi objek perairan dangkal khususnya terumbu karang adalah Citra Landsat 5 dan Landsat 8. Pada citra Landsat 5 saluran gelombang elektromagnetik yang digunakan untuk melakukan pemetaan terumbu

karang pada perairan dangkal yaitu spektrum sinar biru pada saluran pertama dengan range panjang gelombang ($0,45 \mu m - 0,52 \mu m$), sinar hijau pada saluran kedua dengan range panjang gelombang ($0,52 \mu m - 0,60 \mu m$), dan sinar merah pada saluran ketiga dengan range panjang gelombang ($0,63 \mu m - 0,69 \mu m$). Sedangkan pada citra Landsat 8 saluran gelombang elektromagnetik yang digunakan untuk melakukan pemetaan terumbu karang pada perairan dangkal yaitu spektrum sinar biru pada saluran kedua dengan range panjang gelombang ($0,452 \mu m - 0,512 \mu m$), sinar hijau pada saluran ketiga dengan range panjang gelombang ($0,533 \mu m - 0,590 \mu m$), dan sinar merah pada saluran keempat dengan range panjang gelombang ($0,636 \mu m - 0,673 \mu m$). Makin kecil panjang gelombangnya, maka spektrum tersebut makin dapat menembus air, sehingga berdasarkan pembagian tersebut di atas, maka sinar birulah yang paling dalam dapat menembus air (Susilo, 1997).

2.7 Pengolahan Citra

Pengolahan citra merupakan suatu cara memanipulasi data citra atau mengolah suatu data citra menjadi suatu keluaran (*output*) yang sesuai dengan yang kita harapkan. Tujuan dari pengolahan citra adalah mempertajam data geografis dalam bentuk digital menjadi suatu tampilan yang lebih berarti bagi pengguna, dapat memberikan informasi kuantitatif suatu obyek, serta dapat memecahkan masalah. Adapun cara pengolahan data citra itu sendiri melalui beberapa tahapan, sampai menjadi suatu keluaran yang diharapkan. Pengolahan citra yang dilakukan untuk

identifikasi terumbu karang yaitu melakukan perbaikan kualitas citra (*image enhancement*), koreksi citra, dan koreksi kolom air (*lyzenga*).

2.7.1 Perbaikan Kualitas Citra (*Image Enhancement*)

Perbaikan kualitas citra (*image enhancement*) merupakan salah satu proses awal dalam pengolahan citra (*image preprocessing*). Perbaikan kualitas diperlukan karena seringkali citra yang dijadikan objek pembahasan mempunyai kualitas yang buruk, misalnya citra mengalami derau (*noise*) pada saat pengiriman melalui saluran transmisi, citra terlalu terang/gelap, citra kurang tajam, kabur, dan sebagainya. Melalui operasi pemrosesan awal inilah kualitas citra diperbaiki sehingga citra dapat digunakan untuk aplikasi lebih lanjut, misalnya untuk aplikasi pengenalan (*recognition*) objek di dalam citra. Yang dimaksud dengan perbaikan kualitas citra adalah proses mendapatkan citra yang lebih mudah diinterpretasikan oleh mata manusia. Pada proses ini, ciri-ciri tertentu yang terdapat di dalam citra lebih diperjelas kemunculannya (Susilo, 1997). Secara matematis, *image enhancement* dapat diartikan sebagai proses mengubah citra $f(x,y)$ menjadi $f'(x,y)$ sehingga ciri-ciri yang dilihat pada $f(x,y)$ lebih ditonjolkan. Proses-proses yang termasuk ke dalam perbaikan kualitas citra (Susilo, 1997):

1) Pengubahan Kecerahan Gambar (*Image Brightness*)

Untuk membuat citra lebih terang atau lebih gelap, maka perlu dilakukan pengubahan kecerahan gambar. Kecerahan/kecemerlangan gambar dapat diperbaiki dengan menambahkan (atau mengurangi)

sebuah konstanta kepada atau dari setiap *pixel* di dalam citra. Akibat dari operasi ini, histogram citra mengalami pergeseran.

2) Peregangan Kontras

Kontras menyatakan sebaran terang (*lightness*) dan gelap (*darkness*) di dalam sebuah gambar. Citra dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori kontras yaitu citra kontras rendah (*low contrast*), citra kontras bagus (*good contrast* atau *normal contrast*), dan citra kontras tinggi (*high contrast*). Ketiga kategori ini umumnya dibedakan secara intuitif. Citra kontras rendah dicirikan dengan sebagian besar komposisi citranya adalah terang atau sebagian besar gelap. Dari histogramnya terlihat sebagian besar derajat keabuannya terkelompok (*clustered*) bersama atau hanya menempati sebagian kecil dari rentang nilai-nilai keabuan yang mungkin. Jika pengelompokan nilai-nilai *pixel* berada di bagian kiri (yang berisi nilai keabuan yang rendah), citranya cenderung gelap. Jika pengelompokan nilai-nilai *pixel* berada di bagian kanan (yang berisi nilai keabuan yang tinggi), citranya cenderung terang. Tetapi, mungkin saja suatu citra tergolong kontras-rendah meskipun tidak terlalu terang atau tidak terlalu gelap bila semua pengelompokan nilai keabuan berada di tengah histogram.

Citra kontras bagus memperlihatkan jangkauan nilai keabuan yang lebar tanpa ada suatu nilai keabuan yang mendominasi. Histogram citranya memperlihatkan sebaran nilai keabuan yang relatif seragam.

Citra kontras tinggi seperti halnya citra kontras bagus memiliki jangkauan nilai keabuan yang lebar tetapi terdapat area yang lebar

yang didominasi oleh warna gelap dan area yang lebar yang didominasi oleh warna terang. Gambar dengan langit terang dengan latar depan yang gelap adalah contoh citra kontras tinggi. Pada histogramnya terlihat dua puncak, satu pada area nilai keabuan yang rendah dan satu lagi pada area nilai keabuan yang tinggi.

Citra dengan kontras rendah dapat diperbaiki kualitasnya dengan operasi peregangan kontras. Melalui operasi ini, nilai-nilai keabuan *pixel* akan merentang dari 0 sampai 255 (pada citra 8bit), dengan kata lain seluruh nilai keabuan *pixel* terpakai secara merata.

3) Pengubahan Histogram Citra

Untuk memperoleh histogram citra yang sesuai, maka penyebaran nilai-nilai intensitas pada citra harus diubah. Terdapat dua cara pengubahan citra berdasarkan histogram:

1. Perataan historam (*histogram equalization*)

Nilai-nilai intensitas di dalam citra diubah sehingga penyebarannya seragam (*uniform*).

2. Pembentukan histogram (*histogram spesification*)

Nilai-nilai intensitas di dalam citra diubah agar diperoleh histogram dengan bentuk yang dispesifikasikan oleh pengguna.

4) Perataan Histogram

Histogram citra memberikan informasi tentang penyebaran intensitas *pixel-pixel* di dalam citra. Misalnya, citra yang terlalu terang atau terlalu gelap memiliki histogram yang sempit.

Untuk memperoleh citra yang baik, maka penyebaran nilai intensitas harus diubah. Teknik yang lazim dipakai adalah perataan histogram (*histogram equalization*). Tujuan dari perataan histogram adalah untuk memperoleh penyebaran histogram yang merata, sedemikian sehingga setiap derajat keabuan memiliki jumlah *pixel* yang relatif sama.

5) Pembentukan Histogram

Metode pembentukan histogram (*histogram specification*) memberikan cara menghasilkan histogram yang dispesifikasikan oleh pengguna. Cara pembentukannya memanfaatkan sifat pada perataan histogram. Bila fungsi transformasi pada perataan histogram menghasilkan histogram semula menjadi histogram yang seragam, maka fungsi balikkannya (*inverse*) memetakan histogram yang seragam menjadi histogram semula. Sifat ini dapat dimanfaatkan untuk mengubah histogram citra menjadi histogram lain yang tidak seragam.

2.7.2 Koreksi Citra

Sebelum citra satelit siap untuk digunakan, dilakukan proses koreksi citra untuk mengeliminir kesalahan yang terdapat pada saat perekaman citra.

Ada 2 macam koreksi yang biasa dilakukan, yaitu:

1) Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik atau rektifikasi merupakan tahapan agar data citra dapat diproyeksikan sesuai dengan sistem koordinat yang digunakan.

Acuan dari koreksi geometrik ini dapat berupa peta dasar ataupun data citra sebelumnya yang telah terkoreksi. Ada beberapa cara untuk

melakukan koreksi geometrik, yaitu rektifikasi dan registrasi geometrik, Jensen (1986). Rektifikasi adalah proses dimana citra dibuat planimetrik berdasarkan rujukan pada peta yang mempunyai proyeksi standar, cara ini dikenal dengan rektifikasi citra ke peta (*image to map rectification*). Cara yang kedua adalah registrasi geometrik citra, yaitu registrasi citra ke citra (*image to image registration*) dengan menggunakan citra lain pada daerah yang sama yang sudah dikoreksi terlebih dahulu. Pada proses ini dibutuhkan beberapa titik kontrol medan *Ground Control Point* (GCP) yang dapat diidentifikasi pada citra dan peta. Apabila persamaan transformasi koordinat diterapkan pada titik-titik kontrol maka diperoleh residual x dan residual y . Residual adalah penyimpangan posisi titik yang bersangkutan terhadap posisi yang diperoleh melalui transformasi koordinat yang kemudian dinyatakan sebagai nilai *Residual Means Square Error* (*RMS error*).

Berdasarkan Peraturan Kepala BIG No 15, tahun 2014 uji ketelitian posisi dilakukan hingga mendapatkan tingkat kepercayaan peta 90% *Circular Error* dan *Linear Error*. Uji ketelitian posisi ditentukan dengan menggunakan titik uji yang memenuhi ketentuan obyek yang digunakan sebagai titik uji, yaitu:

- a) dapat diidentifikasi dengan jelas di lapangan dan di peta yang akan diuji;
- b) merupakan objek yang relatif tetap tidak berubah bentuk dalam jangka waktu yang singkat; dan
- c) memiliki sebaran yang merata di seluruh area yang akan diuji.

Pengujian ketelitian posisi mengacu pada perbedaan koordinat (X,Y,Z) antara titik uji pada gambar atau peta dengan lokasi sesungguhnya dari titik uji pada permukaan tanah. Pengukuran akurasi menggunakan *root mean square error* (RMSE) atau *circular error*.

Pada pemetaan dua dimensi yang perlu diperhitungkan adalah koordinat (X, Y) titik uji dan posisi sebenarnya di lapangan. Analisis akurasi posisi menggunakan *root mean square error* (RMSE), yang menggambarkan nilai perbedaan antara titik uji dengan titik sebenarnya. RMSE digunakan untuk menggambarkan akurasi meliputi kesalahan random dan sistematik. Nilai RMSE dirumuskan sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{(x' - X_{orig})^2 + (y' - y_{orig})^2}{n}}$$

Dimana :

(x', y') = Koordinat citra hasil koreksi geometrik

$(x, y)_{orig}$ = Koordinat titik kontrol tanah pada bidang referensi

n = Jumlah GCP

Nilai CE90 dan LE90 dihitung berdasarkan rumus:

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE_r$$

$$LE90 = 1,6499 \times RMSE_z$$

2) Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik diperlukan atas dua dasar alasan, yaitu untuk memperbaiki kualitas visual citra dan sekaligus memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral obyek yang sebenarnya. Koreksi radiometrik yang ditujukan untuk

memperbaiki kualitas visual citra berupa pengisian kembali baris yang kosong karena drop out baris maupun masalah kesalahan awal pelarikan (*scanning start*). Koreksi radiometrik perlu dilakukan pada data citra dengan berbagai alasan, antara lain :

- *Stripping* atau *banding* seringkali terjadi pada data citra yang diakibatkan oleh ketidakstabilan detector pada satelit. *Striping* atau *banding* merupakan fenomena ketidak konsistenan perekaman detektor untuk kanal dan areal perekaman yang sama.
- *Line dropout* kadang terjadi sebagai akibat dari detektor yang gagal berfungsi dengan tiba-tiba. Jangka waktu kerusakan pada kasus ini biasanya bersifat sementara.
- Efek atmosferik merupakan fenomena yang disebabkan oleh debu, kabut, atau asap seringkali menyebabkan efek bias dan pantul pada detektor, sehingga fenomena yang berada di bawahnya tidak dapat terekam secara normal.

2.7.3 Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi radiometrik adalah hal yang harus pertama kali dilakukan untuk mempermudah proses pengolahan citra pada tahap selanjutnya. Kalibrasi radiometrik merupakan perhitungan ulang nilai DN (*Digital Number*) pada gambar atau citra berdasarkan beberapa faktor, seperti waktu perekaman citra, nilai yang diketahui dari bayangan sensor kamera pada bidang datar perekaman, daerah gelap pada citra dan faktor lainnya yang berhubungan dengan karakteristik sistem pencitraan. Sebelum melakukan kalibrasi radiometrik, terlebih dahulu harus diketahui resolusi radiometrik dari suatu

citra. Hal ini berguna untuk mengetahui rentang nilai DN dari suatu citra. Dalam metadata dari suatu produk citra akan tertulis besaran resolusi radiometrik. Untuk citra Landsat 8 yang digunakan dalam penelitian ini memiliki resolusi radiometrik 16 bits yang setara dengan 216 (2 pangkat 16), yang berarti rentang nilai DN (*Digital Number*) pada citra Landsat 8 ini berada pada rentang 0 sampai 216 (2 pangkat 16) atau sama dengan 65536. Tujuan dari kalibrasi radiometrik adalah untuk mengubah nilai DN kedalam nilai satuan output yang lain, supaya nilai tersebut dapat diproses pada pengolahan citra selanjutnya. Adapun proses konversi nilai DN yaitu:

- 1) DN menjadi Top of Atmosphere (ToA) Radiance.

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

L_{λ} : Spektral radian

M_L : Radiance multiplicative scaling factor

(RADIANCE_MULT_BAND_x yang didapat dari metada).

A_L : Radiance additive scaling factor for the band

(RADIANCE_ADD_BAND_x yang didapat dari metadata).

Q_{cal} : Nilai DN

- 2) DN menjadi Top of Atmosphere (ToA) Reflectance.

$$\rho_{\lambda'} = M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

$\rho_{\lambda'}$: Spektral reflektan tanpa koreksi sudut matahari.

M_ρ : Reflectance multiplicative scaling factor for the band (REFLECTANCE_MULT_BAND_x yang didapat dari metadata).

A_ρ : Reflectance additive scaling factor for the band (REFLECTANCE_ADD_BAND_x yang didapat dari metadata).

Q_{cal} : Nilai DN

2.7.4 Algoritma *Lyzenga*

Salah satu obyek yang dapat dikenali dari citra satelit adalah pengenalan obyek bawah air, sampai kedalaman tertentu. Secara teoritis jika dasar perairan terlihat, maka dapat dibentuk suatu hubungan antara kedalaman perairan dengan sinyal pantul yang diterima oleh sensor. Namun kenyataannya tidak, karena hal ini banyak dipengaruhi oleh parameter lain, seperti kekeruhan air, kandungan klorofil, suspensi sedimen, pantulan dasar perairan dan pembiasan pada atmosfer (Lyzenga, 1981).

Pengaruh ini dapat dihitung, jika pada setiap titik di suatu wilayah diketahui kedalaman dan karakteristik optis airnya, maka pada lautan yang luas, sifat optis air dianggap seragam akibat pencampuran horizontal, sedangkan kedalaman air sangat bervariasi dan secara umum tidak dapat diketahui pada tempat tersebut. Prinsip ini mendasari *Lyzenga* (1978) untuk mengembangkan teknik penggabungan informasi dari beberapa saluran spectral untuk menghasilkan indeks pemisah kedalaman (*depth-invariant index*) dari material penutup dasar perairan. Parameter masukan dalam algoritma ini adalah perbandingan antara koefisien pelemahan air (*water attenuation coefficient*) pada beberapa saluran spectral. Algoritma

ini menyadap informasi material penutup dasar perairan berdasarkan kenyataan bahwa sinyal pantulan dasar mendekati fungsi linier dari pantulan dasar perairan dan merupakan fungsi eksponensial dari kedalaman.

Jika dasar perairan laut dangkal dapat terlihat, maka dapat dibentuk suatu hubungan antara kedalaman perairan dengan sinyal pantul yang diterima oleh sensor. Rumus yang dijadikan acuan adalah *Exponential Attenuation Model*.

$$L_{i(H)} = L_i + (A_i + L_i)^{-2K_i H} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

$L_{i(H)}$ = pantulan pada band i dengan kedalaman H (m)

L_i = pantulan dari laut dalam pada band i

A_i = albedo dasar pada band i

H = kedalaman perairan (m)

K_i = koefisien atenuasi air pada band I (m^{-1})

Pemetaan perairan dangkal untuk melihat sebaran terumbu karang dapat dilakukan dengan penajaman citra yakni dengan menggunakan algoritma yang disusun oleh Lyzenga (1978) dan dikembangkan di perairan Indonesia (Siregar, 1996).

$$Y = (\ln \text{band1}) + \left(\frac{K_i}{K_j}\right) \times \ln \text{band 2} \dots\dots\dots(4)$$

Y = citra hasil ekstrasi dasar perairan

band 1 = nilai reflektansi kanal biru

band 2 = nilai reflektansi kanal hijau

K_i/K_j = nilai koefisien atenuasi

Dimana :

$$K_i/K_j = a + (a + 1)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

$$a = \frac{(\text{varian band 1} - \text{varian band 2})}{(2 \times \text{covarian band 1 dan band 2})} \dots\dots\dots(6)$$

Varian = nilai ragam dari nilai digital

Covarian = nilai koefisien keragaman dari nilai digital

a = Variable varians dan kovarians

Algoritma yang disusun dimaksudkan untuk memperoleh gambaran visual lebih baik sehingga obyek dalam sampel dapat dilihat dengan baik untuk diinterpretasikan, dimana pada proses penyusunannya menggunakan dua saluran yaitu saluran 1 dan 2 (logaritma natural). Metode ini merupakan metode yang dikembangkan oleh Siregar (1998) dan Rianti A, (1999) dalam Faizal (2001).

Proses penajaman citra yang digunakan dengan menggunakan algoritma *Lyzenga* juga banyak digunakan untuk memetakan substrat dasar perairan (karang, pasir dan lamun). Salah satu cara untuk mampu menginterpretasikan objek dasar perairan dangkal yaitu melakukan penggabungan 2 sinar tampak yaitu band 1 dan band 2. Sehingga akan di dapat citra baru yang menampakkan dasar perairan dangkal yang lebih informatif. Hasil transformasi citra tersebut dibagi menjadi beberapa kelas berdasarkan histogram hasil transformasi (Lyzenga, 1981).

Algoritma *Lyzenga* atau yang disebut juga *Depth-Invariant Index* (DII) merupakan algoritma yang diterapkan pada citra untuk koreksi kolom perairan. Pada prinsipnya metode ini menggunakan kombinasi band sinar tampak citra satelit. Teknik ini diuji coba pada perairan Bahama dimana perairan tersebut merupakan perairan yang jernih. Sebelumnya teknik ini digambarkan untuk mengetahui kondisi dasar perairan dengan menggunakan citra Landsat berdasarkan nilai pantulan dasar perairan yang diduga dari fungsi linear reflektansi dasar perairan dan fungsi ekponensial kedalaman air (Lyzenga, 1981) .

Dengan menggunakan ekstraksi informasi pada persamaan tersebut, setiap piksel akan terkonversi menjadi indeks tipe dasar perairan yang terbebas dari pengaruh kedalaman. Nilai indeks piksel dari citra yang telah ditransformasikan dari penurunan algoritma *Lyzenga* dapat menunjukkan identifikasi kelas-kelas obyek perairan dangkal.

Kunci obyek perairan dangkal berdasarkan Kerjasama COREMAP Puslitbang Oseanologi LIPI dengan Pusbangja LAPAN (2001) dalam Suwargana (2014). Obyek interpretasinya adalah warna ungu muda sampai biru adalah laut, warna cyan ke hijau muda kekeruhan jika menyebar dan batasnya tegas dan warna hijau kekuning-kuningan dengan batas tidak tegas adalah karang, warna hijau dengan warna kekuning-kuningan adalah karang dan pasir, warna merah tegas adalah pasir. Warna hijau kebiru-biruan tidak tegas samar bercak-bercak adalah lamun.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Siregar (2010) dimana dilakukan pemetaan substrat dasar perairan dangkal karang cangkak dan lebar di Kepulauan Seribu menggunakan citra satelit Quickbird, didapatkan nilai indeks untuk klasifikasi habitat dasar perairan. Dari hasil transformasi tersebut diperoleh nilai histogram antara 7,566145 – 8,479393, kemudian berdasarkan data lapang diperoleh 6 kelas sebagai berikut:

- a. Laut dangkal : $\leq 7,57743$
- b. Karang hidup : $7,57743 - \leq 7,63989$
- c. Campuran :
 - Pasir campur dengan karang : $7,63989 - \leq 7,71837$
 - Pasir bercampur lamun : $7,71837 - \leq 7,80784$
- d. Lamun : $7,80784 - \leq 7,88379$
- e. Pasir : $7,88379 - \leq 8,19775$
- f. Karang mati : $> 8,19775$

2.8 Metode Pengujian

Sebuah sistem yang melakukan klasifikasi tentunya diharapkan bisa memprediksi dengan benar. Namun tidak dapat dipungkiri jika pada penerapannya sistem tidak akan bisa 100% benar. Hal ini yang mengharuskan pengukuran kinerja dari sistem tersebut untuk mengetahui berbagai aspek pengujiannya. Menentukan suatu model dari sistem baik atau buruk memerlukan elemen-elemen kunci diantaranya :

- a. Akurasi Prediksi, yang menentukan seberapa akurat suatu model dalam memprediksi keluaran.

- b. Kecepatan, yang menunjukkan seberapa cepat suatu model dalam memproses data masukan.
- c. *Robustness*, menggambarkan kemampuan suatu model melakukan prediksi yang akurat walau dalam kondisi ekstrim dan banyak gangguan terjadi
- d. Skalabilitas, kemampuan suatu model memproses data baik dalam ukuran yang lebih besar maupun data dari bidang lain yang berbeda.
- e. *Interpretability*, menggambarkan kemudahan suatu model untuk dipahami dan diinterpretasikan.
- f. Kesederhanaan, merupakan sifat yang cenderung dipilih untuk menyelesaikan suatu permasalahan.

Umumnya, pengukuran kinerja klasifikasi dilakukan dengan *confusion matrix*. *Confusion matrix* merupakan alat pengukuran yang dapat digunakan untuk menghitung kinerja atau tingkat kebenaran proses klasifikasi. Dengan *confusion matrix* dapat dianalisa seberapa baik *classifier* dapat mengenali *record* dari kelas-kelas yang berbeda (Gorunescu, 2011). Tabel *confusion matrix* ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 4. *Confusion matrix*

		Prediksi	
		Positif	Negatif
Aktual	Positif	TP	FN
	Negatif	FP	TN

Keterangan :

- a. TP (*True Positive*) merupakan banyaknya data yang kelas aktualnya adalah kelas positif dengan kelas prediksinya merupakan kelas positif.
- b. FN (*False Negative*) merupakan banyaknya data yang kelas aktualnya adalah kelas positif dengan kelas prediksinya merupakan kelas negatif.
- c. FP (*False Positive*) merupakan banyaknya data yang kelas aktualnya adalah kelas negatif dengan kelas prediksinya merupakan kelas positif.
- d. TN (*True Negative*) merupakan banyaknya data yang kelas aktualnya adalah kelas negatif dengan kelas prediksinya merupakan kelas negatif.

Selain pada dimensi 2 x 2, penerapan *confusion matrix* pada *multiclass* juga berlaku.

Tabel 5. *Multiclass confusion matrix*

		Prediksi		
		Positif	Negatif	Netral
Aktual	Positif	TPos	FPosNeg	FPosNet
	Negatif	FNegPos	TNeg	FNegNet
	Netral	FNetPos	FNetNeg	TNet

Tidak jauh berbeda dengan yang berdimensi 2×2 , *multiclass confusion matrix* juga memiliki elemen *TP* (*True Positive*), *FN* (*False Negative*), *FP* (*False Positive*), dan *TN* (*True Negative*). Berikut adalah ketentuan dalam menetapkan nilai elemen tersebut:

- a. *TP* (*True Positive*) merupakan banyaknya data yang kelas aktualnya sama dengan kelas prediksinya.
- b. *FN* (*False Negative*) merupakan total dari seluruh baris yang ditunjuk kecuali *TP* yang dicari.
- c. *FP* (*False Positive*) merupakan total dari seluruh kolom yang ditunjuk kecuali *TP* yang dicari.
- d. *TN* (*True Negative*) merupakan total dari seluruh kolom dan baris selain yang ditunjuk.

Akurasi merupakan metode pengujian berdasarkan tingkat kedekatan antara nilai prediksi dengan nilai aktual. Dengan mengetahui jumlah data yang diklasifikasikan secara benar maka dapat diketahui akurasi hasil prediksi. Pengujian ketelitian atribut dilakukan dengan melakukan perbandingan melalui penyusunan matrik kesalahan (*error matrix* atau *confusion matrix*). Matrik konfusi dihasilkan dari perbandingan nilai piksel hasil klasifikasi dengan data dari lapangan (Congalton dan Green, 1999). Uji ketelitian yang dihitung ialah *overall accuracy*, *producer`s accuracy*, dan *user`s accuracy*. *Overall accuracy* adalah persentase dari piksel yang terkelaskan dengan tepat, sedangkan *producer`s accuracy* adalah peluang rata-rata suatu piksel yang menunjukkan sebaran dari masing-masing kelas yang telah diklasifikasikan di lapangan dan *user`s accuracy* adalah peluang rata-rata suatu piksel secara aktual yang mewakili kelas-kelas tersebut. Sedangkan *kappa coefficient* digunakan karena memperhitungkan semua elemen dalam matriks kesalahan yang telah dibuat. Alur perhitungan rumus-rumus yang digunakan yaitu:

$$\text{Overall accuracy} = \frac{\text{total diagonal utama}}{\text{jumlah keseluruhan}} \times 100\% \dots \dots \dots (7)$$

$$\text{User accuracy} = \frac{\text{diagonal (i,i)}}{\text{jumlah baris (i)}} \times 100\% \dots \dots \dots (8)$$

$$\text{Producer accuracy} = \frac{\text{diagonal (i,i)}}{\text{jumlah kolom (i)}} \times 100\% \dots \dots \dots (9)$$

$$\text{Kappa Coefficient} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{1 - \theta_2} \dots \dots \dots (10)$$

Dimana:

$$\theta_1 = \frac{\text{jumlah diagonal utama}}{\text{total sampel}} \dots \dots \dots (11)$$

$$\theta_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{total baris} \times \text{total kolom})}{\text{total sampel}^2} \dots\dots\dots(12)$$

Pengujian dilakukan terhadap sampel yang mewakili objek tertentu dalam suatu polygon objek dengan koordinat lokasi yang sama di lapangan. Sampel yang telah diambil dari lapangan dibandingkan dengan kelas objek hasil klasifikasi (Peraturan Kepala BIG No 15, 2014).

Tabel 6. Matriks uji ketelitian atribut

DATA TERKLASIFIKASI	DATA			Total Baris	Ketelitian Pembuat
	a	b	c		
A	X _{1,1}	X _{1,2}	X _{1,3}	X ₁	X _{1,1} /X _{1,1}
B	X _{2,1}	X _{2,2}	X _{2,3}	X ₂	X _{2,2} /X _{1,2}
C	X _{1,1}	X _{1,2}	X _{1,3}	X ₃	X _{1,3} /X _{1,3}
Total Kolom	X _{1,1}	X _{1,2}	X _{1,3}	N	
Ketelitian Pengguna	X _{1,1} /X _{1,1}	X _{2,2} /X _{1,2}	X _{1,3} /X _{1,3}		

Keterangan :

A,B,C = Atribut objek pada citra

a,b,c = Atribut objek di lapangan

Dari matrik uji ketelitian tersebut dapat dihitung nilai ketelitian atribut (*overall accuracy*) suatu unsur peta dasar sebagai yaitu:

$$Accuracy = \frac{N_{benar}}{N} \times 100\% \dots\dots\dots(13)$$

N_{benar} = total sampel diagonal

N = total sampel keseluruhan

2.9 Penelitian Terdahulu

Sebelumnya telah dilakukan penelitian tentang pendeteksian terumbu karang dengan menggunakan metode *Lyzenga* oleh Muchlisin Arief tahun 2013 dengan judul “Pengembangan Metode *Lyzenga* untuk Deteksi Terumbu Karang di Kepulauan Seribu dengan Menggunakan Data Satelit AVNIR-2”. Metode deteksi terumbu karang *Lyzenga* menggunakan operator *Depth Invariant Indexs* (DII) dengan mengikut sertakan koreksi kolom air ki/kj Global (nilai ki/kj yang sama untuk seluruh citra) dan nilai ki/kj dapat menentukan homogenitas suatu region. Dengan asumsi bahwa suatu citra terdiri dari beberapa region homogen, maka pengembangan metode ini, menggunakan nilai ki/kj regional artinya nilai tidak konstan untuk seluruh (diambil dari beberapa region yang dianggap homogen). Metode ini telah diaplikasikan menggunakan data satelit AVNIR-2 tanggal 3 Agustus 2009 untuk Kabupaten Kepulauan Seribu dan hasil dari pemerosessannya lebih baik (mengandung sedikit kesalahan) bila dibandingkan dengan metode *Lyzenga*.

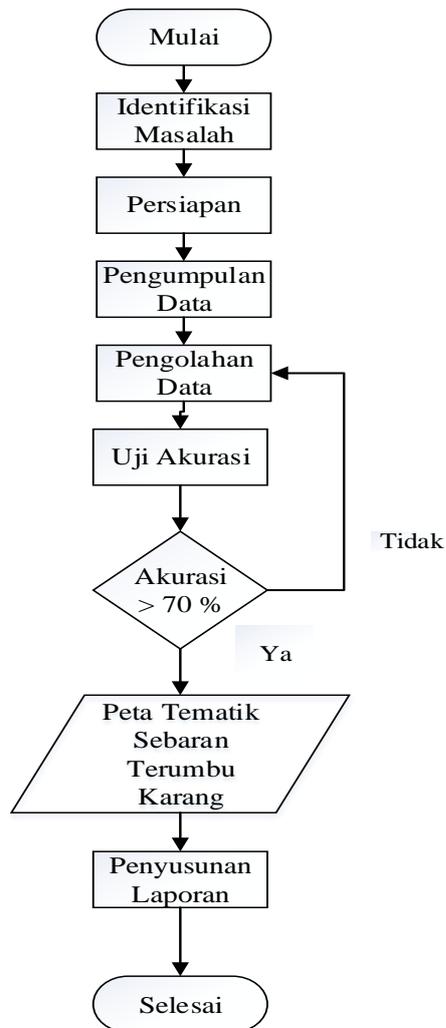
Telah dilakukan penelitian tentang terumbu karang dengan menggunakan citra satelit Landsat 8 yang menggunakan metode *Lyzenga* di wilayah Bali oleh Fabian Surya Pramudya pada tahun 2013 dengan judul “Pemetaan Habitat Dasar Perairan Dangkal Pulau Nusa Lembongan dan Nusa Ceningan lunakan Citra Satelit Landsat-8.

Yuneti Aprilia (2007) melakukan penelitian dengan judul “Perubahan Sebaran Terumbu Karang di Teluk Lampung berdasarkan Wilayah Optimal

Fisik Lingkungan”. Permasalahan yang dibahas adalah bagaimana perubahan sebaran terumbu karang di Teluk Lampung berdasarkan wilayah optimal fisik lingkungan. Variabel yang digunakan adalah suhu air, salinitas dan kecerahan air. Metode yang digunakan adalah melakukan korelasi peta dari sebaran terumbu karang dan beberapa variabel fisik lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan terumbu karang. Kesimpulan dari Penelitian ini adalah perubahan sebaran terumbu karang hidup dengan penambahan persentase berada di Pulau Kelagian sedangkan perubahan sebaran terumbu karang berupa pengurangan persentase tutupan karang mati hidup berada di Dermaga Ketapang dan Pulau Paha.

III. METODOLOGI

Adapun metodologi pada penelitian ini meliputi identifikasi masalah, studi literatur, persiapan, pengumpulan data, pengolahan data, uji akurasi, dan penyusunan laporan (dapat dilihat pada gambar 4).



Gambar 4. Diagram alir tahap penelitian

3.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap awal untuk menentukan masalah yang akan diangkat dan diselesaikan dalam penelitian, sehingga dapat disusun rumusan masalah dan tujuan pelaksanaan penelitian. Identifikasi masalah terdiri dari pengumpulan studi literatur dan penentuan lokasi.

1. Pengumpulan Studi Literatur

Merupakan tahapan yang dilakukan untuk memperoleh teori-teori yang mendukung penelitian terkait masalah yang diangkat. Tahapan ini dilakukan dengan membaca buku, jurnal, penelitian terdahulu dan internet yang bertujuan untuk memahami materi yang akan diteliti.

2. Penentuan Lokasi

Lokasi penelitian berada di perairan Pulau Tegal, Kabupaten Pesawaran, Lampung dengan letak geografis $05^{\circ}34'05''$ Lintang Selatan dan $105^{\circ}16'31''$ Bujur Timur. Pulau Tegal memiliki luas lebih dari 98 Ha, terletak di perairan Teluk Lampung. Penelitian dilakukan pada perairan laut dangkal Pulau Tegal dengan kedalaman kurang dari 5 meter. Pengumpulan data lapangan dilaksanakan pada bulan April 2018 sedangkan pengolahan data dilakukan mulai bulan Mei 2018 sampai Juni 2018.



Gambar 5. Pulau Tegal

3.2 Persiapan

Tahapan persiapan pada penelitian ini terdiri dari persiapan alat dan bahan.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- a. Perangkat Keras
 - Seperangkat computer / laptop
 - GPS GARMIN GPSmap 78
 - Alat tulis
 - Jam Digital
 - Alat dasar selam dan SCUBA set
 - Kamera underwater GO PRO Hero 4+
- b. Perangkat Lunak
 - Microsoft Office 2007
 - *Software* ArcGIS 10.3.1

- *Software* ENVI Classic 5.1
- *Software* ER Mapper 7.1

Sedangkan untuk bahan yang digunakan adalah :

Citra satelit Landsat 5 tahun 1998, Landsat 5 tahun 2008, Landsat 8 tahun 2015, Landsat 8 tahun 2018, dan peta bathimetri kedalaman 30 m.

3.3 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Data Primer dan Data Sekunder.

1. Pengumpulan Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dengan cara pengamatan langsung di lapangan dengan metode survey lapangan terhadap kondisi sumberdaya (biofisik dan lingkungan).

Data lapangan diperoleh dengan cara pengambilan posisi koordinat dan foto terhadap objek di lapangan. Pencatatan posisi koordinat dan nama objek sesuai dengan letak pixel saat foto diambil.

Survei dilakukan selama satu hari, pada tanggal 3 Juni 2018 pukul 08.00 WIB sampai 15.00 WIB. Survei dilakukan dengan memanfaatkan 3 orang mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Lampung. Lokasi pengambilan sampel adalah Pulau Tegal, Pesawaran, Lampung.

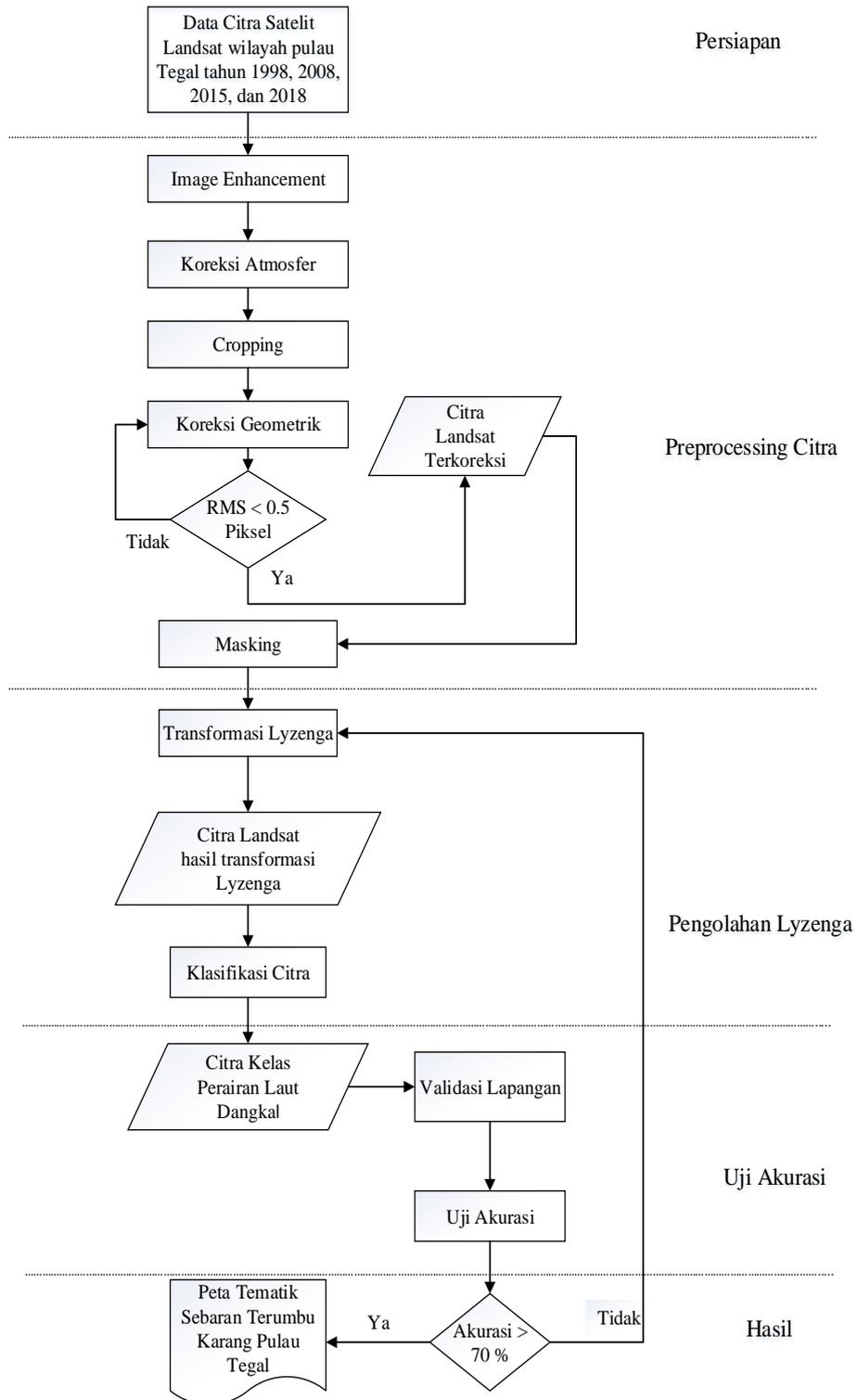
2. Pengumpulan Data Sekunder

Data Sekunder adalah data yang diperoleh dengan cara mengumpulkan data dari instansi terkait sesuai kebutuhan data yang dikaji.

Data yang digunakan yaitu data kedalaman laut Pulau Tegal Lampung yang diperoleh dari Pushidrosal TNI AL dan data citra satelit Landsat perekaman tahun 1998, tahun 2008, tahun 2015, dan tahun 2018 yang diunduh secara gratis di *earthexplorer.usgs.gov*

3.4 Pengolahan Data Citra

Pengolahan data merupakan tahap dimana seluruh data-data yang telah ada akan diolah. Pada proses pengolahan data citra terdapat beberapa langkah untuk mengetahui sebaran habitat dasar perairan di Pulau Tegal, yaitu peningkatan mutu citra (*image enhancement*), koreksi atmosfer, *cropping*, koreksi geometrik, *masking* citra, transformasi *lyzenga*, dan klasifikasi *unsupervised*, serta dilakukan uji akurasi (dapat dilihat pada gambar 6).



Gambar 6. Diagram alir tahap pengolahan

3.4.1 *Image Enhancement*

Penajaman citra perlu dilakukan agar informasi yang terdapat pada citra dapat lebih mudah diinterpretasikan untuk suatu tujuan tertentu. Citra yang terlihat kabur karena adanya hamburan (*scattering*) dari cahaya matahari oleh pengaruh atmosfer yang terekam sensor satelit. Efek ini dapat menurunkan kekontrasan citra, akibatnya kenampakan penutupan lahannya sulit dibedakan. Beberapa ketentuan yang dapat dipertimbangkan dalam pemilihan penajaman citra diantaranya penajaman kontras, komposit warna (*color composit*), penapisan (*filtering*).

Penajaman kontras dilakukan untuk mengubah nilai spectral citra asli menjadi citra baru, sehingga kekontrasan antar obyek menjadi lebih tinggi (kontras). Modifikasi kontras dapat dilakukan secara digital untuk meningkatkan beda kontras antara nilai spectral yang menggambarkan obyek tertentu sesuai dengan keperluannya. Cara yang dapat dilakukan untuk peningkatan kekontrasan citra yaitu *linear contrast stretching*, *histogram equalization*, *Gaussian Stretch*.

Komposit warna dilakukan dengan penggabungan beberapa saluran (band) agar dapat menonjolkan fenomena permukaan bumi yang lebih interpretative.

Penapisan dilakukan untuk menghilangkan variasi spektral tertentu sehingga menghasilkan citra baru yang ekspresif dalam menonjolkan pola-pola tertentu, seperti kelurusan atau planimetris obyek dan pengelompokan obyek.

3.4.2 Koreksi Atmosfer

Citra Landsat yang diunduh sudah dalam *Top of Atmosphere* (TOA) *Reflectance* sehingga tidak perlu melakukan kalibrasi radiometrik. Nilai TOA *Reflectance* citra Landsat tersebut terdapat pada file metadata.

Koreksi atmosfer *Dark Object Substraction* (DOS) dilakukan karena tidak diketahuinya parameter data lapangan untuk mengkoreksi citra dan tidak diketahui model efek atmosfer yang dapat mengansumsikan kondisi atmosfer pada saat data citra direkam. Menurut Nurlina (2008) nilai reflektan yang dihasilkan dengan metode ini sesuai dengan teori bahwa rentang nilai reflektan berkisar antara 0 - 1.0. DOS menggunakan pendekatan bahwa nilai reflektan piksel seluruh citra dikurangi oleh nilai reflektan obyek tergelap.

3.4.3 Cropping

Pemotongan citra atau *cropping* citra ini dilakukan dengan tujuan yaitu untuk memfokuskan area penelitian atau wilayah yang akan dikaji, lebih efektif dan efisien dalam proses pengolahan citra, dan menghemat memori penyimpanan karena ukuran data hasil crop lebih kecil. Terdapat beberapa cara untuk melakukan pemotongan citra, diantaranya menggunakan *Region of Interest* (ROI). Secara visual, citra yang telah dipotong memiliki kenampakan visual yang lebih terang dibandingkan sebelumnya. Ukuran citra yang telah dipotong menjadi lebih kecil dari sebelumnya sehingga proses pengolahan menjadi lebih efisien.

3.4.4 Koreksi Geometrik

Pada satelit landsat 5 dan landsat 8 yang digunakan pada penelitian ini merupakan produk level 1 G yang dimana citra tersebut sudah terkoreksi secara geometrik. Meskipun sudah terkoreksi geometrik perlu dilakukan proses koreksi geometrik untuk mengetahui ketelitian geometrik citra. Pada proses koreksi geometrik citra yang dijadikan acuan yaitu peta RBI skala 1: 50.000. Kesalahan geometrik menunjukkan seberapa jauh titik koordinat tersebut bergeser dari koordinat yang sebenarnya. Ketelitian geometrik dapat dilihat dari nilai akurasi horizontal atau koordinat X dan Y, dimana akurasi horizontal Citra Landsat tidak boleh lebih dari setengah piksel atau 15 m. Jika memenuhi syarat maka citra ini dapat dijadikan data penelitian.

Proses koreksi geometrik dilakukan pada citra yang telah dipotong, tujuannya untuk memfokuskan citra pada wilayah penelitian, hal ini dapat meminimalkan titik GCP yang akan digunakan sebagai proses validasi lapangan. Titik yang digunakan pada proses uji akurasi geometrik sebanyak 10 titik dengan titik persebaran berada pada tepi-tepi pulau yang dianggap tidak mengalami perubahan. Akurasi akan dianggap baik bila nilai RMS sama dengan setengah dari piksel.

Name	On	Edit	Undo	Cell X	Cell Y	Easting	Northing	Height	RMS
1	On	Edit		39.36	34.62	530460.00E	9385262.00N	0.00	0.43
2	On	Edit		39.63	34.76	530463.00E	9385261.00N	0.00	0.53
3	On	Edit		48.24	37.93	530719.00E	9385137.00N	0.00	0.26
4	On	Edit		49.64	35.44	530767.00E	9385210.00N	0.00	0.25
5	On	Edit		58.39	33.20	531027.00E	9385279.00N	0.00	0.04
6	On	Edit		62.48	37.48	531152.00E	9385147.00N	0.00	0.05
7	On	Edit		54.73	73.56	530922.00E	9384071.00N	0.00	0.21
8	On	Edit		47.83	73.99	530712.00E	9384053.00N	0.00	0.15
9	On	Edit		42.58	79.24	530556.00E	9383902.00N	0.00	0.03
10	On	Edit		36.53	33.69	530374.00E	9385263.00N	0.00	0.56

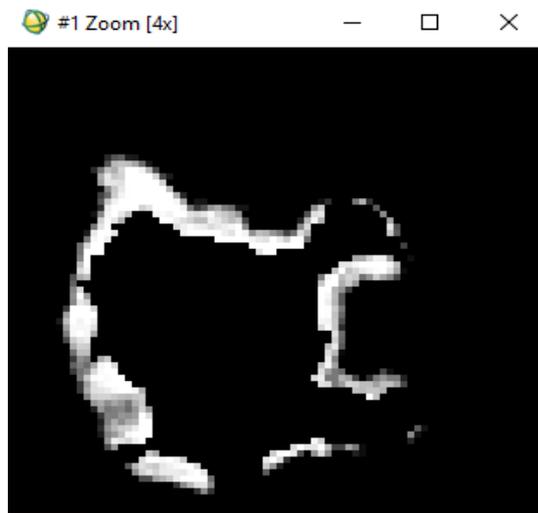
Gambar 7. Nilai RMS GCP georeferencing

3.4.5 Masking Citra

Sebelum dilakukannya klasifikasi pada daerah penelitian perairan laut dangkal untuk memudahkan pengkelasan terumbu karang dan non terumbu karang, maka perlu dilakukannya pemisahan antara daratan dan lautan. Dalam proses ini hanya perlu mempertimbangkan radiansi spektral dari objek dasar perairan. Perhitungan adanya awan tidak terlalu berpengaruh karena tutupan yang sangat sedikit tidak akan menimbulkan pengaruh besar dalam proses klasifikasi. *Masking* yang menjadi pemisah antara daratan dan lautan menggunakan band 4 dan band 3 pada landsat 5 dan band 5 dan band 4 pada landsat 8. Dikarenakan band tersebut memiliki karakteristik spektral yang akan terserap penuh oleh kolom air atau band *Near Infrared* (NIR) untuk masking daerah daratan dan band 3 untuk masking daerah lautan, sehingga yang tersisa hanya perairan laut dangkal dan pasir saja. Band yang memiliki karakteristik NIR akan terlihat gelap atau berwarna hitam pada perairan. Namun dengan membalik batas *digital number* minimal, daerah hitam akan terdeteksi daerah daratan. Dengan menentukan radiansi spektral tertentu pada band tersebut.



Gambar 8. Mask band 4 dan band 3

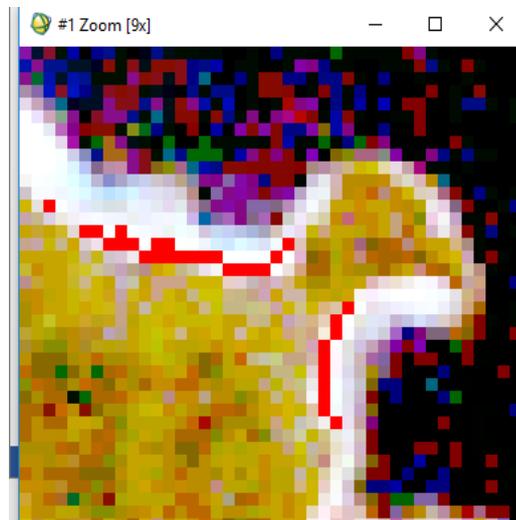


Gambar 9. Hasil masking

3.4.6 Transformasi *Lyzenga*

Fungsi penggunaan algoritma *Lyzenga* itu sendiri dapat mereduksi pengaruh dari kolom air pada kedalaman tertentu dengan membuat suatu kanal baru dari hasil perhitungan band a dan band b yang akan digabungkan menjadi 1 band dari hasil perhitungan hubungan spektral antara band tersebut. Perhitungan algoritma *lyzenga* terdiri dari beberapa langkah, yaitu pemilihan sampel pasir dan perhitungan koefisien atenuasi.

Pemilihan sampel pasir menggunakan ROI (*Region Of Interest*) bertujuan mengetahui nilai radian pada perairan laut dangkal pada kedalaman berbeda-beda, nilai kedalaman diperkirakan dari jarak garis pantai terluar sampai batas perairan laut dangkal sebelum daerah yang terkena masking. Dimana nilai dari ROI tersebut akan digunakan dalam perhitungan nilai varian dan kovarian setiap band yang akan digunakan untuk perhitungan algoritma.



Gambar 10. Data ROI menandai wilayah pasir

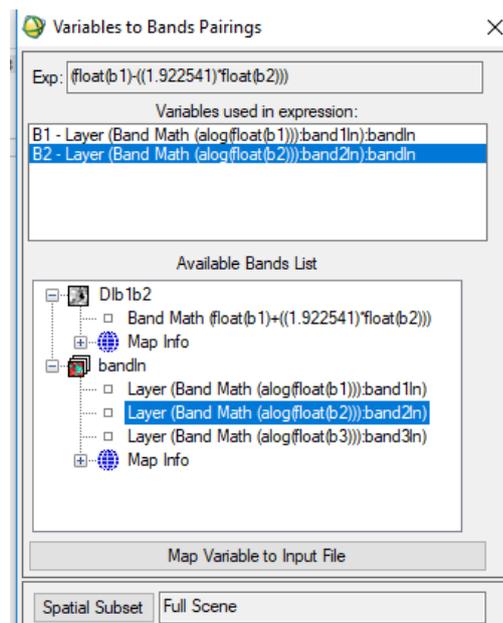
ID	X	Y	Map X	Map Y	Lat	Lon	B1	B2	B3
1	33	51	530130	9385240	-5,56169	105,272	-3,3188	-2,6823	-2,6387
2	32	51	530100	9385240	-5,56169	105,2718	-4,1417	-3,1464	-3,3508
3	34	52	530160	9385210	-5,56196	105,2723	-4,1417	-3,0364	-3,1429
4	36	53	530220	9385180	-5,56223	105,2729	-3,5545	-2,7613	-2,7574
5	35	53	530190	9385180	-5,56223	105,2726	-4,3279	-3,2726	-3,3508
6	38	54	530280	9385150	-5,5625	105,2734	-3,4739	-2,8437	-2,7574
7	39	54	530310	9385150	-5,5625	105,2737	-3,0749	-2,5458	-2,4355
8	37	54	530250	9385150	-5,5625	105,2731	-3,873	-3,1487	-2,9709
9	42	55	530400	9385120	-5,56277	105,2745	-3,1943	-2,5458	-2,3908
10	52	55	530700	9385120	-5,56277	105,2772	-2,7536	-2,2681	-2,1571
11	50	55	530640	9385120	-5,56277	105,2766	-3,1967	-2,6837	-2,6977
12	24	56	529860	9385090	-5,56305	105,2696	-3,3133	-2,4816	-2,5313
13	47	56	530550	9385090	-5,56304	105,2758	-3,7638	-2,8455	-2,8958
14	23	57	529830	9385060	-5,56332	105,2693	-3,014	-2,4235	-2,1923
15	22	58	529800	9385030	-5,56359	105,2691	-3,1237	-2,6104	-2,4355
16	59	59	530910	9385000	-5,56386	105,2791	-3,4083	-2,6852	-2,7007
17	22	60	529800	9384970	-5,56413	105,2691	-3,9795	-3,144	-3,1406
18	57	61	530850	9384940	-5,5644	105,2785	-2,978	-2,4258	-2,307
19	57	62	530850	9384910	-5,56467	105,2785	-2,978	-2,7645	-2,4366
20	21	63	529770	9384880	-5,56495	105,2688	-3,3106	-2,7582	-2,5829
21	56	63	530820	9384880	-5,56494	105,2783	-3,4869	-2,484	-2,4846

Gambar 11. Nilai ROI

Gambar 11 Menunjukkan nilai-nilai Digital Number setiap band yang diambil menggunakan sample ROI dengan kedalaman berbeda-beda, dimana nilai-nilai band tersebut akan digunakan untuk mencari Nilai Atenuasi, Varian Kovarian, dan Koefisien atenuasi

Varian B1	0,151163
Varian B2	0,068113
Varian B3	0,089018
covarb1b2	0,090023
a	0,46127
ki/kj	1,922541
Covarb1b3	0,106701
a	0,291209
ki/kj	1,582419
Covarb2b3	0,071007
a	-0,14721
ki/kj	1

Gambar 12. Nilai atenuasi varian kovarian dan koefisien atenuasi

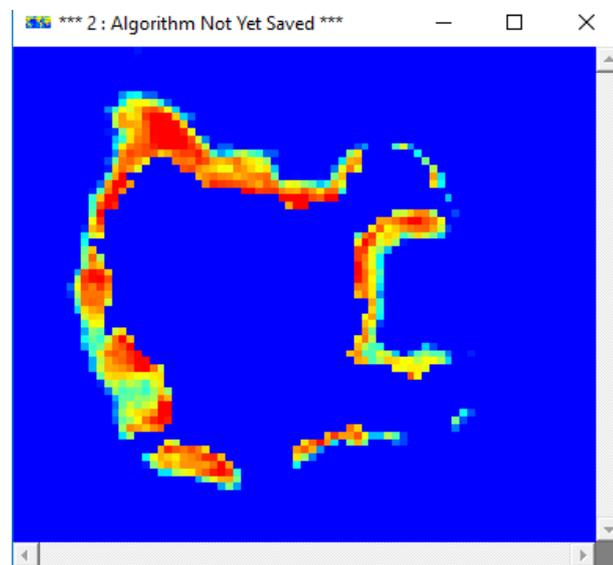


Gambar 13. Variable to bands pairing

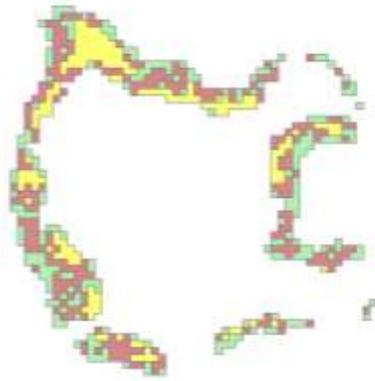
Gambar 13 adalah proses akhir untuk mendeteksi terumbu karang dimana nilai koefisien band 1 dan band 2 dari proses perhitungan algoritma *lyzenga* akan dimasukan dalam penggabungan band tersebut menjadi satu kanal. Pada landsat 5 adalah penggabungan band 1 dan 2 menggunakan band math, sedangkan landsat 8 adalah penggabungan band 2 dan 3 dengan merujuk pada rumus 4.

3.4.7 Klasifikasi *Unsupervised*

Klasifikasi *Unsupervised* merupakan langkah kerja yang digunakan untuk membuat penggolongan berdasarkan daerah yang dikehendaki. Proses klasifikasi dilakukan agar objek yang sama pada data citra diwakili oleh satu warna saja, sehingga nantinya objek-objek dapat dibedakan berdasarkan warna.



Gambar 14. Hasil penggabungan band 1 dan 2 pada landsat 5



Gambar 15. Hasil klasifikasi

Gambar 15 adalah hasil dari penggabungan band 1 dan 2 pada landsat 5 dimana hasil tersebut akan menjadi acuan dalam proses klasifikasi.

Setelah proses penggabungan band, pengkelasan pada hasil pengolahan citra akan langsung terjadi, namun ada beberapa warna atau kelas yang tidak diperlukan pada penelitian. Peneliti hanya memerlukan 3 kelas pada penelitian ini yaitu pasir, terumbu karang, dan lamun.

3.5 Uji Akurasi

Uji akurasi digunakan untuk mengetahui seberapa akurat hasil dari klasifikasi atau kedekatan hasil klasifikasi citra terhadap nilai sebenarnya di lapangan. Perhitungan akurasi dilakukan dengan matriks konfusi dan data lapangan. Pada prinsipnya, *confusion matrix* menyusun data hasil klasifikasi dan hasil pengamatan di lapangan dalam sebuah tabel perbandingan persentase. Informasi dari setiap tipe penutupan lahan yang telah diproses akan dikoreksi menggunakan *confusion matrix*.

Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *stratified random sampling*. Metode ini merupakan suatu teknik sampling dimana populasi

dipisahkan ke dalam kelompok-kelompok yang tidak tumpang tindih (*overlapping*) yang disebut sebagai bub populasi (strata), kemudian dari setiap strata tersebut diambil sampel secara acak (*random sampling*). Jumlah sampel yang harus diambil proporsional terhadap luasan terumbu karang dan kelas lain yang ada.

Verifikasi lapangan dilakukan dengan pengecekan lapangan serta pengukuran GPS beberapa titik sampel dengan menggunakan *tracking area* dengan mengambil koordinat GCP dan deskripsi lapangan serta pengecekan lapangan sebagai data penguji *matrix confusion*. Dari data lapangan berupa koordinat serta gambaran yang sesuai/ketidaksesuaian dengan hasil pengolahan.

Tabel 7. Hasil validasi lapangan

No	Koordinat UTM		Jenis Kelas	Foto	Sesuai/Tidak
	X	Y			
1	530460	9385262	Terumbu Karang		Sesuai
2	530463	9385261	Terumbu Karang		Sesuai

3	530719	9385137	Terumbu Karang		Sesuai
4	530858	9384825	Terumbu Karang		Sesuai
5	531027	9385279	Terumbu Karang		Sesuai
6	531116	9385191	Pasir		Sesuai
7	531152	9385147	Terumbu Karang		Sesuai
8	531069	9384929	Pasir		Sesuai

9	530858	9384825	Lamun		Tidak Sesuai
10	530901	9384472	Lamun		Sesuai
11	531114	9384416	Pasir		Sesuai
12	531343	9384360	Pasir		Sesuai
13	531086	9384060	Terumbu Karang		Sesuai
14	531079	9384056	Terumbu Karang		Sesuai

15	530922	9384071	Terumbu Karang		Sesuai
16	530825	9384091	Pasir		Sesuai
17	530712	9384053	Terumbu Karang		Sesuai
18	530556	9383902	Terumbu Karang		Tidak Sesuai
19	529990	9383993	Pasir		Sesuai
20	529942	9384179	Lamun		Sesuai

21	529944	9384404	Lamun		Sesuai
22	529802	9384524	Lamun		Sesuai
23	529786	9384745	Lamun		Tidak Sesuai
24	529828	9385015	Pasir		Sesuai
25	529825	9384997	Pasir		Sesuai
26	530203	9385255	Pasir		Sesuai

27	530374	9385263	Terumbu Karang		Sesuai
28	530383	9385219	Terumbu Karang		Sesuai
29	530491	9385219	Terumbu Karang		Sesuai
30	530476	9385257	Terumbu Karang		Sesuai
31	530429	9385263	Terumbu Karang		Sesuai
32	530391	9385274	Terumbu Karang		Sesuai

33	530056	9385470	Terumbu Karang		Sesuai
34	529878	9385448	Terumbu Karang		Sesuai
35	531069	9384929	Terumbu Karang		Sesuai
36	530901	9384472	Terumbu Karang		Sesuai

3.6 Metode Analisis Data

Adapun metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Metode overlay (tumpang susun peta)

Metode overlay peta digunakan untuk mengetahui perubahan luas terumbu karang yang terjadi. Dimana perubahan terumbu karang ini meliputi perubahan luasan. Perolehan data perubahan luasan terumbu karang didapatkan dari hasil overlay interpretasi citra satelit Landsat. Teknik yang digunakan untuk overlay peta pada penelitian ini adalah *intersect overlay*, untuk menghasilkan output dengan atribut yang

memiliki data atribut dari kedua theme. Interpretasi citra Landsat 5 tahun 1998 dan interpretasi citra Landsat 5 tahun 2008 di overlay untuk mendapatkan perubahan luas terumbu karang tahun 1998-2008. Kemudian interpretasi citra Landsat 5 tahun 2008 dan interpretasi citra Landsat 8 tahun 2015 di overlay untuk mendapatkan perubahan luas terumbu karang tahun 2008-2015. Selanjutnya mengoverlay hasil interpretasi citra Landsat tahun 2015 dengan hasil overlay interpretasi citra Landsat 2018. Dari hasil overlay tersebut dapat diketahui total perubahan luasan terumbu karang di wilayah pesisir Pulau Tegal Kecamatan Padang Cermin tahun 1998-2018.

2. Metode analisis deskriptif

Metode analisis deskriptif ini menjelaskan hasil trend perubahan luas terumbu karang pada tahun 1998, 2008, 2015, dan 2018 di pesisir Pulau Tegal Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Lampung.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh memanfaatkan sinar radiasi elektromagnetik pada spektrum band biru dengan range panjang gelombang ($0,452 \mu m - 0,512 \mu m$) dan sinar hijau dengan range panjang gelombang ($0,533 \mu m - 0,590 \mu m$) menggunakan algoritma Lyzenga dapat mendeteksi terumbu karang.
2. Dari hasil pengolahan citra landsat menggunakan algoritma *lyzenga* dapat disimpulkan bahwa terjadi perubahan dan pengurangan luasan terumbu karang dari tahun 1998 – 2018. Kelas terumbu karang mengalami pengurangan luasan seluas 11,22 ha pada tahun 1998-2018. Kelas terumbu karang yang berubah menjadi kelas pasir seluas 9,13 ha atau sebesar 29,49%, kelas terumbu karang yang berubah menjadi lamun seluas 4,38 ha atau sebesar 14,15%, kelas pasir yang berubah menjadi terumbu karang seluas 2,08 ha atau sebesar 13,52%, kelas lamun yang berubah menjadi terumbu karang seluas 0,21 ha atau sebesar 0,25%.

Perubahan luas terumbu karang pada tahun 1998-2018 yang paling besar yaitu perubahan terumbu karang menjadi pasir seluas 9,13 ha atau sebesar 29,49%, sedangkan perubahan paling kecil yaitu perubahan lamun menjadi terumbu karang seluas 0,21 ha atau sebesar 0,25%. Pada kelas lainnya perubahan luasan paling besar yaitu perubahan lamun menjadi pasir seluas 5,76 ha atau sebesar 6,96%, sedangkan perubahan paling kecil yaitu perubahan pasir menjadi lamun seluas 2,67 ha atau sebesar 17,35%.

3. Trend perubahan luasan pada kelas terumbu karang mengalami penurunan dari tahun ke tahun dan luasan cenderung berkurang, yaitu penurunan seluas 3,82 ha pada tahun 2008, 5,47 ha pada tahun 2015, dan 1,93 ha pada tahun 2018. Pada kelas pasir trend mengalami kenaikan dan penurunan luasan yaitu kenaikan seluas 7,27 ha pada tahun 2008, kemudian mengalami kenaikan seluas 17,77 ha pada tahun 2015, dan mengalami penurunan 16,01 ha pada tahun 2018. Pada kelas lamun trend mengalami penurunan dan kenaikan luasan yaitu penurunan pada tahun 2008 seluas 3,45 ha, kemudian mengalami penurunan 12,30 ha pada tahun 2015, dan mengalami kenaikan 18,11 ha pada tahun 2018.
4. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan pengurangan luasan terumbu karang di Pulau Tegal disebabkan karena faktor alam dan faktor manusia. Kerusakan terumbu karang yang disebabkan faktor alam diantaranya suhu, ombak, dan arus. Sedangkan kerusakan terumbu karang yang disebabkan faktor manusia yaitu pengeboman, penambangan

karang untuk bahan bangunan dan souvenir, kerusakan karang akibat jangkar kapal, kegiatan budidaya laut dan wisata.

5.2 Saran

Metode pemetaan terumbu karang dengan klasifikasi *Unsupervised* dapat dikembangkan dengan membandingkan menggunakan metode yang lain seperti metode Brovey, Hue Saturation Intensity (HSI), dan algoritma Jupp, sehingga dapat dilakukan perbandingan hasil luasan dari metode yang berbeda untuk meningkatkan ketelitian hasil pemetaan luasan terumbu karang.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, M., 2008. Analisis Penentuan Ekosistem Laut Pulau-Pulau Kecil dengan Menggunakan Data Satelit Resolusi Tinggi Studi Kasus: Pulau Bokor, *Majalah Sains Dan Teknologi Dirgantara*, (3), 149–57.
- Bierwirth PN, Lee TJ, and Burne RV, 1993, *Shallow Sea-Floor Reflectance and Water Depth Derived by Unmixing Multispectral Imagery*, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 59(3): 331-338.
- Birkeland, C. (1997). *Life and death of coral reefs*. Chapman and Hall. International Thomson Publishing, New York, Washington.
- Chang, K.T. 2008. *Introduction to Geographic Information Systems*. Fourth Edition. Mc. Graw Hill International Editions.
- Dahuri, R., J. Rais, S.P. Ginting dan M.J. Sitepu. 2001. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. Edisi ke-2. PT. Pradnya Paramita Jakarta.
- Dewi, C., Armijon, F., Paradais, V., Andari, R., & Khotimah, S. N. (2013, November). Analysis of Green Open Space in the City of Bandar Lampung. In *Dalam: Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi V, Lembaga Penelitian Universitas Lampung, Bandar Lampung* (pp. 19-20).
- Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Lampung, (2007). *Laporan Akhir Kajian Potensi Sumber daya Kelautan dan Perikanan Provinsi Lampung*. Kerjasama Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Lampung dengan CV.Alfreges. Langgur.
- Dulimarta, Hans S., *Diktat Kuliah Pengolahan Citra*, Jurusan Teknik Informatika ITB, 1997.
- Fajriyanto, A. Armijon, and Eko Rahmadi, 2012, Potential Dangers of Earthquake and Strain Analysis in the Sunda Strait Based GPS (Global Positioning System). *Journal of Engineering*, 16.
- Faizal, A. 2001. *Penerapan Teknik Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Untuk Penyusunan Tata Ruang Ekosistem Terumbu Karang Di Pulau Tanakeke Sulawesi Selatan* (Tesis). Yogyakarta: Program Studi

- Penginderaan Jauh, Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada.
- Gorunescu, F. (2011). *Data Mining: Concepts, Models, and Techniques*. Verlag Berlin Heidelberg: Springer.
- Green, E.P., P.J. Mumby, A.J. Edwards, and C.D. Clark. 2000. *Remote sensing handbook for tropical coastal management*. UNESCO, Paris.
- Harahap, A. K. 2004. *Kondisi Ekosistem Terumbu Karang di Perairan Sekitar Pulau Batam, Riau [Skripsi]*. FPIK – IPB, Bogor.
- Hartoni, 2011. *Kondisi Terumbu Karang di Perairan Pulau Tegal dan Sidodadi Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung [Skripsi]*. FPIK – IPB, Bogor.
- Jaelani LM, Matsushita B, Yang W, Fukushima T. 2013. Evaluation of four MERIS atmospheric correction algorithms in Lake Kasumigaura, Japan. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 34, No. 24, 8967– 8985.
- James W. Nybakken, 2001. *Marine Biology: an Ecological Approach* (5th ed.). New York: Benjamin-Cummings Publishing Company.
- Jensen, J.R., 1986. *Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective*. London: Prentice Hall: 95104.
- Johan Irawan, 2017. *Pemetaan Sebaran Terumbu Karang dengan Metode Algoritma Lyzenga Secara Temporal Menggunakan Citra Landsat 5 7 dan 8 [Skripsi]*. FT-UNDIP, Semarang.
- Kunzmann, A., & Efendi, Y., 1994. Kerusakan Terumbu Karang Di Perairan Sepanjang Pantai Sumatera Barat, *Jurnal Pen. Perikanan Laut*, (91), 48–56.
- Lillesand, TM dan RW.Kiefer 1979. *Remote Sensing and Image Interpretation*, Jhon Villey and Sons, New York.
- Lyzenga, D. R., 1978. Passive Remote Sensing Techniques for Mapping Water Depth and Bottom Features, *Applied Optics*, 17(3), 379–83. Retrieved from [http:// www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20174418](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20174418).
- Lyzenga, D. R. (1981). Remote Sensing of Bottom Reflectance and Water Attenuation Parameters in Shallow Water Using Aircraft and Landsat Data. *International Journal Remote Sensing*, 72-82.
- Manuputty, A. E. 2008. Beberapa Aspek Ekologi Oktokoral. *Oseana–Majalah Ilmiah Semi Populer*, Vol. XXXIII No.2 hal: 33-42. P2O- LIPI, Jakarta.

- Marini, Y, dkk. 2014. Perbandingan Metode Klasifikasi Supervised Maximum Likelihood dengan Klasifikasi Berbasis Objek untuk Inventarisasi Lahan Tambak di Kabupaten Maros. LAPAN.
- Nontji.A. 1993. Laut Nusantara.Djambatan.Jakarta
- Nybakken, J.W. 1992. Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis (Alih bahasa Oleh: Muh. Eidman, Koesoebiono, Dietrieck G.B., M. Hutomo, S.Sukardjo). Penerbit Pt.Gramedia.Jakarta.459 hal.
- Pasaribu, R. A., 2008. Studi Perubahan Luasan Terumbu Karang Dengan Menggunakan Data Penginderaan Jauh Di Perairan Bagian Barat Daya Pulau Moyo, Sumbawa. Institut Pertanian Bogor.
- Purwadhi, F. S. H., 2001, Interpretasi Citra Digital, Grasindo, Jakarta.
- Ratnasari, E. 2000. Pemantauan Kebakaran Hutan dengan Menggunakan Data Citra NOAA-AVHRR dan citra Landsat-TM. Skripsi Mahasiswa Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Riswanto, E., 2009, "Evaluasi Akurasi Klasifikasi Penutupan Lahan Menggunakan Citra ALOS PALSAR Resolusi Rendah Studi Kasus di Pulau Kalimantan", skripsi, Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Siregar, V.P. (2010). Pemetaan Substrat Dasar Perairan Dangkal Karang Congkak dan Lebar Kepulauan Seribu Menggunakan Citra Satelit Quickbird. EJurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis. 2(1):1930.
- Sjafrie, N. D. M. 2011. Pemantauan Perikanan Berbasis Masyarakat Wilayah Indonesia Bagian Barat Tahun 2010. CRITC-COREMAP II-LIPI. Jakarta.
- Stumpf, R. P., Arnone, R. A., Gould, R. W., Martinolich, P. M., & Ransibrahmanakul, V., 2003. A Partially Coupled OceanAtmosphere Model for Retrieval of WaterLeaving Radiance from Seawifs in Coastal
- Sugiyanto, G. 2004. Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Karang (*Caulastrea furcata*) dengan Fragmentasi Buatan di Perairan Pulau Pari Kepulauan Seribu [Skripsi]. FPIK – IPB, Bogor.
- Suharsono, 1998. Conditions of Coral Reef Resources in Indonesia, Paper dalam Jurnal Pesisir dan Lautan Vol 1 No.2. PKSPL-IPB.Bogor.
- Suharsono. 1998. Kesadaran masyarakat tentang terumbu karang (kerusakan karang di Indonesia). P3O-LIPI, Indonesia: 77 hlm.
- Suharsono. 2008. Bercocok Tanam Karang dengan Transplantasi. Pusat Penelitian Oseanografi - LIPI Press, Jakarta.

- Supriharyono. 2000. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam Pesisir Tropis*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Supriharyono. 2002. *Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang*. Djambatan. Jakarta.
- Supriharyono, 2007. *Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang Edisi Revisi*. Djambatan, Jakarta.
- Susilo, S. B. 1997. *Penginderaan Jauh untuk Mangrove*. Fakultas Perikanan IPB. Bogor
- Suwargana, N., 2014. Analisis Citra ALOS AVNIR-2 Untuk Pemetaan Terumbu Karang (Studi Kasus: Banyuputih, Kab. Situbondo), In Seminar Nasional Penginderaan Jauh, Deteksi Parameter Geobiofisik Dan Diseminasi Penginderaan Jauh (pp. 588–9).
- Syahnul Sardi Titaheluw, 2012. *Status Terumbu Karang dan Ikan Karang di Perairan Sidodadi dan Pulau Tegal Provinsi Lampung [Skripsi]*. FPIK – UHO, Kendari.
- Waters, NASA technical memorandum 2003-206892(22), Nasa Technical Memorandum (Vol. 22). Greenbelt, Maryland.
- Wilkinson, C. 2008. *Status of Coral Reefs of the World*. Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Center. Townsville, Australia. 296p.
- Wiryanawan B, Marsden B, Sussanto HA, Ahmad M, Poespitasari H. 1999. *Atlas sumberdaya wilayah pesisir lampung*. Pemda Provinsi Lampung dan Proyek Pesisir Lampung. Bandar Lampung.
- Yusuf, M. 2013. *Kondisi Terumbu Karang dan Potensi Ikan di Perairan Taman Nasional Karimunjawa, Kabupaten Jepara*. Buletin Oseanografi Marina 2:5460.