

**LAPORAN PENELITIAN
PENELITIAN PENGEMBANGAN IPTEK (PPI)
DANA PNBP/BLU - LEMLIT UNG
TAHUN ANGGARAN 2015**



**ANALISIS KESTABILAN GARIS PANTAI DAN PERUBAHAN
TUTUPAN LAHAN PESISIR SELATAN GORONTALO
MENGUNAKAN DATA CITRA LANDSAT
DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS**

**Faizal Kasim, S.IK, M.Si NIDN. 0016077305
Dr. Azis Salam, ST, M.Agr NIDN. 0002017210**

**JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKLUTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO
Oktober, 2015**

HALAMAN PENGESAHAN PENELITIAN DOSEN PEMULA

Judul Kegiatan : ANALISIS KESTABILAN GARIS PANTAI DAN PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN PESISIR SELATAN GORONTALO MENGGUNAKAN DATA CITRA LANDSAT DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Ketua Peneliti

A. Nama Lengkap : Faizal Kasim, S.IK, M.Si
B. NIDN : 0016077305
C. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
D. Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan
E. Nomor HP : 081386116119
F. Email : Kasim.Faizal@gmail.com

ANGGOTA PENELITI

(1)

A. Nama Lengkap : Dr. Aziz Salam, ST, M.Agr
B. NIDN : 0002017210
C. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Gorontalo

Lama Penelitian

Keseluruhan : 6 bulan

Penelitian Tahun ke : 1

Biaya Penelitian

Keseluruhan : 21.000.000,-

Biaya Tahun Berjalan : - Diusulkan Ke Lembaga : 25.000.000,-

- Data Internal : -

- Dana Institusi Lain : -



Mengetahui,
Dekan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan

(Dr. Abdul Hafidz Olij, S.Pi, M.Si)
NIP/NIK. 19730810 200112 1 001

Gorontalo, 20 November 2015
Ketua Peneliti,

(Faizal Kasim, S.IK, M.Si)
NIP/NIK. 19730716 200012 1 001



Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian

(Prof. Dr. Abd. Kadim Masaong, M.Pd)
NIP/NIK. 19611114 198703 1 002

IDENTITAS PENELITIAN

1. Judul Usulan : Analisis Kestabilan Garis Pantai dan Perubahan Tutupan Lahan Pesisir Selatan Gorontalo Menggunakan Data Citra Landsat dan Sistem Informasi Geografis
2. Ketua Peneliti :
- a) Nama lengkap : Faizal Kasim, S.IK, M.Si
- b) Bidang keahlian : Ilmu Kelautan, Inderaja & SIG
- c) Jabatan Struktural : Ketua Jurusan
- d) Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- e) Unit kerja : Fakultas Perikanan dan ilmu Kelautan Universitas Negeri Gorontalo.
- f) Alamat surat : Jl. Jaksa Agung Suprpto No. 7 Kota Gorontalo
- g) Telpon/Faks : 0813 8611 6119
- h) E-mail : faizalkasim@ung.ac.id
3. Anggota peneliti :
- Tim Peneliti :

| No. | Nama dan Gelar Akademik | Bidang Keahlian | Mata Kuliah yang Diampu | Instansi | Alokasi Waktu (jam/ minggu) |
|-----|---------------------------|--|---|----------|-----------------------------|
| 1. | Faizal Kasim, S.IK, M.Si | Ilmu Kelautan, Penginderaan Jauh dan Sistim Informasi Geografis, | - Dasar Penginderaan Jauh - Pengantar Oseanografi - Sumberdaya Hayati Perairan - Rehabilitasi dan Pengembangan Ekosistem | FPIK-UNG | 20 jam/minggu |
| 2 | Dr. Azis Salam, ST, M.Agr | Antropology Kepesisiran, Statsitika | - Pengantar Statistika - Metodologi Penelitian | FPIK-UNG | 18 jam/minggu |

4. Objek penelitian : Garis pantai dan Tutupan lahan
5. Masa pelaksanaan penelitian
- Mulai : Juli 2015
 - Berakhir : Desember 2015
6. Anggaran yang diusulkan : PNBP/BLU LEMLIT UNG TA 2015 / Rp. 21.000.000
7. Lokasi penelitian : Kabupaten dan Kota di wilayah Pesisir Selatan Provinsi Gorontalo
8. Hasil yang ditargetkan : Peta deliniasi garis pantai, Peta Perubahan Garis Pantai (spasial-temporal) wilayah Kabupaten/ Kota di pesisir Selatan Gorontalo.
9. Keterangan lain yang dianggap perlu : Semua jenis data yang akan dihasilkan adalah data strategis dalam pengelolaan kawasan pesisir, baik untuk arahan perencanaan program strategis maupun terkait mitigasi dan program penanggulangan kebencanaan wilayah pesisir.

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----------|
| LEMBARAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| IDENTITAS PENELITIAN..... | iii |
| DAFTAR ISI..... | iv |
| DAFTAR TABEL..... | vi |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | viii |
| ABSTRAK | ix |
| BAB I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| BAB 2. STUDI PUSTAKA | 3 |
| 2.1 Fitur Kawasan Pesisir | 3 |
| 2.1.1 Kawasan Pesisir..... | 3 |
| 2.1.2 Tutupan Lahan Pesisir | 3 |
| 2.1.3 Garis Pantai | 4 |
| 2.2 Remote Sensing (Penginderaan Jauh) dan Citra Satelit Landsat..... | 5 |
| 2.2.1 Penginderaan Jauh..... | 5 |
| 2.2.2 Citra Satelit Landsat | 4 |
| 2.3 Integrasi Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Data Citra Landsat dalam Monitoring Perubahan Garis Pantai | 5 |
| 2.3.1 Sistem Informasi Geografis (SIG)..... | 5 |
| 2.3.2 Domain dan Proksi Fitur Kawasan Pesisir dalam Analisis SIG | 6 |
| 2.3.3 Data Citra Landsat untuk Ekstraksi Garis Pantai | 6 |
| 2.4 Perspektif Inderaja dan SIG Lokasi Penelitian | 7 |
| 2.5 <i>Roadmap</i> Penelitian | 9 |
| 2.6 Kerangka Pikir Penelitian | 9 |
| BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN | 10 |
| 3.1 Tujuan Penelitian | 10 |
| 3.2 Manfaat Penelitian | 10 |
| BAB 4. METODE PENELITIAN..... | 12 |
| 4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian | 12 |
| 4.2 Obyek dan Tata Laksana Penelitian..... | 12 |
| 4.2.1 Batasan obyek Penelitian | 12 |
| 4.2.2 Alat dan Bahan | 13 |
| 4.2.3 Metode Pengumpulan Data..... | 13 |
| 4.2.4 Analisis Data | 13 |
| 4.2.5 Bagan Alir Penelitian | 14 |
| BAB 5. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | 16 |
| 5.1 Pengumpulan Data..... | 16 |
| 5.1.1 Data Primer Ground Check Point / Survey Lapangan | 16 |
| 5.1.2 Data Sekunder Utama (Data Citra Landsat) | 17 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 5.2 | Pengolahan Deteksi Garis Pantai dan Monitoring Perubahan Pesisir Menggunakan Sensor Data Citra Landsat..... | 18 |
| 5.2.1 | Proses Pre-Processing Perbaikan Data Citra Landsat..... | 19 |
| 5.2.2 | Proses Deliniasi Badan Air Dan Badan Darat (klasifikasi biner) untuk Mendapatkan Fitur Garis Pantai..... | 20 |
| A. | Pengolahan Single Band Threshold untuk Ekstraksi Garis Pantai..... | 20 |
| B. | Pengolahan Band Ratio dan Perkalian Band untuk Ekstraksi Garis Pantai..... | 21 |
| C. | Proses Analisis di Lingkungan SIG untuk Memperoleh Laju Perubahan dan Lokasi Akresi/Abrasi..... | 24 |
| 5.3 | Dinamika Spasial-Temporal Pesisir Pantai Selatan Provinsi Gorontalo..... | 26 |
| 5.3.1 | Dinamika Panjang Garis Pantai dan Luas Akresi/Abrasi..... | 26 |
| 5.3.2 | Korelasi Kejadian Proses Akresi dan Abrasi dengan Jenis tutupan Lahan di Sepanjang Pesisir Selatan Gorontalo..... | 30 |
| BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN..... | | 33 |
| 6.1 | KESIMPULAN..... | 33 |
| 6.2 | SARAN..... | 33 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | | 35 |
| LAMPIRAN-LAMPIRAN..... | | 38 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 1. Perbandingan Parameter-Parameter Spektrak Sensor Landsat-8 OLI/ LDCM dan Landsat-7 ETM+ | 5 |
| Tabel 2. Jumlah Sebaran Desa Kegiatan GCP pada Survey Lapang..... | 17 |
| Tabel 3. Data satelit Landsat yang digunakan pada penelitian..... | 18 |
| Tabel 4. Nilai <i>threshold</i> band SWIR-1 yang digunakan untuk masking darat-laut untuk analisis ekstraksi garis pantai pada metode <i>single band dataset</i> Landsat-7 ETM+ (L7 ETM+) dan Landsat-8 OLI (L8 OLI) | 21 |
| Tabel 5. Panjang garis pantai dan perubahannya selama rentang waktu 14 tahun (2001 s.d 2015) pada tiap kecamatan kabupaten/kota pesisir Provinsi Gorontalo..... | 27 |
| Tabel 6. Luas akresi dan abrasi (ha) tiap kecamatan di kawasan pesisir Selatan Provinsi Provinsi selama rentang waktu tahun 2001 sampai 2015..... | 28 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------------|--|----|
| Gambar 1. | Peta Jalan Penelitian | 9 |
| Gambar 2. | Diagram alir kerangka pikir penelitian | 9 |
| Gambar 3. | Lokasi penelitian | 12 |
| Gambar 4. | Bagan Alir Penelitian | 15 |
| Gambar 5. | Tumpang-susun vector hasil ekstraksi fitur garis pantai (warna putih) dengan raster jenis komposit band Red, band NIR, dan Band SWIR-1 dataset nomor path/row 112/060..... | 22 |
| Gambar 6. | Tumpang-susun vector hasil ekstraksi fitur garis pantai (warna putih) dengan raster jenis komposit band Red, band NIR, dan Band SWIR-1 dataset nomor path/row 113/060..... | 23 |
| Gambar 7. | Tumpang-susun vector hasil ekstraksi fitur garis pantai (warna putih) dengan raster jenis komposit band Red, band NIR, dan Band SWIR-1 dataset nomor path/row 114/060..... | 23 |
| Gambar 8. | Fiturset polygon darat dan laut masing-masing hasil konversi dan deliniasi garis pantai (A) Landsat-7 ETM+ tahun 2001 dan (B) Landsat-8 OLI tahun 2015..... | 26 |
| Gambar 9. | Perbandingan perubahan panjang garis pantai (km) dan luas kawasan akresi dan abrasi (ha) di sepanjang pesisir kabupaten/kota pesisir Provinsi Gorontalo | 26 |
| Gambar 10. | Matriks korelasi lokasi akresi dengan jenis-jenis tutupan/penggunaan lahan pesisir selatan Gorontalo..... | 30 |
| Gambar 11. | Matriks korelasi lokasi abrasi dengan jenis-jenis tutupan/penggunaan lahan pesisir selatan Gorontalo..... | 30 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|---------------------|--|----|
| Lampiran 1. | Cakupan administrasi untuk wilayah pantai Selatan Propinsi Gorontalo dan daerah Sulawesi menurut jenis nomor path/row scene dataset Landsat yang digunakan dalam penelitian | 38 |
| Lampiran 2. | Kondisi berdasarkan hasil kegiatan survey lapangan yang menunjukkan adanya struktur buatan dan alami yang membentuk fitur garis pantai pesisir pantai Kabupaten Pohuwato | 39 |
| Lampiran 3. | Kondisi berdasarkan hasil kegiatan survey Lapangan yang menunjukkan Bentuk pantai landai dan jejak air yang membentuk kawasan tidal-range di pesisir Pantai Kabupaten Boalemo..... | 40 |
| Lampiran 4. | Kondisi kegiatan survey lapangan berbagai jenis landcover pantai di pesisir Kabupaten Gorontalo | 41 |
| Lampiran 5. | Kondisi kegiatan survey lapangan berbagai jenis landcover pantai di Pesisir Kota Gorontalo..... | 42 |
| Lampiran 6. | Kondisi kegiatan survey lapangan berbagai jenis kelas badan air dan kelas darat di pesisir Kabupaten Bone Bolango | 43 |
| Lampiran 7. | Citra biner hasil perkalian band ratio dengan citra threshold untuk dataset landsat nomor Path/Row 112/060 | 44 |
| Lampiran 8. | Citra biner hasil perkalian band ratio dengan citra threshold untuk dataset landsat nomor Path/Row 113/060 | 45 |
| Lampiran 9. | Citra biner hasil perkalian band ratio dengan citra threshold untuk dataset landsat nomor Path/Row 114/060 | 46 |
| Lampiran 10. | Peta kawasan lokasi akresi dan erosi sepanjang pesisir Selatan Gorontalo Bagian Barat | 47 |
| Lampiran 11. | Peta kawasan lokasi akresi dan erosi sepanjang pesisir Selatan Gorontalo Bagian Tengah..... | 48 |
| Lampiran 12. | Peta kawasan lokasi akresi dan erosi sepanjang pesisir Selatan Gorontalo Bagian Timur..... | 49 |
| Lampiran 13. | Panjang fiturset garis pantai tiap desa Pesisir Selatan Gorontalo hasil ekstraksi dataset Landsat-7 ETM tahun 2001 dan Landsat-8 OLI tahun 2015..... | 50 |
| Lampiran 14. | Luas kawasan akresi dan dan abrasi yang berlangsung selama 14 tahun (2001 s.d 2015) di tiap desa pesisir Selatan Provinsi Gorontalo..... | 54 |
| Lampiran 15 | Personalia dan Kualifikasi Peneliti | 58 |
| Lampiran 16 | Draft Publikasi Penelitian..... | 68 |

ABSTRAK

Penelitian ini direncanakan secara multi-tahun. Tahun pertama ini secara khusus bertujuan; a) mendelineasi fitur garis pantai kawasan pesisir Selatan Gorontalo secara spasial temporal (tahun 2001 dan tahun 2015) menggunakan teknik penginderaan jauh pada dataset citra Landsat; b) mengidentifikasi proses akresi dan abrasi sepanjang kawasan pesisir Selatan Provinsi Gorontalo melalui pemetaan dan analisis laju perubahan garis pantai rentang 14 tahun menggunakan teknik sistem informasi geografis. Hasil penelitian tahun pertama ini menunjukkan bahwa panjang garis pantai Selatan Gorontalo tanpa mengikutsertakan panjang garis pantai pulau-pulau yang terpisah dari daratan berturut-turut adalah sepanjang 444.28 km tahun 2001 dan 435.25 km tahun 2015 sehingga terdapat fenomena pengurangan garis pantai sepanjang 9.03 km dalam rentang 14 tahun. Intensitas proses akresi dan abrasi berjalan secara bersamaan sepanjang rentang 14 tahun di mana pertumbuhan delta muara sungai di Desa Manawa Kecamatan Patilanggio Kabupaten Pohuwato sangat signifikan menyumbang 58.04% secara keseluruhan luas akresi di pesisir selatan Gorontalo yang berlangsung selama 14 tahun. Baik proses akresi maupun abrasi intensitas lokasinya berkorelasi dengan jenis-jenis tutupan/penggunaan lahan. Korelasi positif mutlak ($r=1$) pada kedua proses terdapat pada jenis tutupan rawa. Proses akresi yang menjadi proses kestabilan yang dominan sepanjang kawasan pesisir Selatan Gorontalo berkorelasi positif berturut-turut dengan jenis tutupan hutan bakau ($r=0.94$) dan hutan rawa ($r=0.91$). Sedangkan proses abrasi berkorelasi positif signifikan dengan jenis tutupan lahan tambak ($r=0.90$). Informasi yang diperoleh dari penelitian ini mengindikasikan pentingnya monitoring dan penelitian lanjut yang fokus dan detil baik dalam hal dinamika spasial-temporal secara lokal kaitannya dengan jenis dan pola perubahan tutupan lahan, maupun terkait kombinasi penggunaan dataset beresolusi lebih tinggi dalam kajian-kajian ke depan yang relevan dalam rangka pengelolaan kawasan pesisir selatan Gorontalo.

Kata Kunci: Perubahan garis pantai, Citra Landsat, SIG, Delta Manawa, Pesisir Selatan Gorontalo

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masalah kestabilan pantai di daerah pesisir Gorontalo telah teridentifikasi sejak lama, seperti yang dilaporkan Novrizal (2004) yang berhasil mengidentifikasi proses perubahan pantai di muara Sungai Randangan, Kabupaten Pohuwato. Masalah perubahan garis pantai pesisir Selatan Gorontalo makin serius. Ini ditunjukkan oleh adanya beberapa proyek konstruksi penanggulangan abrasi tahunan belakangan oleh Pemerintah Daerah Gorontalo seperti di Desa Monano, Kabupaten Bone Bolango (Rimawan, 2012); Kelurahan Dumbo Raya, Kota Gorontalo (Pengadaan.net, 2012); Desa Longgula, Kecamatan Batudaa Pantai (Tender-project.com, 2014), juga adanya; serta ancaman abrasi di pantai Selatan Kabupaten Boalemo (Wisnubrata, 2011). Kesemua keberadaan proyek tersebut menunjukkan contoh keseriusan bahaya perubahan sepanjang garis pantai kawasan pesisir Selatan Gorontalo. Dalam rangka pemanfaatan serta perlindungan kawasan pesisir dan laut yang berkelanjutan maka monitoring dinamika garis pantai dan wilayah pesisir di daerah ini sangat diperlukan dan merupakan tugas penting. Informasi ekstraksi garis pantai yang akurat serta monitoring perubahannya merupakan hal penting dalam memahami dan menguraikan proses-proses yang berlangsung di kawasan pantai. Informasi perubahan garis pantai sangat penting dalam berbagai kajian pesisir seperti misalnya; rencana pengelolaan kawasan pesisir, pewilayahan bahaya, studi erosi-akresi, serta analisis dan pemodelan morfodinamik pantai (Chand & Acharya, 2010).

Penggunaan teknik penginderaan jauh pada *dataset* citra Landsat dan teknik Sistem Informasi Geografis (SIG) berperan sangat penting sebagai sebuah metode yang murah dan mudah dalam penyediaan data liputan kawasan pesisir dan dinamika didalamnya. Teknik kombinasi ini ideal dalam memetakan distribusi perubahan darat dan air yang diperlukan dalam pengekstraksian perubahan garis pantai (Kasim, 2012). Saat ini kegiatan monitoring kawasan pesisir Provinsi Gorontalo untuk kestabilan dinamika garis pantai dan perubahan tutupan lahan belum tersedia, di lain pihak ketersediaan data ini sangat penting dalam arahan pengelolaan kawasan pesisir Provinsi Gorontalo yang berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Karakteristik obyek permukaan bumi, termasuk kawasan pesisir, dapat diketahui dengan teknik penginderaan jauh melalui data rekaman menggunakan kisaran spektrum (multi spektral) pada berbagai ukuran deteksi (multi spasial). Selain itu, obyek tersebut direkam dalam periode waktu yang teratur (multi temporal) yang memungkinkan untuk mengamati atau mengevaluasi perkembangan suatu obyek pada rentang waktu tertentu.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kestabilan garis pantai adalah; faktor hidrografi, geologi, iklim, dan vegetasi pantai (Chand & Acharya, 2010). Bersamaan dengan faktor *antropogeni*, berupa aktivitas akibat pertumbuhan penduduk di kawasan pesisir sehingga mempengaruhi tutupan lahan secara spasial-temporal, kesemuanya merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan garis pantai. Dalam konteks pengelolaan manfaat kawasan pesisir Selatan Provinsi Gorontalo, identifikasi lokasi kawasan kritis melalui monitoring perubahan kestabilan garis pantai dan tutupan lahan dapat menjadi informasi yang sangat penting dalam perencanaan program-program di kawasan ini sehingga lebih fokus dan terarah.

Berdasarkan uraian di atas maka rumusan masalah dalam rencana penelitian ini adalah sebagai berikut;

- a) Bagaimanakah gambaran kondisi kestabilan kawasan pesisir sepanjang garis pantai Selatan Provinsi Gorontalo rentang tahun 2001-2015 secara spasial-temporal?
- b) Di kawasan manakah terjadi proses akresi dan abrasi rentang di sepanjang kawasan pesisir Selatan Provinsi Gorontalo tahun 2001-2015?

BAB 2. STUDI PUSTAKA

2.1 Fitur Kawasan Pesisir

2.1.1 Kawasan Pesisir

Wilayah pesisir merupakan daerah pertemuan antara darat dan laut; ke arah darat meliputi bagian darat, baik kering maupun terendam air, yang masih dipengaruhi sifat-sifat laut seperti pasang surut, angin laut, dan perembesan air asin; sedangkan ke arah laut wilayah pesisir mencakup bagian laut yang masih dipengaruhi oleh proses-proses alami yang terjadi di darat seperti sedimentasi dan aliran air tawar, maupun yang disebabkan oleh kegiatan manusia di darat seperti penggundulan hutan dan pencemaran (Dahuri dkk, 1996). Definisi wilayah pesisir seperti itu memberikan suatu pengertian bahwa ekosistem pesisir merupakan ekosistem yang dinamis dan mempunyai kekayaan habitat yang beragam, di darat maupun di laut, serta saling berinteraksi antara habitat tersebut. Selain mempunyai potensi besar, wilayah pesisir juga merupakan ekosistem yang paling mudah terkena dampak kegiatan manusia. Umumnya kegiatan pembangunan, secara langsung maupun tidak langsung berdampak merugikan terhadap ekosistem pesisir.

Penelitian tentang analisa perubahan penutup lahan dikawasan pesisir memberikan informasi adanya kenaikan dan penurunan luas penggunaan lahan berdasarkan hasil interpretasi dan klasifikasi data citra penginderaan jauh (inderaja), seperti satelit Landsat, dan lain-lain.

2.1.2 Tutupan Lahan Pesisir

Lahan dapat diartikan sebagai lingkungan fisik yang terdiri atas iklim, relief, tanah, air dan vegetasi serta benda yang ada di atasnya sepanjang ada pengaruhnya terhadap penggunaan lahan. Tutupan biofisik pada permukaan bumi yang dapat diamati merupakan suatu hasil pengaturan, aktivitas, dan perlakuan manusia yang dilakukan pada jenis penutup lahan tertentu untuk melakukan kegiatan produksi, perubahan, ataupun perawatan pada penutup lahan tersebut (Badan Standarisasi Nasional, 2010).

Kelas penutup lahan dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu daerah vegetasi dan daerah tak bervegetasi. Semua kelas penutup lahan dalam kategori diturunkan dari pendekatan konseptual struktur fisiognomi yang konsisten dari bentuk

tumbuhan, bentuk tutupan, tinggi tumbuhan. Sedangkan dalam kategori tak bervegetasi, pendetailan kelas mengacu pada aspek permukaan tutupan, distribusi atau kepadatan, dan ketinggian atau kedalaman obyek (Badan Standarisasi Nasional, 2010).

2.1.3 Garis Pantai

Garis pantai (*coastline*) didefinisikan sebagai batas antara permukaan fitur darat dan fitur permukaan air. Terkait dengan keseimbangan dinamika alami perubahan garis pantai maka faktor-faktor yang perlu diperhatikan diantaranya adalah faktor; hidrografi, iklim, geologi, dan vegetasi (Guariglia *et al.*, 2006).

Untuk pendokumentasian dan pemetaan perubahan lokasi suatu garis pantai maka dikenal beberapa proksi yang digunakan sebagai terminologi untuk menunjukkan fitur bagi batas darat-air. Beberapa proksi dalam memetakan perubahan sebuah garis pantai misalnya; garis vegetasi (*vegetation line*), garis basah dan/atau kering (*wet-dry line*), garis air pasang (*High Water line, HWL*) dan rerata tinggi air pasang (*Mean High Water, MHW*) (Morton and Miler, 2005 ; Harris *et al.* 2006 ; Fletcher *et al.* 2010).

2.2 Remote Sensing (Penginderaan Jauh) dan Citra Satelit Landsat

2.2.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (inderaja) adalah suatu teknik pengukuran atau perolehan informasi dari beberapa sifat fitur (obyek atau fenomena) dengan menggunakan alat yang secara fisik tidak terjadi kontak langsung atau bersinggungan dengan fitur yang dikaji. Wahana untuk memperoleh informasi fitur permukaan bumi tersebut dapat terdiri atas: satelit, pesawat, balon udara, dan drone yang akhir-akhir ini lagi marak digunakan. Dengan sedikit perbedaan pada tipe sensor yang digunakan, prinsip ini juga berlaku untuk teknik inderaja menggunakan wahana lain.

2.2.2 Citra Satelit Landsat

Teknologi penginderaan jauh satelit dipelopori oleh NASA Amerika Serikat dengan diluncurkannya satelit sumber daya alam yang pertama yang disebut *ERTS-1* (Earth Resource Technology Satellite) pada tanggal 23 juli 1972, menyusul *ERTS-2* pada tahun 1975, satelit ini membawa sensor RBV (Restore Beam Vidcin) dan MSS (Multi Spectral Scanner) yang mempunyai resolusi spasial 80 x 80 m.

Satelit ERTS-1, ERTS-2 yang kemudian setelah diluncurkan berganti nama Landsat 1, Landsat 2, diteruskan dengan seri-seri berikutnya, yaitu Landsat TM 3, 4, 5, 6, dan Landsat TM-7 yang diorbitkan bulan maret 1998 (Novianti,2012).

Satelit Landsat-8 atau *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM) adalah satelit sumber daya milik Amerika Serikat yang merupakan seri terakhir saat ini untuk landsat yang diluncurkan pada 11 Februari 2013. Seri satelit ini menggunakan dua sensor yaitu sensor *Operational Land Manager* (OLI) dan sensor *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). Khusus sensor *OLI* Landsat-8 memiliki 9 spektral band dengan resolusi 30 meter dan satu buah band pankromatik beresolusi 15 meter (www.glovis.usgs.gov). Perbandingan parameter spektral instrument Landsat-8 OLI dan Landsat-7 ETM+ ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Parameter-Parameter Spektral Sensor Landsat-8 OLI/ LDCM dan Landsat-7 ETM+

| OLI (Landsat-8) | | | ETM+ (Landsat-7) | | |
|--|------------------------|---------|--------------------|------------------------|---------|
| N0. Kanal spectral | Panjang gelombang (µm) | GSD (m) | N0. Kanal spectral | Panjang gelombang (µm) | GSD (m) |
| 8 (PAN) | 0.500 - 0.680 | 15 | 8 (PAN) | 0.52 - 0.90 | 15 |
| 1 | 0.433 - 0.453 | 30 | | | |
| 2 | 0.450 - 0.515 | 30 | 1 | 0.45 - 0.52 | 30 |
| 3 | 0.525 - 0.600 | 30 | 2 | 0.53 - 0.61 | 30 |
| 4 | 0.630 - 0.680 | 30 | 3 | 0.63 - 0.69 | 30 |
| | | | 4 | 0.78 - 0.90 | 30 |
| 5 | 0.845 - 0.885 | 30 | | | |
| 9 | 1.360 - 1.390 | 30 | | | |
| 6 | 1.560 - 1.660 | 30 | 5 | 1.55 - 1.75 | 30 |
| 7 | 2.100 - 2.300 | 30 | 7 | 2.09 - 2.35 | 30 |
| <i>Kemampuan pencitraan OLI tidak termasuk thermal</i> | | | 6 (TIR) | 10.40 - 12.50 | 60 |

(Sumber: Sitanggang, 2010)

2.3 Integrasi Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Data Citra Landsat dalam Monitoring Perubahan Garis Pantai

2.3.1 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis merupakan suatu kesatuan formal yang terdiri dari berbagai sumberdaya fisik dan logika yang berkenaan dengan obyek-obyek yang terdapat dipermukaan bumi. SIG juga merupakan sejenis perangkat lunak

yang dapat digunakan untuk pemasukkan, manipulasi, menampilkan dan keluaran informasi geografis berikut keterangan-keterangan (atribut). Data keruangan (spasial) dapat disajikan dalam dua model, yaitu model raster (grid) dan model vektor. Pada model raster semua obyek disajikan dalam bentuk sel-sel yang disebut pixel (picture element) sedangkan pada model vektor, obyek disajikan sebagai titik atau segmen-segmen garis.

SIG merupakan sistem kompleks yang biasanya terintegrasi dengan lingkungan sistem-sistem komputer lain ditingkat fungsional dan jaringan. Sistem SIG terdiri dari beberapa komponen berikut: 1) Perangkat keras: Berupa komputer (PC), mouse, digitizer, printer dan scanner, 2) Perangkat lunak: Berupa modul-modul program, 3) Data dan informasi geografi: Berupa basis data, 4) Manajemen: Berupa sumberdaya manusia.

2.3.2 Domain dan Proksi Fitur Kawasan Pesisir dalam Analisis SIG

SIG memiliki keunggulan menangani beragam jenis data berorientasi spasial berupa raster dan vektor beserta atributnya masing-masing. Di satu sisi, fitur kawasan pesisir pun bervariasi; bentuk kawasan (polygon), garis (polyline), serta titik (point). Kondisi bentang alam fitur kawasan pesisir dalam proses alaminya mengalami perubahan atau siklus pergantian (gradasi) baik secara spasial (ruang) maupun temporal (waktu). Berdasarkan perbedaan gradasi bentang alam ini fitur kawasan pesisir dilakukan analisis dalam lingkungan SIG (Kasim, 2012).

2.3.3 Data Citra Landsat untuk Ekstraksi Garis Pantai

Ekstraksi atau deliniasi batas darat-laut menggunakan teknik penginderaan jauh data citra Landsat seperti TM dan ETM+ dapat meliputi beberapa pendekatan, yaitu: interpretasi visual, teknik berbasis nilai spektral (differencing, regresi citra, dan analisis nilai digital), komposit multi-data, serta analisis perubahan vektor (Lipakis et al. 2008). Sedangkan beberapa metode penajaman citra adalah mencakup; spatial filtering, komposit RGB, rationing, klasifikasi, density slicing, metode BILKO (yaitu sebuah program khusus yang dikembangkan oleh UNESCO untuk menentukan batas darat-laut berdasarkan band infra merah), serta metode algoritma AGSO (Australian Geological Surveys Organization) yang dikembangkan untuk memetakan citra perairan dangkal. Semua metode pendekatan

penajaman citra tersebut berguna dalam membuat batas yang jelas darat-laut sehingga memudahkan dalam digitasi (Hanifa et al. 2007).

Untuk pendekatan pengestraksian garis pantai dengan metode *single band* biasa memanfaatkan Band-4, 5, dan 7. Untuk keperluan ini, Band-4 (0.75 mm – 0.90 mm) dapat digunakan untuk mengumpulkan informasi batas garis pantai yang diliputi vegetasi, sementara Band-5 (1.55 mm – 1.75 mm) dan 7 (2.08 mm – 2.35 mm) masing-masing dapat digunakan memperoleh informasi garis pantai yang ditutupi oleh tanah dan bebatuan. Pendekatan lain adalah menggunakan metode band ratio (rationing) antara Band-4 dengan Band-2 (b_4/b_2) serta Band-5 dengan Band-2 (b_5/b_2) (Winarso et al. 2001). Metode gabungan band (colour composite RGB) juga banyak digunakan terutama untuk membantu secara visual dalam pengestraksian garis pantai. Beberapa gabungan band yang sering digunakan di antaranya; RGB-453, RGB-147, RGB-457, dan RGB-321. Adapun jenis band yang sangat sesuai untuk penentuan *threshold level slicing* untuk deliniasi garis pantai dengan data citra Landsat TM dan ETM adalah Band-5 (Kasim, 2012). Karena adanya perbedaan spesifikasi *spectral band* pada Landsat-7 TM dan ETM+ dengan Landsat-8 OLI, diperlukan penyesuaian penerapan contoh kombinasi band-band Landsat TM dan ETM+ di atas terhadap jenis spectral band pada Landsat-8 OLI ketika menerapkan metode yang sama.

2.4 Perspektif Inderaja dan SIG Lokasi Penelitian

Terdapat ketidak-sesuaian informasi dari perspektif inderaja dan SIG mengenai fitur panjang garis pantai Provinsi Gorontalo. Informasi dari sebagian literature yang beredar menyebutkan jika garis pantai Gorontalo, terdiri atas:

- Garis pantai Utara dan pantai Selatan masing-masing memiliki panjang + 230 km dan + 330 km (Baharuddin, 2013; Pemprov Gorontalo, 2015).
- Garis pantai wilayah Utara dan Selatan masing masing memiliki panjang sekitar 270 kilometer dan 320 kilometer (Wahjono, 2005; Wikipedia, 2015).
- Pantai utara memiliki panjang garis 217.7 km dan pantai selatan memiliki panjang garis pantai 438.1 km (Sistim Informasi Lingkungan Provinsi Gorontalo, 2015)

- Garis pantai Selatan Gorontalo yang merupakan wilayah Kota Gorontalo, Kabupaten Gorontalo, Kabupaten Bone Bolango, Kabupaten Boalemo, dan Kabupaten Pohuwato memiliki panjang 436,52 km (Kementerian Lingkungan Hidup RI, 2015)

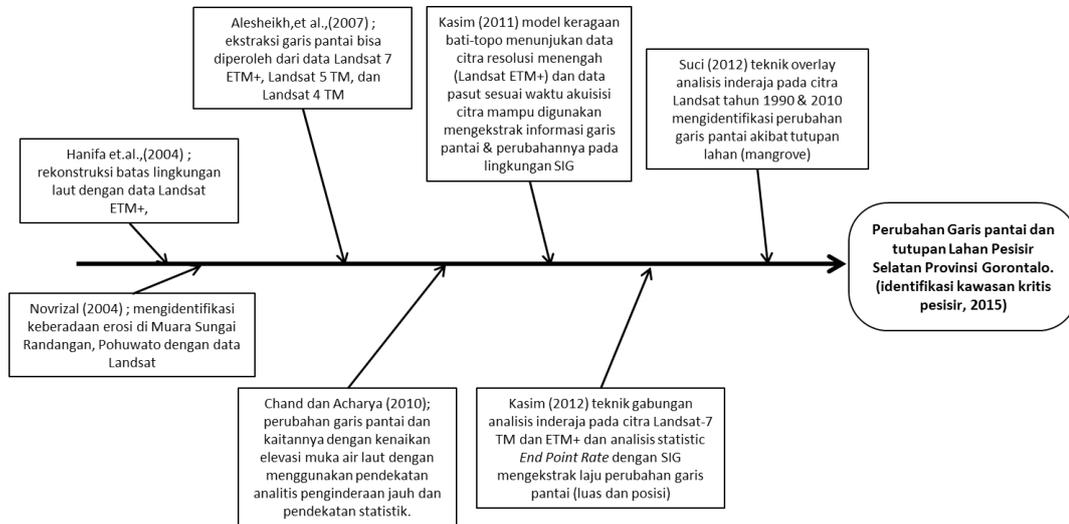
Dari informasi data yang beredar seperti di atas terlihat adanya potensi permasalahan pengelolaan kawasan pesisir di Provinsi Gorontalo. Panjang garis pantai suatu daerah berhubungan dengan luas kawasan teritorial dan pengelolaan kewenangan daerah bersangkutan. Implikasi permasalahan terkait hal ini bersifat multi-dimensi, tidak hanya administratif tapi juga ekonomis, yuridis, sosial budaya, serta pertahanan dan keamanan. Mengingat nilai penting dari suatu wilayah bagi suatu pemerintah daerah (propinsi, kabupaten maupun kota), maka tata nilai batas menjadi hal yang sangat penting tidak hanya bagi daerah yang bersangkutan tetapi juga bagi daerah-daerah yang berbatasan. Sehingga bisa dipahami bahwa monitoring perubahan garis pantai merupakan pekerjaan mendasar dalam pengelolaan kawasan pesisir di Provinsi Gorontalo.

Dalam konteks SIG, penentuan batas berkaitan erat dengan prinsip suatu aplikasi penentuan posisi . Penentuan batas ini akan melibatkan aspek-aspek teknis dan non-teknis. Penggambaran garis pantai yang dilakukan di atas suatu bidang peta berkaitan dengan sistem proyeksi peta, skala, serta datum yang akan digunakan. Dengan demikian hal-hal tersebut merupakan pertimbangan awal yang harus diputuskan dalam teknik deliniasi garis pantai.

Dari konteks inderaja, penentuan garis pantai sangat ditentukan oleh waktu akuisisi citra inderaja pada lokasi tersebut. Walaupun secara periodik permukaan laut selalu berubah, suatu tinggi muka laut tertentu yang tetap dan dapat ditentukan, harus dipilih untuk menjelaskan posisi garis pantai. Pada peta laut biasanya digunakan garis air tinggi (high water line) sebagai garis pantai. Hal ini berbeda sekali dengan garis pangkal dimana yang digunakan adalah garis air rendah (low water line). Ekstraksi secara teknis informasi kedudukan batas air-darat (garis pantai) ini dari citra inderaja berdasarkan pendefinisian batas dan perekonstruksian kondisi datum ini di lapangan menjadi hal pokok agar informasi garis pantai dapat dikatakan sebagai data yang baik dan terpercaya.

2.5 Roadmap Penelitian

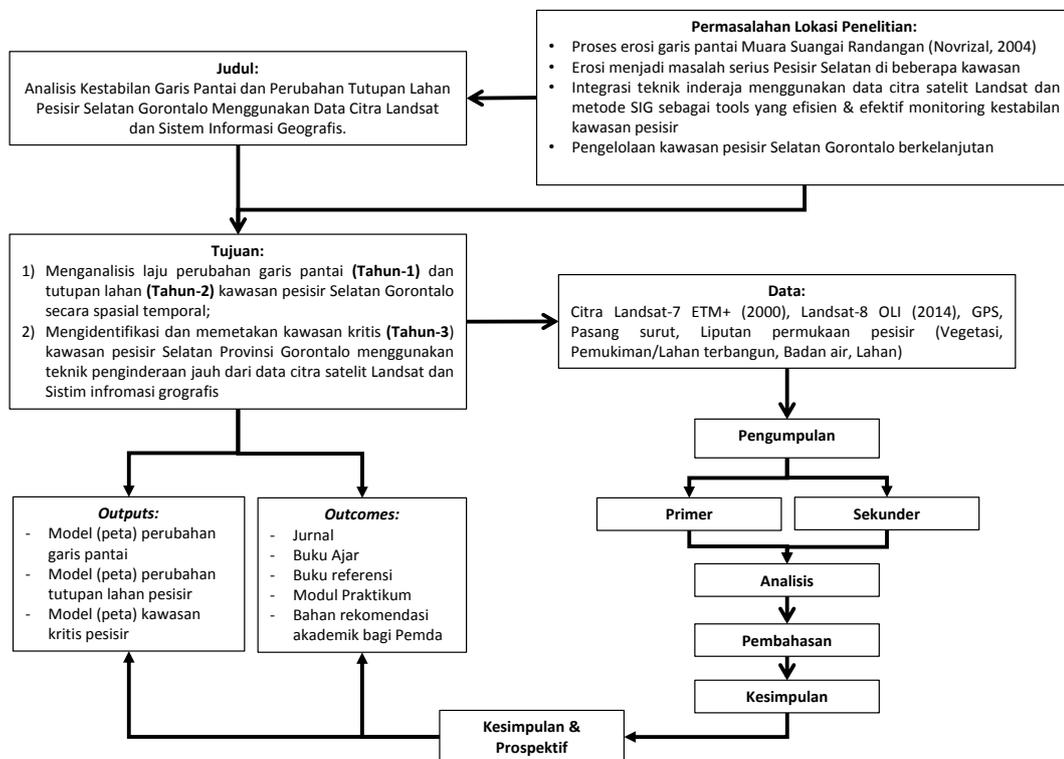
Secara garis besar, peta jalan (road map) penelitian ini seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Jalan Penelitian

2.6 Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka penelitian yang menjadi landasarn berpikir penelitian ini serta potensi pengembangan yang diharapkan diuraikan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir kerangka pikir penelitian

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan rencana penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mendelineasi fitur garis pantai kawasan pesisir Selatan Gorontalo secara spasial temporal (tahun 2001 dan tahun 2015) menggunakan teknik penginderaan jauh pada *dataset* citra Landsat;
- 2) Mengidentifikasi proses akresi dan abrasi sepanjang kawasan pesisir Selatan Provinsi Gorontalo melalui pemetaan dan analisis laju perubahan garis pantai rentang 14 tahun menggunakan teknik sistim informasi geografis.

3.2 Manfaat Penelitian

Keutamaan manfaat penelitian ini terletak pada jenis produk (luaran) penelitian, data yang digunakan serta metode pendekatan penelitian yang diuraikan sebagai berikut:

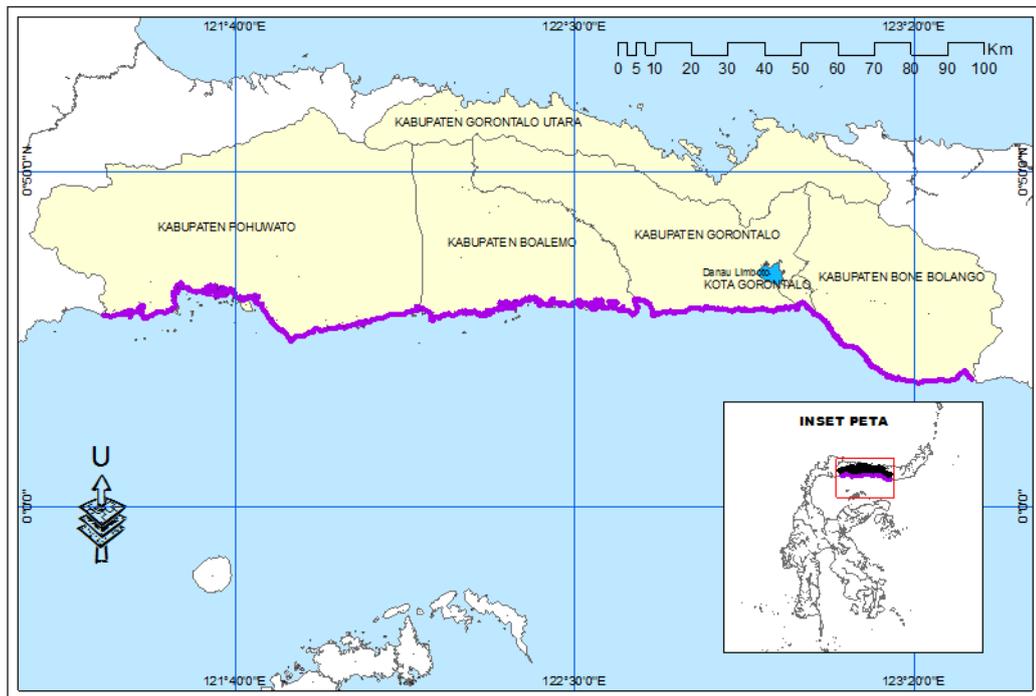
- (a) Luaran hasil penelitian keragaan dinamika berupa peta lokasi akresi dan abrasi kawasan pesisir Selatan Gorontalo penting sebagai input dalam pengelolaan pesisir. Data ini penting dalam konteks perencanaan pengelolaan dan mitigasi bencana bahaya kawasan pesisir bagi suatu kawasan pesisir Selatan Gorontalo. Tersedianya data ini melalui pendekatan analisis ilmiah menggunakan metode serta teknologi yang tepat oleh Universitas Negeri Gorontalo (UNG) dapat menjadi tolak ukur meningkatnya penilaian *stakeholder* di daerah terhadap UNG terhadap penerapan dan pengembangan IPTEK dalam jalinan kemitraan pembangunan di kawasan dan daerah Gorontalo. Dalam konteks pengembangan pendidikan di lingkungan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Negeri Gorontalo, ketersediaan data ini dapat menjadi bahan pengaya referensi bagi penyusunan bahan-bahan pembelajaran mata kuliah terkait berbasis kondisi IPTEK kekinian secara lokal seperti Buku Ajar dan Buku Referensi, Modul Praktikum dan lain-lain oleh Dosen bersangkutan.

(b) Penggunaan data citra Landsat-8 OLI sebagai input data yang digunakan dalam analisis kondisi kekinian pada pendekatan inderaja dan SIG memiliki jumlah dan nama *spectral band* (channel) yang lebih banyak dibandingkan generasi satelit Landsat sebelumnya (Landsat-7 ETM+ dan Landsat-7 TM). Aplikasi produk data citra Landsat-8 OLI terkait kemampuan band-band yang dimilikinya tersebut khusus untuk penerapan monitoring kawasan pesisir relative masih jarang dalam publikasi-publikasi bidang penginderaan jauh dan SIG, tidak saja di dalam negeri, bahkan luar negeri. Luaran penelitian ini menggunakan jenis data citra Landsat generasi terakhir tersebut berbasis pendekatan inderaja dan SIG, dapat menjadi materi publikasi potensial tidak saja pada jurnal nasional terakreditasi, namun juga pada jurnal internasional.

BAB 4. METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian adalah wilayah pesisir bagian Selatan Provinsi Gorontalo seperti disajikan pada Gambar 3. Wilayah ini merupakan bagian Utara perairan Teluk Tomini. Secara administrasi wilayah penelitian mencakup lima daerah, yaitu: Kabupaten Bone Bolango, Kota Gorontalo, Kabupaten Gorontalo, Kabupaten Boalemo, dan Kabupaten Pohuwato.



Gambar 3. Lokasi penelitian

Penelitian direncanakan selama 6 (enam) bulan, yakni dari Bulan Juli sampai dengan Desember 2015, dengan perincian kegiatan seperti ditunjukkan pada Bagian 4.2 Jadwal Penelitian.

4.2 Obyek dan Tata Laksana Penelitian

4.2.1 Batasan Obyek Penelitian

Obyek penelitian ini adalah kawasan pesisir Selatan Gorontalo. Pengamatan obyek penelitian yaitu garis pantai (Tahun-1) dan tutupan lahan (Tahun-2) dibatasi pada wilayah pesisir yang merupakan bagian dari daratan induk. Dengan demikian, garis pantai dan tutupan lahan wilayah pulau yang menjadi bahan analisis untuk

identifikasi kawasan kritis pesisir Selatan Gorontalo (Tahun-3) tidak menjadi obyek penelitian. Begitu pula, pengamatan terhadap perubahan garis pantai, tutupan lahan serta kawasan kritis hanya dibatasi pada kawasan sejauh masing-masing 5 km ke arah darat (landward) dan laut (seaward) dari posisi garis pantai rerata muka laut (MSL).

4.2.2 Alat dan Bahan

A. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Komputer/Laptop, Perangkat lunak pengolah data citra dan analisis SIG, Printer, Alat tulis, Kamera digital, GPS, Perahu dan mobil.

B. Bahan

Data citra Landsat ETM tahun 2001 dan Landsat OLI tahun 2015 atau akuisisi yang tahun berdekatan dengan kriteria utama masing-masing dataset yang dipilih adalah bebas awan pada wilayah obyek penelitian; Peta dasar berupa Peta Rupa Bumi (RBI) dan peta-peta tematik terkait.

4.2.3 Metode Pengumpulan Data

Jenis data yang dikumpulkan terdiri atas jenis data primer, yaitu: kondisi lapangan yang diperoleh melalui survei lapang (crosscheck) dan pendokumentasian digital berupa titik ikat lapangan (*ground check point/GCP*) serta kondisi eksisting lokasi abrasi/akresi serta jenis tutupan/penggunaan lahan (landuse/landcover, LCLC). Serta data sekunder berupa; deliniasi batas darat-air juga tutupan lahan untuk kedua *dataset* Landsat terkait fenomena perubahan berdasarkan informasi lapang, serta data-data peta-peta lainnya berupa peta dasar (RBI) dari dinas terkait.

4.2.4 Analisis Data

A. Laju Perubahan Panjang Garis Pantai dan Luas Kawasan Perubahan Garis Pantai

Analisis perubahan panjang garis pantai (Polyline) dan areal lokasi mana saja (Poligon) yang mengalami erosi (abrasi) atau pun sedimentasi (akresi) dan laju

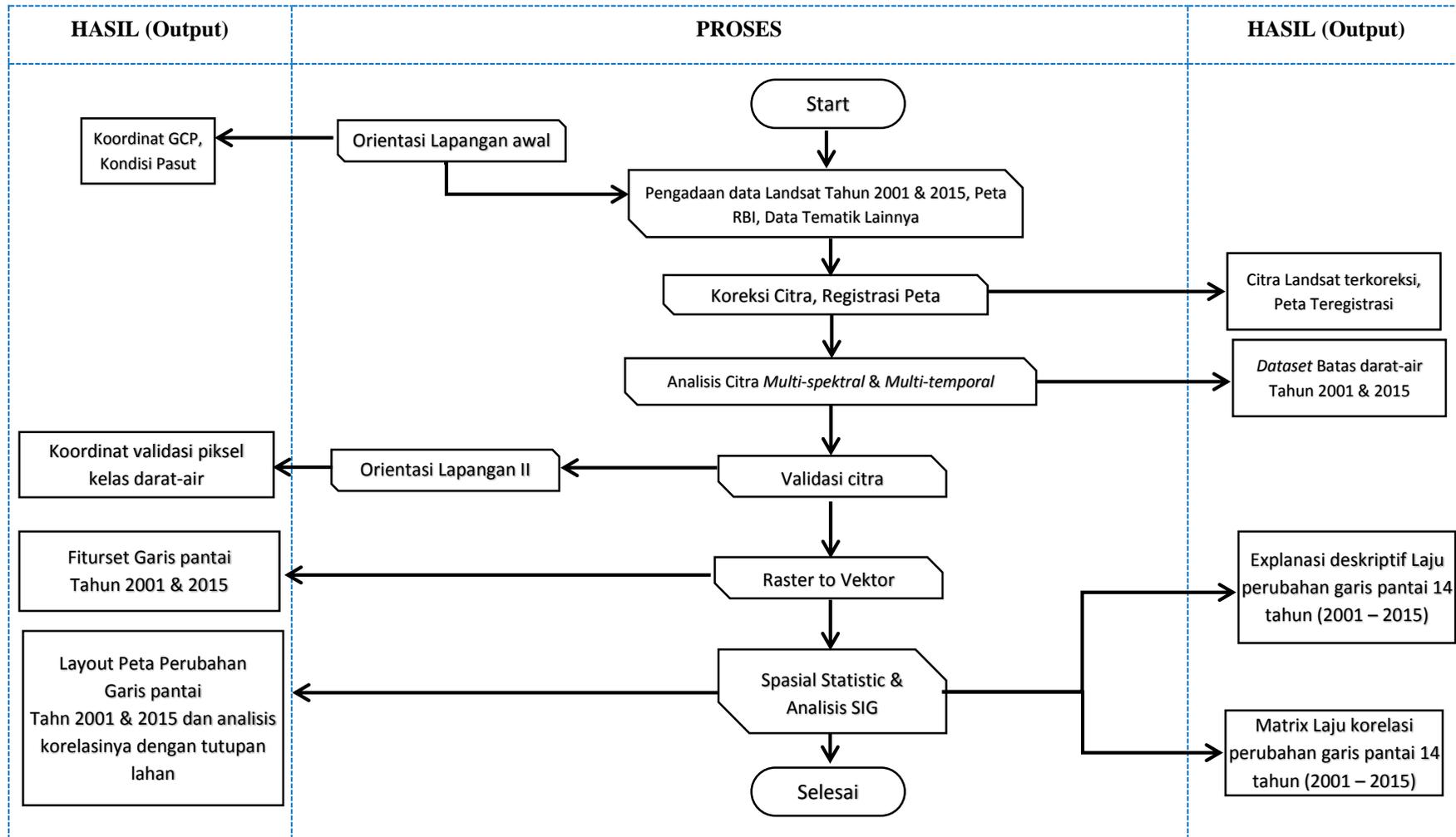
perubahannya (m^2/thn) pada suatu kawasan pantai menggunakan teknik tumpang-susun (overlay).

B. Analisis Korelasi Proses Tutupan Lahan (LULC) dengan Kejadian Abrasi dan Akresi Sepanjang Pesisir Selatan Gorontalo

Untuk melihat hubungan kejadian proses dinamika akresi dan abrasi rentang 14 tahun di sepanjang pesisir Selatan Gorontalo dianalisis dengan metode Analisis Korelasi Berganda menggunakan *Toolpack Correlation* pada aplikasi MS Excel. Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui keerataan hubungan dan bentuk hubungan antara masing-masing variabel jenis tutupan/penggunaan lahan dengan proses abrasi dan akresi. Koefisien korelasi biasa diberi lambang r . Koefisien korelasi dinyatakan dengan bilangan, berada pada interval $-1 < 0 < 1$ yang disajikan dalam bentuk matriks korelasi antar tiap variabel dengan terjadinya akresi dan abrasi sepanjang pesisir Selatan Gorontalo. Apabila korelasi mendekati +1 atau -1 berarti terdapat hubungan yang kuat Sebaliknya korelasi yang mendekati nilai 0 bernilai lemah. Apabila korelasi sama dengan 0, antara kedua variabel tidak terdapat hubungan sama sekali. Sedangkan apabila nilai korelasi sama dengan 1 berarti kedua variabel memiliki hubungan yang sempurna.

4.2.5 Bagan Alir Penelitian

Tahapan penelitian beserta rancangan output masing-masing tahapan secara lebih detail disajikan pada bagan alir penelitian seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

BAB 5. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan dalam penelitian berupa data sekunder yang dikumpulkan dari instansi terkait dan data primer yang diperoleh melalui survey lapangan. Data-data sekunder yang berhasil dikumpulkan dalam penelitian Tahun-1 ini berupa peta-peta dasar, seperti; peta administrasi, serta data primer berupa kondisi fisik lokasi.

Data satelit Landsat sebagai data sekunder utama dalam penelitian ini diperoleh dari situs *U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey (USGS)* atau Departemen Dalam Negeri Bidang Survei Geologi Amerika Serikat pada alamat download di <http://earthexplorer.usgs.gov>. Persyaratan *dataset* Landsat yang digunakan untuk analisis dan didownload adalah data citra kandungan awan $\leq 10\%$ dan belum mengalami cacat pada *Scan Line Corrector (SLC)* untuk *dataset* Landsat ETM+ (SLC-on)

5.1.1 Data Primer *Ground Check Point* / Survey Lapangan

Survei lapangan dilakukan untuk *ground check* kondisi lapangan dengan hasil pengolahan data yang bersumber dari satelit. Survei lapangan telah dilakukan pada bulan September dan Oktober 2015. Survey lapangan dilakukan masing-masing di 5 (lima) wilayah Kabupaten/Kota Propinsi Gorontalo lokasi pantai penelitian yaitu; Pantai Kabupaten Pohuwato, Pantai Kabupaten Boalemo, Pantai Kabupaten Gorontalo, Pantai Kota Gorontalo, dan Pantai Kabupaten Bone Bolango. Lokasi kegiatan survey lapangan untuk kegiatan *ground check point* (GCP) disajikan pada Lampiran 1. Sebanyak 346 titik lokasi dari 21 jumlah desa di sepanjang wilayah Pantai Selatan Gorontalo telah dilakukan pada kegiatan survei lapang untuk penentuan GCP. Rincian titik lokasi tersebut tersebar pada disajikan pada Tabel 2.

Dari survei lapang memberi petunjuk jika jenis pantai Pantai Selatan Gorontalo secara umum merupakan jenis pantai landai dengan substrat yang terdiri atas lumpur, pasir, kerikil, dan batu. Jenis pantai landai dengan substrat lumpur dan pasir rentan mengalami pengikisan / abrasi oleh aksi dari laut seperti gelombang

dan pasang surut. Tidak adanya benteng alami berupa vegetasi seperti mangrove bisa lebih meningkatkan daya rusak pantai sehingga perlu ditanggulangi dengan struktur buatan seperti tanggul pantai. Kondisi pantai selatan Gorontalo hasil survei lapang berturut-turut disajikan pada Lampiran 2 s.d Lampiran 6.

Tabel 2. Jumlah Sebaran Desa Kegiatan GCP pada Survey Lapang

| No | Desa | Kecamatan | Kabupaten/Kota | Jumlah GCP |
|---------------|----------------|------------------|---------------------|------------|
| 1 | Girisa | Paguyaman | Boalemo | 12 |
| 2 | Limba Tihu | Paguyaman Pantai | Boalemo | 16 |
| 3 | Pentadu Timur | Tilamuta | Boalemo | 22 |
| 4 | Kramat | Mananggu | Boalemo | 19 |
| 5 | Bolihutuo | Botumoito | Boalemo | 22 |
| 6 | Dulupi | Dulupi | Boalemo | 24 |
| 7 | Taludaa | Bone | Bone Bolango | 14 |
| 8 | Mootawa | Bone Raya | Bone Bolango | 10 |
| 9 | Mamungaa | Bulawa | Bone Bolango | 10 |
| 10 | Tongo | Bone Pantai | Bone Bolango | 14 |
| 11 | Bintalahe | Kabila Bone | Bone Bolango | 13 |
| 12 | Bilato | Bolihuto | Kabupaten Gorontalo | 15 |
| 13 | Otalanga | Biluhu | Kabupaten Gorontalo | 12 |
| 14 | Olimo'o | Batudaa Pantai | Kabupaten Gorontalo | 15 |
| 15 | Tanjung Kramat | Hulonthalangi | Kota Gorontalo | 8 |
| 16 | Leato Selatan | Hulonthalangi | Kota Gorontalo | 7 |
| 17 | Bumbulan | Paguat | Pohuwato | 41 |
| 18 | Pohuwato Timur | Marisa | Pohuwato | 14 |
| 19 | Lemito | Lemito | Pohuwato | 14 |
| 20 | Torosiaje | Popayato | Pohuwato | 22 |
| 21 | Molosipat | Popayato Barat | Pohuwato | 22 |
| Jumlah | | | | 346 |

5.1.2 Data Sekunder Utama (Data Citra Landsat)

Jenis data satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Landsat dengan resolusi menengah, yaitu 30 meter. Pemilihan jenis data satelit tersebut didasarkan pada ketersediaan data yang cukup panjang mulai dari tahun 2001 hingga tahun 2015. Dengan demikian data citra landsat ini bisa digunakan untuk analisis perubahan garis pantai selama kurun waktu 14 tahun.

Hasil penelusuran bagi kebutuhan penelitian cakupan Pantai Selatan Gorontalo menghasilkan jumlah *scene dataset* Landsat yang dibutuhkan adalah sebanyak 3 buah, yaitu; nomor *path* dan *row scene (path/row)* 112/60 mencakup

wilayah administrasi Kabupaten Bone Bolango dan Propinsi Sulawesi Utara. Nomor *path/row* 113/60 mencakup wilayah sebagian Kabupaten Bone Bolango, seluruh wilayah Kota Gorontalo. Kabupaten Gorontalo, dan Kabupaten Boalemo. Sedangkan nomor *path/row* 114/60 mencakup wilayah Kabupaten Pohuwato dan Kabupaten Parimo Propinsi Sulawesi Tengah) sebagaimana ditunjukkan pada Lampiran 1.

Data satelit Landsat yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas 2 (dua) akuisisi tahun data, yaitu Landsat-7 ETM+ (*Enhanced Thematik Mapper Plus*) 2001, dan Landsat-8 OLI (*Operational Land Imager*) 2015. Pemilihan tahun data tersebut didasarkan pada ketersediaan data dan kualitas data satelit yang dipilih, yakni kandungan awan <10% yang tersedia dari situs USGS. Kedua dataset landsat ini masing-masing terdiri atas (tiga) *scene* untuk lokasi penelitian Pantai Selatan Gorontalo sehingga secara keseluruhan terdapat 6 (enam) *scene dataset* Landsat yang digunakan dalam penelitian ini. Perbedaan spesifikasi keseluruhan *dataset* Landsat yang digunakan pada penelitian ini seperti disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data satelit Landsat yang digunakan pada penelitian

| Tahun/Akuisisi | Seri Satelit | Jenis Sensor | Path/Row | Resolusi |
|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| 2001/10/13 | Landsat-7 | ETM+ | 112/060 | 30 m |
| 2001/07/16 | Landsat-7 | ETM+ | 113/060 | 30 m |
| 2001/06/21 | Landsat-7 | ETM+ | 114/060 | 30 m |
| 2015/05/21 | Landsat-8 | OLI | 112/060 | 30 m |
| 2015/05/28 | Landsat-8 | OLI | 113/060 | 30 m |
| 2015/07/06 | Landsat-8 | OLI | 114/060 | 30 m |

5.2 Pengolahan Deteksi Garis Pantai dan Monitoring Perubahan Pesisir Menggunakan Sensor Data Citra Landsat

Pengamatan bumi dengan resolusi spasial menengah (ukuran piksel 10 hingga 100 meter) seperti ALOS dan Landsat telah cukup banyak dilakukan dan kemungkinan akan tetap terus berkembang seiring penyempurnaan dan pengembangan yang dilakukan pada kedua jenis sensor (Irons et al., 2012; Drusch et al., 2012). Dalam hal ini, data satelit menyediakan pengukuran yang konsisten pada berbagai skala yang sesuai untuk penilaian perubahan di dalam ekosistem pesisir (Klemas, 2011) dan penggunaannya ditopang oleh teknik-teknik pemrosesan

dan analisis yang telah *establish* atau pun baru (Wulder et al., 2008). Sensor-sensor optik sangat sesuai untuk pendeteksian perubahan pesisir di mana penggabungan teknik-tekniknya dengan perangkat membantu SIG akan dapat membantu memonitor perubahan bentuk bentang alam (*landscape*) suatu kawasan.

Proses yang dilakukan dalam pengolahan data sensor satelit Landsat hingga menghasilkan fiturset garis pantai yang menjadi input analisis perubahan garis pantai terdiri atas; 1) Proses perbaikan data citra Landsat, 2) Proses deliniasi badan air dan badan darat (klasifikasi biner) untuk mendapatkan fitur garis pantai, dan 3) Proses analisis di lingkungan SIG untuk memperoleh laju perubahan dan lokasi akresi/abrasi.

5.2.1 Proses *Pre-Processing* Perbaikan Data Citra Landsat.

Langkah *pre-processing* dilakukan untuk kedua jenis analisis tersebut adalah meliputi: koreksi atmosfer (radiometric calibration), pemotongan citra (cropping image), dan koreksi geometrik. Pengolahan data citra Landsat untuk analisis perubahan garis pantai dilakukan setelah langkah *pre-processing* ini terhadap semua *scene dataset* citra Landsat-7 ETM+ tahun 2001 (3 buah) dan Landsat-8 OLI tahun 2015 (3 buah).

Jenis band (panjang kanal) dataset Landsat yang dilakukan *pre-processing* adalah 6 jenis band *multi-spectral* yang mencakup jenis band: *Blue, Green, Red, NIR, SWIR-1, dan SWIR-2* untuk tiga *scene* Landsat-7 ETM (2001) dan 7 jenis band: *Coastal/Aerosol, Blue, Green, Red, NIR, SWIR-1, dan SWIR-2* untuk tiga *scene* Landsat-8 OLI (2015). Untuk memudahkan dalam analisis, jenis band *multi-spectral* kedua dataset (Landsat-7 ETM dan Landsat-8 OLI) dibuat dalam bentuk *stacking layer band* (digabung) pada masing-masing *dataset*. Karena cakupan daerah penelitian (seluruh Pantai Selatan Gorontalo) membutuhkan 3 buah *scene* (path/row) maka dengan langkah seperti ini akan dihasilkan 6 buah file *stacking* untuk kebutuhan analisis seluruh cakupan daerah penelitian. Keenam file *stack* inilah yang selanjutnya diolah untuk analisis perubahan garis pantai dan perubahan lahan kawasan pantai selatan Gorontalo.

5.2.2 Proses Deliniasi Badan Air Dan Badan Darat (klasifikasi biner) untuk Mendapatkan Fitur Garis Pantai.

Jenis band yang digunakan dari file *stack* untuk pengolahan analisis perubahan garis pantai adalah band *Green*, band *NIR* dan band *SWIR-1*. Jenis band ini berturut-turut dikenal pula sebagai band-2, band-4, dan band-5 pada Landsat-7 ETM, serta sebagai band-3, band-5, dan band-6 pada Landsat-8 OLI. Pemilihan jenis band-band ini untuk analisis perubahan garis pantai karena kesesuaiannya yang sangat baik untuk memisahkan darat dan laut dalam teknik penginderaan jauh.

Metode *Single Band* melalui nilai *threshold* band *SWIR-1* sangat sesuai untuk penentuan batas darat-air pada daerah pantai berpasir, namun memiliki kelemahan diterapkan pada daerah pantai berlumpur dan bervegetasi. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut digunakan metode *Band-Ratio* sehingga diperoleh batas nilai piksel yang lebih informative. Pada metode *Band Ratio*, rasio band *NIR* dengan band *Green* (b4/b2 pada Landsat-7; b5/b3 pada Landsat-8) akan menghasilkan batas darat-air pada daerah pantai yang tertutup oleh vegetasi. Daerah darat yang tidak bervegetasi ikut terkelaskan ke dalam piksel air (laut). Sebaliknya dengan rasio band *SWIR-1* dengan band *Green* (b5/b2 pada Landsat-7; b6/b3 pada Landsat-8) maka diperoleh garis pantai dari daerah yang tertutup oleh pasir dan tanah (Winarso *et al.* 2001; Alesheikh *et al.* 2007).

A. Pengolahan *Single Band Threshold* untuk Ekstraksi Garis Pantai

Teknik *masking* untuk memisahkan fitur darat dan fitur laut pada jenis metode *single band* untuk masing-masing jenis band *SWIR-1* menghasilkan piksel darat menjadi bernilai 0 sedangkan piksel air (laut) menjadi bernilai 1. Nilai *threshold* yang digunakan dalam teknik *masking* darat-laut pada jenis band *SWIR-1* citra Landsat-7 dan Landsat-8 dari keenam file *stacking* kedua *dataset* disajikan pada Tabel 4.

Dari Tabel 4 terlihat bahwa tidak ada nilai *threshold* yang sama dari semua jenis band *SWIR-1* yang digunakan pada keenam *dataset*. Hal ini sekaligus menunjukkan bahwa teknik *single band* berdasarkan nilai *threshold* untuk memisahkan piksel yang menjadi batas darat dan laut relative sulit dikerjakan dalam

mengekstrak informasi garis pantai. Kesulitan yang menyebabkan perbedaan nilai *threshold* yang mencolok sangat dipengaruhi oleh waktu akuisisi citra bersangkutan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan kondisi atmosfer oleh sebab keadaan cuaca dan sudut azimuth matahari terhadap permukaan bumi pada saat akuisisi (perekaman) citra bersangkutan yang berbeda dari satu waktu ke waktu lainnya. Di lain pihak, untuk mendapatkan *scene* data Landsat yang benar-benar bersih dari pengaruh awan di daerah tropis seperti Gorontalo sangatlah sulit.

Table 4. Nilai *threshold* band SWIR-1 yang digunakan untuk masking darat-laut untuk analisis ekstraksi garis pantai pada metode *single band dataset* Landsat-7 ETM+ (L7 ETM+) dan Landsat-8 OLI (L8 OLI)

| Jenis Dataset | Akuisisi | Path/Row | Resolusi | Nilai <i>threshold</i> band SWIR-1 |
|---------------|-----------------|----------|----------|------------------------------------|
| L7 ETM+ | 13 Oktober 2001 | 112/060 | 30 meter | 0.025000 |
| L7 ETM+ | 16 Juli 2001 | 113/060 | 30 meter | 0.043448 |
| L7 ETM+ | 21 Juni 2001 | 114/060 | 30 meter | 0.070600 |
| L8 OLI | 21 Mei 2015 | 112/060 | 30 meter | 0.042000 |
| L8 OLI | 28 Mei 2015 | 113/060 | 30 meter | 0.036004 |
| L8 OLI | 6 Juli 2015 | 114/060 | 30 meter | 0.022800 |

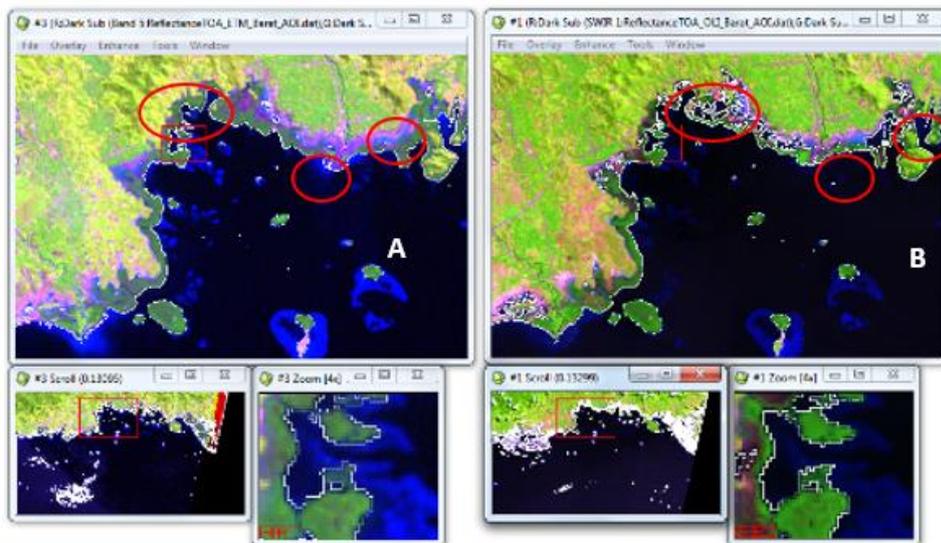
Keterangan: Nilai *threshold* band SWIR-1 adalah nilai reflektansi obyek batas darat-laut pada file *stacking* Landsat yang dikoreksi atmosfer menggunakan informasi pada file metadata (*.MTL) masing-masing *scene* Landsat.

B. Pengolahan Band Ratio dan Perkalian Band untuk Ekstraksi Garis Pantai

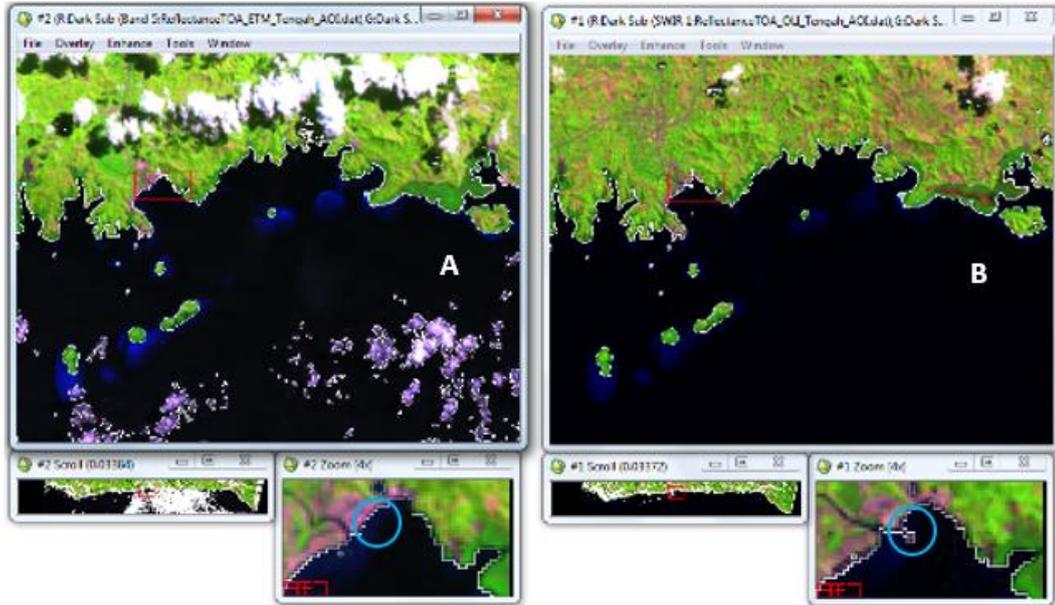
Dengan menerapkan metode *band ratio* maka batas piksel darat-laut dapat langsung dipisahkan. Sebenarnya teknik *band ratio* telah memadai untuk mengekstrak garis pantai (Winarso *et al.* 2001), namun jika diamati lebih teliti terdapat kecenderungan batas air-darat yang masuk ke dalam piksel kelas air. Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut sekaligus untuk mendapatkan hasil ekstraksi yang lebih baik untuk batas darat-air disarankan untuk membuat citra baru yang dibuat dari perkalian kedua jenis citra (citra *single band threshold* band SWIR-1 dengan jenis citra *band ratio*) yang telah dihasilkan tersebut (Alesheikh *et al.*, 2007). Berturut-turut citra biner hasil perkalian *dataset* Landsat untuk ekstraksi garis pantai wilayah pantai selatan Gorontalo (sebanyak 3 nomor *path/row*) disajikan pada Lampiran 7 sampai dengan Lampiran 9.

Pada Lampiran 7 dan Lampiran 8 terlihat bahwa pengaruh keadaan atmosfer berupa keberadaan awan (lingkaran berwarna biru) yang memiliki nilai reflektansi berdekatan dengan darat berpengaruh terhadap hasil pengolahan ekstraksi informasi batas darat-laut pada *scene* citra yang digunakan di mana bisa berdampak pada hasil analisis nantinya. Sedangkan pada Lampiran 9 menunjukkan perbaikan sensor pada Landsat-8 OLI dengan sensor *spectral*-nya yang telah disempurnakan menghasilkan perekaman yang lebih baik (lingkaran berwarna kuning) dalam mengidentifikasi nilai reflektansi obyek permukaan bumi. Keseluruhan informasi kecacatan seperti diuraikan tersebut diperlukan dalam mengekstraksi fitur obyek pengamatan dalam teknik penginderaan jauh.

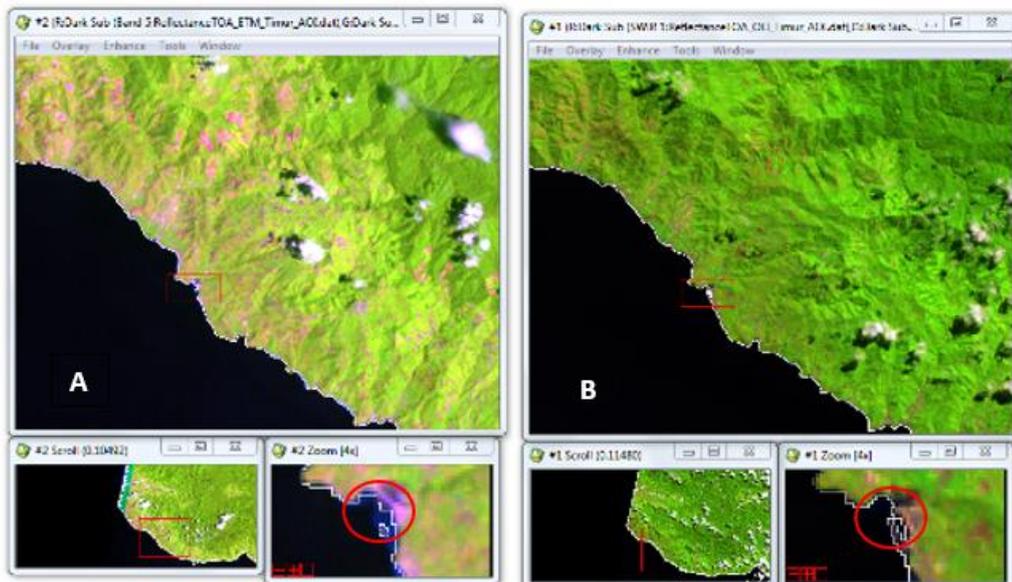
Untuk membantu pengeksktraksian informasi batas darat-laut yang akan menjadi fitur garis pantai untuk analisis selanjutnya maka digunakan teknik komposit band atau kombinasi *false color* untuk menampilkan batas tiap obyek yang diamati. Pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 7 disajikan *polyline* hasil ekstraksi fitur garis pantai (hasil konversi raster ke vector) yang ditumpang-susunkan (*overlay*) dengan jenis citra komposit kombinasi band *Red*, band *NIR*, dan Band *SWIR-1* tiap *dataset* Landsat pada tiga nomor *path/row* yang digunakan.



Gambar 5 Tumpang-susun vector hasil ekstraksi fitur garis pantai (warna putih) dengan raster jenis komposit band *Red*, band *NIR*, dan Band *SWIR-1 dataset* nomor *path/row* 112/060 (**Keterangan:** data adalah hasil *cropping* sesuai wilayah penelitian untuk **A:** Landsat-7 ETM+ tahun 2001 akuisisi 13 Oktober 2001 dengan urutan komposit band RGB 543, **B:** Landsat-8 OLI tahun 2015 akuisisi 21 Mei 2015 dengan urutan komposit band RGB 654)



Gambar 6 Tumpang-susun vector hasil ekstraksi fitur garis pantai (warna putih) dengan raster jenis komposit band *Red*, band *NIR*, dan Band *SWIR-1* dataset nomor *path/row* 113/060 (*Keterangan*: data adalah hasil *cropping* sesuai wilayah penelitian untuk **A**: Landsat-7 ETM+ tahun 2001 akuisisi 16 Juli 2001 dengan urutan komposit band RGB 543, **B**: Landsat-8 OLI tahun 2015 akuisisi 28 Mei 2015 dengan urutan komposit band RGB 654)



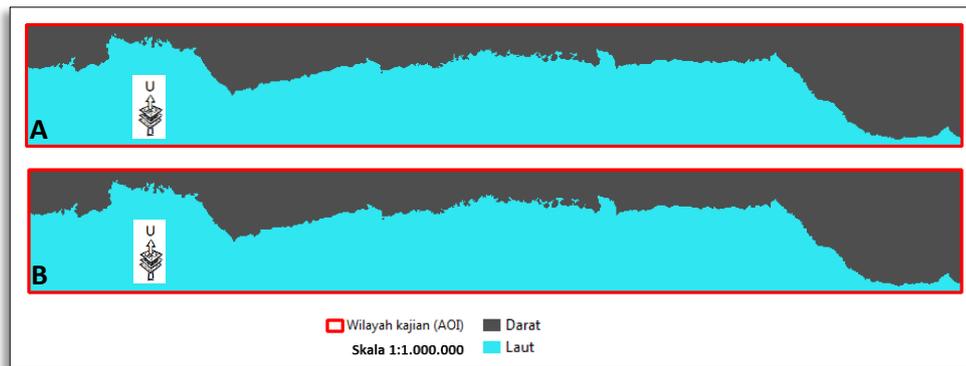
Gambar 7 Tumpang-susun vector hasil ekstraksi fitur garis pantai (warna putih) dengan raster jenis komposit band *Red*, band *NIR*, dan Band *SWIR-1* dataset nomor *path/row* 114/060 (*Keterangan*: data adalah hasil *cropping* sesuai wilayah penelitian untuk **A**: Landsat-7 ETM+ tahun 2001 akuisisi 21 Juni 2001 dengan urutan komposit band RGB 543, **B**: Landsat-8 OLI tahun 2015 akuisisi 6 Juli 2015 dengan urutan komposit band RGB 654)

File *vector polyline* ini berukuran *vertex* yang sama dengan resolusi spasial dataset asal (Landsat ETM dan Landsat OLI) yakni 30 meter. Sehingga untuk menghaluskan dan mengeditnya dilakukan perbaikan. Perbaikan dilakukan menggunakan *line smooth tools* pada ArcGIS serta file komposit *false color RGB 453 Landsat ETM+* dan *RGB 564 Landsat OLI* pada masing-masing *fiturset*. Karena proses raster ke vector pada langkah sebelumnya dilakukan hanya pada raster kelas darat maka hasil perbaikan ini menghasilkan *polyline* yang mewakili fitur darat saja. Sampai pada tahapan proses ini maka telah dihasilkan (deliniasi) fitur garis pantai sesuai definisi yaitu merupakan garis batas badan air dan badan darat berdasarkan hasil ekstraksi data citra.

C. Proses Analisis di Lingkungan SIG untuk Memperoleh Laju Perubahan dan Lokasi Akresi/Abrasi

Analisis laju perubahan garis garis pantai dan identifikasi lokasi kawasan mengalami akresi dan abrasi menggunakan file *polyline* hasil konversi raster ke vector yang telah diperbaiki pada langkah sebelumnya. Untuk kebutuhan analisis secara menyeluruh seluruh kawasan pesisir Selatan maka dilakukan langkah penggabungan seluruh file *polyline* pada masing-masing dataset Landsat; tiga *polyline* hasil deliniasi dari Landsat ETM+ digabung menjadi satu *polyline* yang mewakili garis pantai tahun 2001, demikian pula tiga *polyline* hasil deliniasi dari Landsat-8 OLI digabung menjadi satu *polyline* yang mewakili garis pantai tahun 2015.

Kedua file vaktor *polyline* garis pantai tahun 2001 dan tahun 2015 ini selanjutnya dikonversi menjadi *polygon* agar dapat digunakan untuk jenis kebutuhan analisis *area* (kawasan). Hasil konversi adalah dua buah *polygon* darat yang masing-masing mewakili darat tahun 2001 dan darat tahun 2015 seperti disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Fiturset polygon darat dan laut masing-masing hasil konversi dan deliniasi garis pantai (A) Landsat-7 ETM+ tahun 2001 dan (B) Landsat-8 OLI tahun 2015

Jika diperhatikan pada Gambar 8 bahwa kedua *fiturset polygon* hampir sama tidak ada yang berbeda pada hasil deliniasi dan konversi yang merepresentasikan badan air dan badan darat pada wilayah kajian. Hal ini sangat dimaklumi mengingat penggunaan skala yang digunakan adalah skala yang kasar (1:1000000) untuk dapat menampilkan seluruh kawasan pesisir Selatan Gorontalo. Di sisi lain, *dataset* Landsat ETM+ dan OLI keduanya beresolusi spasial 30 meter. Resolusi menengah ini telah memadai untuk mengidentifikasi perubahan garis pantai pada kedua *fiturset polygon*. Untuk dapat mengidentifikasi perubahan pada kedua *fiturset* dimaksud dilakukan dengan teknik *overlay* (tumpang susun) pada kedua *polygon* tersebut. Dengan teknik ini diperoleh file *polygon* baru yang berisi seperti ditunjukkan pada Lampiran 10 sampai dengan Lampiran 12 berdasarkan pembagian wilayah kajian ke dalam tiga wilayah indeks (Barat, Tengah, dan Timur). *Layer-layer*; darat, laut, akresi, dan abrasi masing-masing diperoleh melalui pengeditan *fitur polygon* yang terbentuk tersebut menggunakan dasar sebagai berikut;

- Fitur darat dibentuk dari *polygon* darat-darat dari hasil *overlay fiturset* tahun 2001 dan tahun 2015;
- Fiturset laut dibentuk dari *polygon* laut-laut dari hasil *overlay fiturset* tahun 2001 dan tahun 2015;
- Fiturset akresi dibentuk dari *polygon* laut-darat dari hasil *overlay fiturset* tahun 2001 dan tahun 2015;

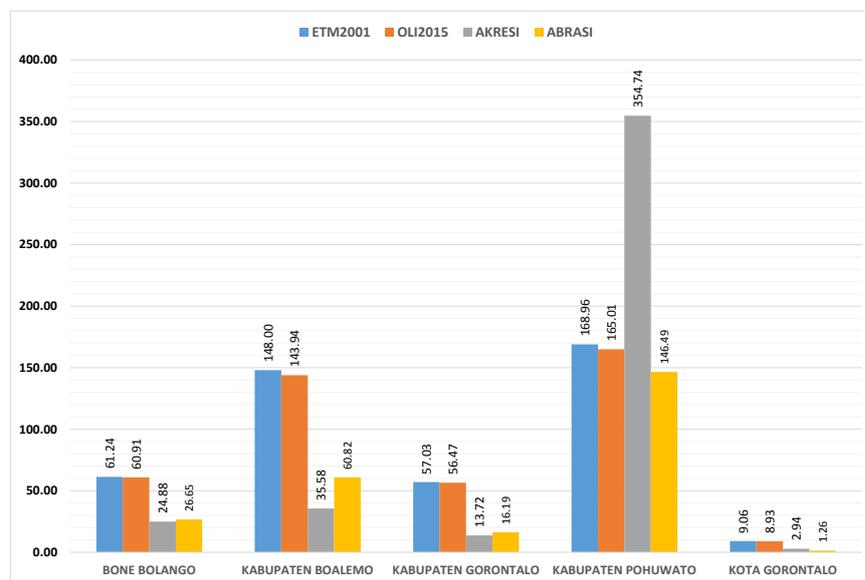
- Fiturset abrasi dibentuk dari *polygon* darat-laut dari hasil *overlay fiturset* tahun 2001 dan tahun 2015;

5.3 Dinamika Spasial-Temporal Pesisir Pantai Selatan Provinsi Gorontalo

Sesuai dengan tujuan penelitian dan metode analisis data dalam penelitian ini maka pembahasan dinamika spasial temporal pesisir Selatan Provinsi Gorontalo dibagi atas dinamika perubahan *fiturset* panjang garis pantai dan *fiturset* akresi dan abrasi serta hubungan tutupan lahan dengan proses akresi dan abrasi.

5.3.1 Dinamika Panjang Garis Pantai dan Luas Akresi/Abrasi

Rincian hasil analisis *overlay* pada *fiturset* panjang garis pantai dan luas akresi/abrasi hasil ekstraksi dataset Landsat ETM+ tahun 2001 dan Landsat OLI tahun 2015 pada tiap desa pesisir di sepanjang garis pantai Selatan Gorontalo disajikan pada Lampiran 13 dan Lampiran 14. Pada Gambar 9 disajikan ringkasan perbandingan perubahan panjang garis pantai dan luas kawasan akresi/abrasi di wilayah Kabupaten/Kota Provinsi Gorontalo.



Gambar 9. Perbandingan perubahan panjang garis pantai (km) dan luas kawasan akresi dan abrasi (ha) di sepanjang pesisir kabupaten/kota pesisir Provinsi Gorontalo (*Keterangan*: hasil ekstraksi tahun 2001 dari *fiturset* Landsat ETM+ dan tahun 2015 dari *fiturset* Landsat OLI; luas akresi serta abrasi yang terbentuk dihasilkan dari olahan kedua *fiturset* dalam bentuk *polygon*)

Pada Tabel 5 disajikan ringkasan Lampiran 13 mengenai perubahan panjang garis pantai untuk tiap kecamatan pesisir wilayah Kabupaten/Kota Gorontalo. Pada Gambar 9 dan Tabel 5 terlihat bahwa di seluruh kawasan pesisir selatan kabupaten/kota Provinsi Gorontalo menunjukkan pengurangan panjang garis pantai dari 0.128 (Kota Gorontalo) hingga 4.062 km (Kabupaten Boalemo). Pengurangan terbesar panjang garis pantai di Kabupaten Boalemo ini adalah sebesar 44.98% dari total pengurangan panjang garis pantai di seluruh kawasan pesisir Selatan Gorontalo.

Tabel 5. Panjang garis pantai dan perubahannya selama rentang waktu 14 tahun (2001 s.d 2015) pada tiap kecamatan kabupaten/kota pesisir Provinsi Gorontalo

| KAB_KOTA | KECAMATAN | PANJANG GARIS PANTAI (km) | | |
|---------------------|------------------|---------------------------|----------------|---------------|
| | | ETM2001 | OLI2015 | Perubahan |
| BONE BOLANGO | BONE | 16.299 | 16.431 | 0.132 |
| | BONEPANTAI | 11.423 | 11.632 | 0.210 |
| | BONERAYA | 5.940 | 5.928 | -0.012 |
| | BULAWA | 10.951 | 10.849 | -0.102 |
| | KABILABONE | 16.623 | 16.068 | -0.555 |
| JUMLAH | | 61.237 | 60.909 | -0.327 |
| KABUPATEN BOALEMO | BOTUMOITO | 30.587 | 30.370 | -0.216 |
| | DULUPI | 25.649 | 25.341 | -0.309 |
| | MANANGGU | 7.002 | 6.911 | -0.091 |
| | PAGUYAMAN PANTAI | 54.672 | 51.735 | -2.937 |
| | TILAMUTA | 30.088 | 29.578 | -0.510 |
| JUMLAH | | 147.997 | 143.935 | -4.062 |
| KABUPATEN GORONTALO | BILATO | 9.064 | 9.145 | 0.081 |
| | BILUHU | 23.697 | 23.146 | -0.551 |
| | BATUDAA PANTAI | 24.269 | 24.181 | -0.088 |
| JUMLAH | | 57.030 | 56.473 | -0.558 |
| KABUPATEN POHUWATO | DUHIADAA | 8.382 | 8.033 | -0.349 |
| | LEMITO | 38.995 | 38.741 | -0.253 |
| | MARISA | 5.725 | 5.724 | -0.001 |
| | PAGUAT | 19.726 | 20.216 | 0.491 |
| | PATILANGGIO | 7.610 | 6.606 | -1.004 |
| | POPAYATO | 13.242 | 12.957 | -0.285 |
| | POPAYATO BARAT | 22.083 | 22.426 | 0.343 |
| | POPAYATO TIMUR | 12.028 | 11.194 | -0.834 |
| | RANDANGAN | 11.602 | 10.900 | -0.702 |
| WANGGARASI | 29.570 | 28.210 | -1.360 | |
| JUMLAH | | 168.962 | 165.007 | -3.955 |
| KOTA GORONTALO | DUMBORAYA | 4.664 | 4.576 | -0.088 |
| | HULONTHALANGI | 4.392 | 4.352 | -0.040 |
| JUMLAH | | 9.056 | 8.928 | -0.128 |
| TOTAL | | 444.283 | 435.252 | -9.030 |

Jika diperhatikan pada Tabel 5 maka terdapat fakta menarik yang menunjukkan kedekatan informasi hasil penelitian ini baik pada *fiturset* tahun 2001 maupun tahun 2015 dengan informasi panjang garis pantai dari Sistem Informasi Lingkungan Provinsi Gorontalo (2015) yakni 438.1 km dan Kementerian Lingkungan Hidup RI (2015) yaitu sepanjang 436,52 km dibandingkan sumber

informasi lainnya (lihat Halaman 8). Satu hal yang perlu ditekankan bahwa informasi hasil ekstraksi panjang garis pantai dalam penelitian ini tanpa mengikutkan-sertakan panjang garis pantai pulau-pulau dalam kawasan administrasi Provinsi Gorontalo yang bertebaran di sepanjang Pesisir Selatan Bagian Barat.

Hal menarik lainnya terdapat pada wilayah pesisir Kabuapten Pohuwato yang menunjukkan bahwa walaupun pengurangan panjang garis pantainya cukup signifikan yakni sepanjang 3.955 km atau sebesar 43.80% dari total pengurangan garis pantai seluruh pantai selatan sehingga menciptakan luas kawasannya yang mengalami erosi sebesar yaitu sebesar 354.738 ha, namun secara keseluruhan proses dinamika yang terjadi adalah dominan akresi dibandingkan abrasi. Demikian pula di kawasan pesisir Kota Gorontalo dengan luas insidentil secara mikro (Tabel 6 dan Gambar 9).

Tabel 6 Luas akresi dan abrasi (ha) tiap kecamatan di kawasan pesisir Selatan Provinsi Provinsi selama rentang waktu tahun 2001 sampai 2015.

| KAB_KOTA | KECAMATAN | LUAS (Ha) | | PROSES DOMINAN |
|---------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | AKRESI | ABRASI | |
| BONE BOLANGO | BONE | 4.190 | 10.454 | Abrasi |
| | BONEPANTAI | 6.111 | 2.226 | Akresi |
| | BONERAYA | 0.875 | 4.513 | Abrasi |
| | BULAWA | 2.169 | 7.636 | Abrasi |
| | KABILABONE | 11.534 | 1.825 | Akresi |
| | JUMLAH | 24.879 | 26.654 | Abrasi |
| KABUPATEN BOALEMO | BOTUMOITO | 4.971 | 12.648 | Abrasi |
| | DULUPI | 6.811 | 10.201 | Abrasi |
| | MANANGGU | 2.550 | 0.591 | Akresi |
| | PAGUYAMAN PANTAI | 12.356 | 23.915 | Abrasi |
| | TILAMUTA | 8.895 | 13.462 | Abrasi |
| | JUMLAH | 35.584 | 60.818 | Abrasi |
| KABUPATEN GORONTALO | BILATO | 2.020 | 2.874 | Abrasi |
| | BILUHU | 6.927 | 6.545 | Akresi |
| | BATUDAA PANTAI | 4.771 | 6.770 | Abrasi |
| | JUMLAH | 13.718 | 16.188 | Abrasi |
| KABUPATEN POHUWATO | DUHIADAA | 28.439 | 46.632 | Abrasi |
| | LEMITO | 42.592 | 16.125 | Akresi |
| | MARISA | 2.432 | 6.289 | Abrasi |
| | PAGUAT | 14.204 | 12.727 | Akresi |
| | PATILANGGIO | 205.876 | 0.876 | Akresi |
| | POPAYATO | 2.723 | 15.351 | Abrasi |
| | POPAYATO BARAT | 2.232 | 15.487 | Abrasi |
| | RANDANGAN | 9.728 | 5.121 | Akresi |
| | WANGGARASI | 19.075 | 14.273 | Akresi |
| | POPAYATO BARAT | 27.436 | 13.613 | Akresi |
| | JUMLAH | 354.738 | 146.493 | Akresi |
| KOTA GORONTALO | DUMBORAYA | 2.134 | 0.754 | Akresi |
| | HULONTHALANGI | 0.805 | 0.503 | Akresi |
| | JUMLAH | 2.940 | 1.257 | Akresi |
| TOTAL | | 431.859 | 251.411 | Akresi |

Pengamatan lebih lanjut diketahui bahwa penyebab fenomena ini adalah hal yang berbeda. Pada pesisir Kota Gorontalo, walaupun kejadian erosi berlangsung dengan rata-rata sebesar 0.168 ha di Kecamatan Hulonthalangi dan 0.377 ha di Kecamatan Dumbo Raya, namun penambahan luas kawasan terbangun berupa pelabuhan laut dan pelabuhan feri cukup menyumbang luasan kawasan akresi yang signifikan di kawasan ini.

Hal berbeda yang terjadi di kawasan pesisir Kabupaten Pohuwato, di mana walaupun abrasi pun sebagai proses yang juga signifikan dengan rata-rata luas abrasi tiap desanya sebesar 3.96 ha (Lampiran 14), namun luas kawasan akresi secara keseluruhan dengan luas rata-rata akresi tiap desa sebesar 9.59 ha atau tiga kali luas abrasi lebih disumbangkan oleh pertumbuhan delta sungai di Desa Manawa Kecamatan Patilanggio seluas 205.88 ha selama rentang waktu tahun 2001 hingga 2015 (Lampiran 14). Di mana pertumbuhan daratan di wilayah delta ini memiliki luas 58.04% dari seluruh luas kawasan akresi di Kabupaten Pohuwato.

Dari perspektif penginderaan jauh kedua fenomena di atas menjadi hal menarik untuk penelitian lanjutan mengenai proses akresi dan abrasi secara lebih fokus. Bagi fenomena pertumbuhan delta di Desa Manawa Kabupaten Pohuwato, pertumbuhannya yang pesat yakni sekitar 14.71 ha/tahun (Tabel 6) mengindikasikan kemampuan *dataset* Landsat dengan resolusi 30 meter dalam mendeteksi pertumbuhan tersebut. Sehingga penelitian lanjut misalnya terkait pola pertumbuhannya secara spasial (arah, bentuk, dan prediksi keduanya), atau juga pola pertumbuhan daratan tersebut hubungannya dengan pola perubahan tutupan pesisir sekitarnya dapat cukup diamati menggunakan dataset citra beresolusi menengah seperti Landsat, SPOT, dan sebagainya. Di lain pihak, fenomena akresi dan abrasi di sepanjang pesisir Kota Gorontalo dengan dengan luas perubahan yang tergolong mikro (< 3 ha) tidak membutuhkan *dataset* citra beresolusi tinggi seperti citra Ikonos (bersolusi 1 meter untuk band pankromatik dan 4 meter untuk *band* multispektral) atau citra Quickbird (resolusi band spectral 2.44 meter dan 0.61 m pada band pankromatik).

Selain fenomena akresi di Kabupaten Pohuwato dan Kota Gorontalo, hal yang sama berlaku pula pada penelitian lanjut mengenai fenomena abrasi di tiga

kabupaten pesisir selatan Gorontalo, yaitu: Kabupaten Boalemo, Kabupaten Bone Bolango, dan Kabupaten Gorontalo. Pengamatan lanjut di masing-masing tiga kawasan ini secara lebih spesifik baik terhadap pengaruh dan pola dinamika abrasi dan akresi hubungannya dengan pola perubahan tutupan dan penggunaan lahan akan menjadi topik yang menarik dan penting dalam menyediakan input bagi sistem pengelolaan pesisir di kawasan tersebut.

5.3.2 Korelasi Kejadian Proses Akresi dan Abrasi dengan Jenis tutupan/ Lahan di Sepanjang Pesisir Selatan Gorontalo

Hubungan lokasi kejadian proses akresi dan abrasi dengan kawasan tutupan/ penggunaan lahan dalam bentuk matrix korelasi berturut-turut disajikan pada Gambar 10 dan Gambar 11.

| | Rawa | Sungai | Beting Karang | Hutan Bakau | Hutan Rawa | Hutan Rimba | Bukit Pasir Darat | Perkebunan | Permukiman dan Tempat Kegiatan | Sawah | Semak Belukar Alang Alang | Tanah Kosong | Tegalan/Ladang | AKRESI |
|--------------------------------|------|--------|---------------|-------------|------------|-------------|-------------------|------------|--------------------------------|-------|---------------------------|--------------|----------------|--------|
| Rawa | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| Sungai | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Beting Karang | 1 | -0.09 | 1 | | | | | | | | | | | |
| Hutan Bakau | 1 | 0.42 | 0.06 | 1 | | | | | | | | | | |
| Hutan Rawa | -1 | 0.05 | 0.27 | 0.91 | 1 | | | | | | | | | |
| Hutan Rimba | -1 | 0.54 | -0.43 | -0.22 | -0.18 | 1 | | | | | | | | |
| Bukit Pasir Darat | -1 | 0.01 | -0.17 | -0.13 | 0.06 | 0.02 | 1 | | | | | | | |
| Perkebunan | 1 | -0.11 | 0.33 | 0.38 | 0.87 | -0.20 | -0.12 | 1 | | | | | | |
| Permukiman dan Tempat Kegiatan | 1 | -0.09 | 0.33 | -0.07 | 0.82 | -0.12 | 0.04 | -0.10 | 1 | | | | | |
| Sawah | -1 | -0.27 | -0.46 | 0.07 | 0.55 | 0.45 | -0.33 | 0.29 | -0.35 | 1 | | | | |
| Semak Belukar Alang Alang | 1 | -0.15 | -0.09 | -0.05 | 0.56 | -0.11 | 0.36 | 0.05 | 0.04 | 0.52 | 1 | | | |
| Tanah Kosong | -1 | -0.11 | 0.66 | -0.26 | -0.17 | -0.14 | -0.21 | -0.16 | -0.27 | -0.28 | 0.10 | 1 | | |
| Tegalan/Ladang | -1 | -0.13 | 0.36 | -0.16 | -0.40 | 0.08 | -0.18 | 0.04 | 0.23 | 0.42 | -0.09 | -0.14 | 1 | |
| AKRESI | 1 | 0.42 | 0.14 | 0.94 | 0.91 | -0.20 | -0.04 | 0.37 | 0.04 | -0.31 | 0.10 | 0.17 | 0.02 | 1 |

Gambar 10. Matriks korelasi lokasi akresi dengan jenis-jenis tutupan/penggunaan lahan pesisir selatan Gorontalo

| | Rawa | Tambak | Sungai | Beting Karang | Hutan Bakau | Bukit Pasir Darat | Perkebunan/Kebun | Permukiman dan Tempat Kegiatan | Sawah | Semak Belukar/Alang Alang | Tanah Kosong/Gundul | Tegalan/Ladang | ABRASI |
|--------------------------------|------|--------|--------|---------------|-------------|-------------------|------------------|--------------------------------|-------|---------------------------|---------------------|----------------|--------|
| Rawa | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Tambak | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| Sungai | -1 | -0.75 | 1 | | | | | | | | | | |
| Beting Karang | -1 | 0.15 | 0.36 | 1 | | | | | | | | | |
| Hutan Bakau | 1 | 1.00 | 0.05 | 0.17 | 1 | | | | | | | | |
| Bukit Pasir Darat | -1 | -0.54 | -0.06 | -0.01 | -0.04 | 1 | | | | | | | |
| Perkebunan/Kebun | -1 | -0.59 | -0.20 | -0.16 | 0.04 | -0.09 | 1 | | | | | | |
| Permukiman dan Tempat Kegiatan | -1 | -0.25 | 0.09 | -0.05 | -0.25 | -0.18 | -0.03 | 1 | | | | | |
| Sawah | -1 | -0.90 | -0.32 | -0.13 | -0.42 | 0.02 | -0.37 | 0.94 | 1 | | | | |
| Semak Belukar/Alang Alang | 1 | -0.37 | 0.20 | -0.07 | -0.06 | 0.12 | 0.13 | 0.07 | 0.81 | 1 | | | |
| Tanah Kosong/Gundul | 1 | 0.99 | -0.29 | -0.01 | 0.76 | -0.10 | -0.37 | -0.27 | -0.09 | 0.00 | 1 | | |
| Tegalan/Ladang | -1 | 0.03 | 0.06 | 0.24 | 0.26 | -0.24 | -0.15 | 0.20 | 0.11 | -0.13 | -0.04 | 1 | |
| ABRASI | 1 | 0.90 | 0.31 | 0.55 | 0.47 | 0.56 | 0.02 | -0.15 | -0.33 | 0.41 | 0.61 | 0.14 | 1 |

Gambar 11. Matriks korelasi lokasi abrasi dengan jenis-jenis tutupan/penggunaan lahan pesisir selatan Gorontalo

Pada Gambar 10 diketahui bahwa korelasi mutlak positif antara kejadian proses akresi dengan terdapat pada kawasan rawa, sedangkan dua korelasi positif terbesar berturut-turut terhadap proses akresi adalah kawasan hutan bakau ($r=0.94$) dan hutan rawa ($r=0.91$). Serupa, walaupun dengan sedikit perbedaan, pada Gambar 11 diketahui bahwa jenis tutupan rawa memiliki korelasi mutlak positif dengan kejadian proses abrasi seperti halnya lokasi kawasan akresi. Namun berbeda dengan lokasi proses akresi bahwa lokasi kawasan proses abrasi memiliki korelasi positif yang besar hanya pada jenis tutupan lahan tambak ($r=0.90$). Lokasi kawasan proses abrasi yang relative memiliki korelasi positif ($r>0.50$) berturut-turut adalah jenis tutupan; tanah kosong/gundul ($r=0.61$), pasir bukit darat (beting) yakni ($r=0.56$), dan beting karang ($r=0.55$).

Hasil analisis korelasi lokasi kawasan proses akresi dan abrasi dengan jenis tutupan/penggunaan lahan di atas mengindikasikan hal-hal sebagai berikut;

- Daerah rawa di kawasan pesisir sebagai suatu kawasan bertopografi paling rendah (lowland) merupakan kawasan yang rentan mengalami dinamika baik oleh proses akresi yang disebabkan oleh endapan substrat lunaknya yang bisa saja ber-translokasi dan menumpuk membentuk padatan daratan lunak ke arah laut, maupun oleh proses abrasi di mana endapan lunak tadi oleh sebab aksi dari laut (gelombang dan arus) bisa saja mengalami pengikisan dan ber-translokasi ke tempat lain namun menyebabkan abrasi di daerah asal endapannya. Dengan demikian, kawasan di mana jenis tutupan rawa berada seyogyanya lebih mendapat perhatian dalam pengelolaan wilayah pesisir.
- Di lain pihak, korelasi kawasan proses abrasi yang sangat besar dengan jenis penggunaan lahan tambak sangat penting menjadi petunjuk akan pentingnya memperhatikan kebijakan perubahan bentang alam (landscape) suatu kawasan. Kawasan tambak yang notabene merupakan hasil transformasi dari kawasan mangrove seyogyanya dibatasi atau jika mendesak maka jalan satu-satunya pembukaan lahan tambak harus memperhatikan kebijakan sistem yang ramah lingkungan seperti penerapan *ring belt* sejauh 2 km dari batas pasang tertinggi.

- Hubungan kejadian abrasi dengan jenis tutupan beting karang ($r=0.55$) dan beting pasir darat ($r=0.56$) mengindikasikan pentingnya monitoring dan penelitian secara lokal dan detil dari kedua jenis tutupan ini; beting karang yang banyak tersebar di kawasan bagian barat pantai selatan; dan beting pasir darat yang banyak tersebar di bagian timur pantai selatan Gorontalo. Arti penting kedua bentang alam ini sebagai kawasan perairan dangkal wilayah pesisir sangat berperan dalam penyediaan kekayaan sumberdaya hayati wilayah pesisir, sehingga patut mendapat perhatian yang intensif dalam pengelolaan kawasan pesisir Selatan Gorontalo.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari kegiatan tahap awal adalah sebagai berikut:

- Hasil deliniasi *fiturset* garis pantai tahun 2001 dan 2015 menunjukkan bahwa panjang garis pantai Selatan Gorontalo tanpa mengikut-sertakan panjang garis pantai pulau-pulau yang terpisah dari daratan berturut-turut adalah sepanjang 444.28 km tahun 2001 dan 435.25 km tahun 2015 sehingga terdapat fenomena pengurangan garis pantai sepanjang 9.03 km dalam rentang 14 tahun.
- Sepanjang pesisir selatan Gorontalo berlangsung proses abrasi dan akresi secara bersamaan pada kestabilannya dalam rentang 14 tahun (2001 s.d 2015), di mana walaupun fenomena pengurangan panjang garis pantai penyebab proses abrasi merupakan proses yang instens mengikuti proses akresi di tiap wilayah administrasi desa dan atau kecamatan di sepanjang pesisir Selatan Gorontalo, namun besaran nilai cakupannya yang mikro ditutupi oleh proses pertambahan daratan (akresi) oleh pertumbuhan delta sungai di Desa Manawa Kecamatan Patilanggio Kabupaten Pohuwato yang sangat signifikan di mana menyumbang 58.04% luas akresi secara keseluruhan di pesisir selatan Gorontalo selama 14 tahun.
- Baik akresi maupun abrasi pantai mengindikasikan korelasi dengan jenis tutupan lahan di kawasan pesisir Selatan Gorontalo yang sekaligus menunjukkan pentingnya perhatian terhadap jenis tutupan bersangkutan dalam pengelolaan kawasan pesisir selatan Gorontalo, berupa; rawa, hutan bakau, hutan rawa, dan kawasan tambak.

6.2 Saran

Sehubungan dengan hasil penelitian ini, beberapa hal terkait yang dapat disarankan adalah;

- Pentingnya jenis tutupan bentang alam yang berkorelasi dengan proses baik akresi maupun abrasi di sepanjang kawasan pesisir memerlukan perhatian khusus dan sekaligus menunjukkan arti penting kegiatan monitoring kawasan-kawasan tersebut dalam sistim pengelolaan kawasan pesisir selatan Gorontalo.
- Penggunaan *dataset* beresolusi menengah seperti Landsat yang digunakan dalam penelitian ini walaupun cukup memadai mengidentifikasi proses dinamika yang sifatnya makro (> 3 ha) namun untuk penelitian lanjut secara lokal dan terarah sangat penting untuk mengkombinasikannya dengan pemanfaatan dataset citra lain beresolusi tinggi seperti Ikonos dan Quickbird dalam detil kajian monitoring kawasan pesisir di lokasi-lokasi berlangsungnya proses akresi dan abrasi daerah-daerah sepanjang pesisir selatan Gorontalo.

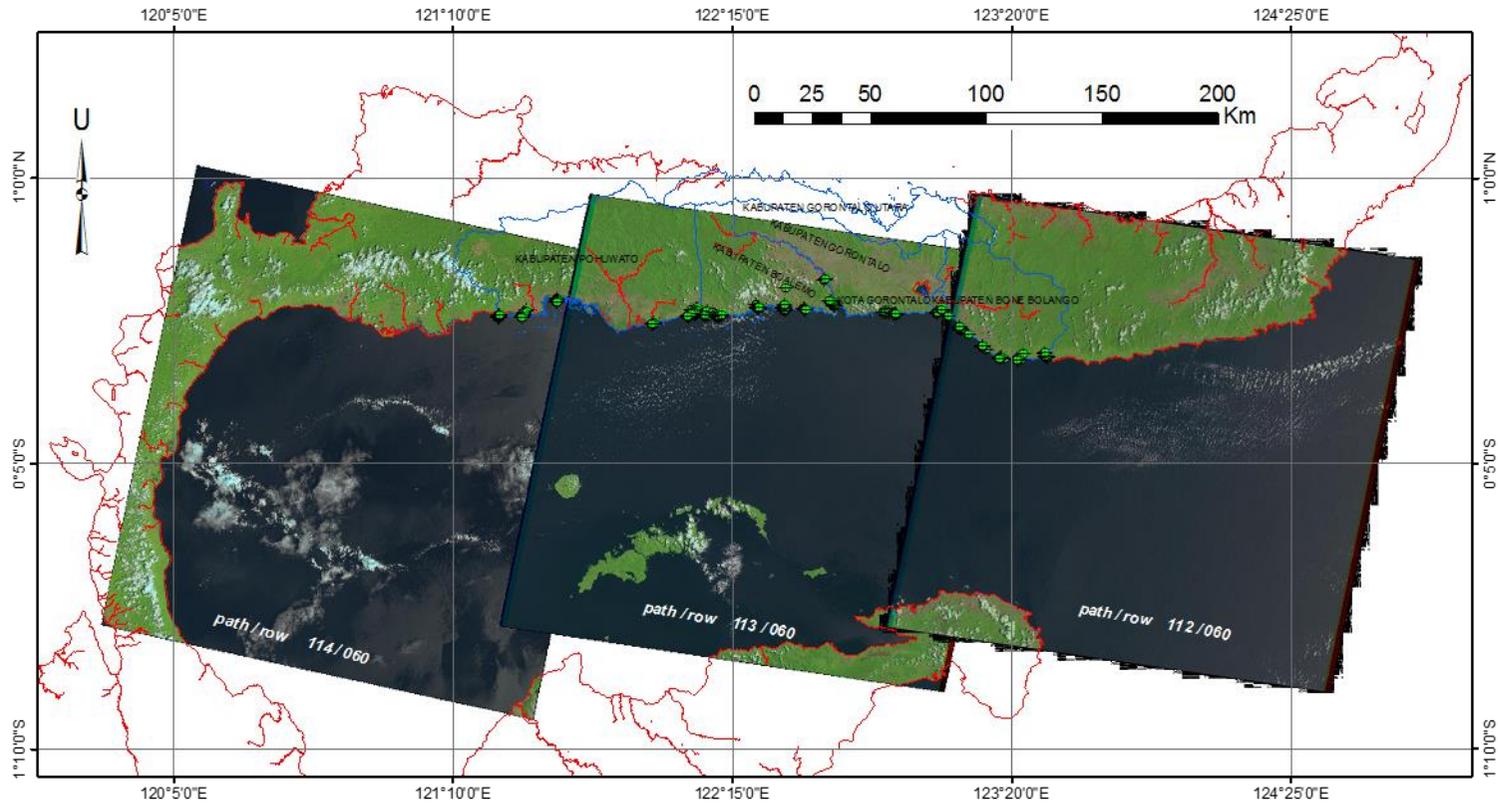
DAFTAR PUSTAKA

- Alesheikh, dkk, 2007, Coastline change detection using remote sensing, *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 4 (1): 61-66, 2007, ISSN: 1735-1472, © Winter 2007, IRSEN, CEERS, IAU
- Badan Standardisasi Nasional (BSN).SNI 7645:2010
- Baharuddin E. 2013. Analisis Kesenjangan Ekonomi Antar Kabupaten/Kota di Provinsi Gorontalo Periode 2006-2010. SKRIPSI Jurusan Ilmu Ekonomi Fakultas Ekonomi Dan Bisnis, UNHAS, Makassar.
- Chan P. and Acharya P., 2010. Shoreline change and sea level rise along coast of Bhitarkanika wildlife sanctuary, Orissa: An analytical approach of remote sensing and statistical techniques. *Int J Geom & Geos*, 1 (3) :436-455
- Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S. P., Sitepu, M. J., 1996. Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir Dan Lautan Secara Terpadu. Jakarta: Pradnya paramita
- Fletcher CH, Romine BM, Genz AS, Barbee MM, Dyer M, Anderson TR, Lim SC, Vitousek S, Bochicchio C, Richmond BM. 2010. National Assessment of Shoreline Change: Historical Shoreline Changes in the Hawaiian Islands. US Dep Inter-USGS, Virginia
- Guariglia A, Arcangela B, Angela L, Rocco S, Maria LT, Angelo Z, Antonio C. 2006. A Multisource Approach for Coastline Mapping and Identification of Shoreline Changes. *Annals of Geophys* 49 (1):295–3 04
- Hanifa NR, Djunarsjah E, Wikantika K. 2007. Reconstruction of Maritime Boundary between Indonesia and Singapore Using Landsat-ETM Satellite Image. TS9 Marine Cadastre and Coastal Zone Management. 3rd FIG Regional Conference, October 3-7, 2004. Jakarta, Indonesia
- Harris M, Brock J, Nayegandhi A, Duffy M. 2005. Extracting Shorelines from NASA Airborne Topographic Lidar-Derived Digital Elevation Models. *USGS Report: 2005–1427*
- Kasim F., 2011. Koreksi Pasang Surut Dalam Pemetaan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Data Inderaja dan SIG. *Jurnal Ilmiah Agrosains Tropis (JIAT)* Volume: 6 Nomor: 2 September 2011, ISSN 1907-1256
- Kasim F., 2012. Pendekatan Beberapa Metode dalam Monitoring Perubahan Garis Pantai Menggunakan Dataset Penginderaan Jauh Landsat dan SIG. *Jurnal Ilmiah Agro-politan (JIA)*, Volume 5. Nomor 1, April 2012, Hal: 620-635, ISSN 1979-2891
- KLH RI. 2015. Rencana Aksi Pengelolaan lingkungan Teluk Tomini. <http://www.menlh.go.id/rencana-aksi-pengelolaan-lingkungan-teluk-tomini/>. Diakses pada Diakses pada tanggal 10 Mei 2015 Pukul 15.30 WiTa
- Lipakis M, Chrysoulakis N, Kamarianakis Y. 2008. Shoreline Extraction Using Satellite Imagery. <http://www.beachmed.it/>

- Morton RA and Miller T L., 2005. National assessment of shoreline Change: Part 2: Historical shoreline changes and associated coastal land loss along the U.S. Southeast Atlantic Coast. *USGS Report: 2005-1401*
- Novianti L., 2012. Analisis Perubahan Luasan Tutupan Lahan Wilayah Pesisir Timur Banyuasin dengan Metode Change Vector Analysis. THESIS Program Pascasarjana Universitas Diponegoro (UNDIP), Semarang
- Novrizal Z.W., 2004. Pemanfaatan Citra Landsat ETM/7 dan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Mengamati Proses Perubahan Pantai di Muara Sungai Randangan, Kecamatan Marisa, Provinsi Gorontalo. SKRIPSI Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
- Parman S. 2010. Deteksi Perubahan Garis Pantai Melalui Citra Penginderaan Jauh Di Pantai Utara Semarang Demak. *Jurnal Geografi. Volume 7 No. 1 Januari 2010. Hal: 30-38*
- Pemprov Gorontalo. 2015. Perkembangan Investasi. <http://www.gorontaloprov.go.id/component/advlisting/?view=download&fileId=842>
- Pengadaan.net. 2012. Pembangunan Pengaman Abrasi Pantai kelurahan Dumbo Raya Kota Gorontalo. http://www.pengadaan.net/tend_info3.php?iproc=45479&idata=1&nama=pemb-pengaman-abrasi-pantai-keldumbo-raya-kota-gorontalo. Diakses pada Diakses pada tanggal 10 Mei 2015 Pukul 10.32 WiTa
- Rimawan, R. (2012, Rabu, 12 September). BPBD Provinsi Gorontalo Bikin Tanggul, Cegah Abrasi Pantai. Retrieved from Tribune Manado: <http://manado.tribunnews.com/2012/09/12/bpbd-provinsi-gorontalo-bikin-tanggul-cegah-abrasi-pantai>. Diakses pada tanggal 10 Mei 2015 Pukul 13.12 WiTa
- Sistim Informasi Lingkungan Provinsi Gorontalo. 2015. Laut, Pesisir dan Pantai. <http://ecogorontalo.info/buku-laporan/16-laut,-pesisir-dan-pantai>. Diakses pada tanggal 12 Mei 2015 Pukul 11.02 WiTa
- Sitanggang G., 2010. Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan: Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM (Landsat-8). *Berita Dirgantara Vol. 11 No. 2 Juni 2010:47-58*
- Sutikno S. dan Ferry Fatnanta. 2014. Upaya Mitigasi Perubahan Garis Pantai Pulau-pulau terluar NKRI di Wilayah Provinsi Riau dengan Pemodelan Matematis Berbasis Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh. Laporan Tahunan Penelitian Tim Pascasarjana - Tahun Ke-1 dari rencana 3 tahun. Universitas Riau.
- Wahjono H.D., 2005. Evaluasi Potensi Sumber Daya Air di Provinsi Gorontalo. *Jurnal Air Indonesia (JAI), Vol. 1, No.1 2005, Hal: 30-42*
- Wikipedia. 2015. Gorontalo - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas. <http://id.wikipedia.org/wiki/Gorontalo>

- Winarso GJ and Budhiman S. 2001. The potential application remote sensing data for coastal study. [Paper] presented at the 22nd Asian conference on remote sensing, 5 - 9 November 2001, Singapore. Centre for remote imaging, sensing and processing (CRISP), National University of Singapore; Singapore Institute of Surveyors and Valuers (SISV); Asian Association on Remote Sensing (AARS)
- Tender-project.com. 2014. Abrasi Pantai Desa Langgula. <http://www.tender-project.com/tender/abrasi-pantai-desa-langgula/>. Diakses pada tanggal 10 Mei 2015 Pukul 11.10 WiTa
- Wisnubrata A., 2011. Mangrove Gorontalo Terancam Abrasi. <http://health.kompas.com/read/2011/05/22/19490842/Mangrove.Gorontalo.Terancam.Abrasi>. Diakses pada tanggal 10 Mei 2015 Pukul 21.52 WiTa
- Yunandar. 2007. Analisis Pemanfaatan Ruang Di Kawasan Pembangunan Perikanan Pesisir Muara Kintap Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. [Tesis] Program Studi Magister Manajemen Sumberdaya Pantai. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang

LAMPIRAN 1 Cakupan administrasi untuk wilayah pantai Selatan Propinsi Gorontalo dan daerah Sulawesi menurut jenis nomor *path/row scene dataset* Landsat yang digunakan dalam penelitian



LAMPIRAN 2 Kondisi berdasarkan hasil kegiatan survey lapangan yang menunjukkan adanya struktur buatan dan alami yang membentuk fitur garis pantai pesisir pantai Kabupaten Pohuwato



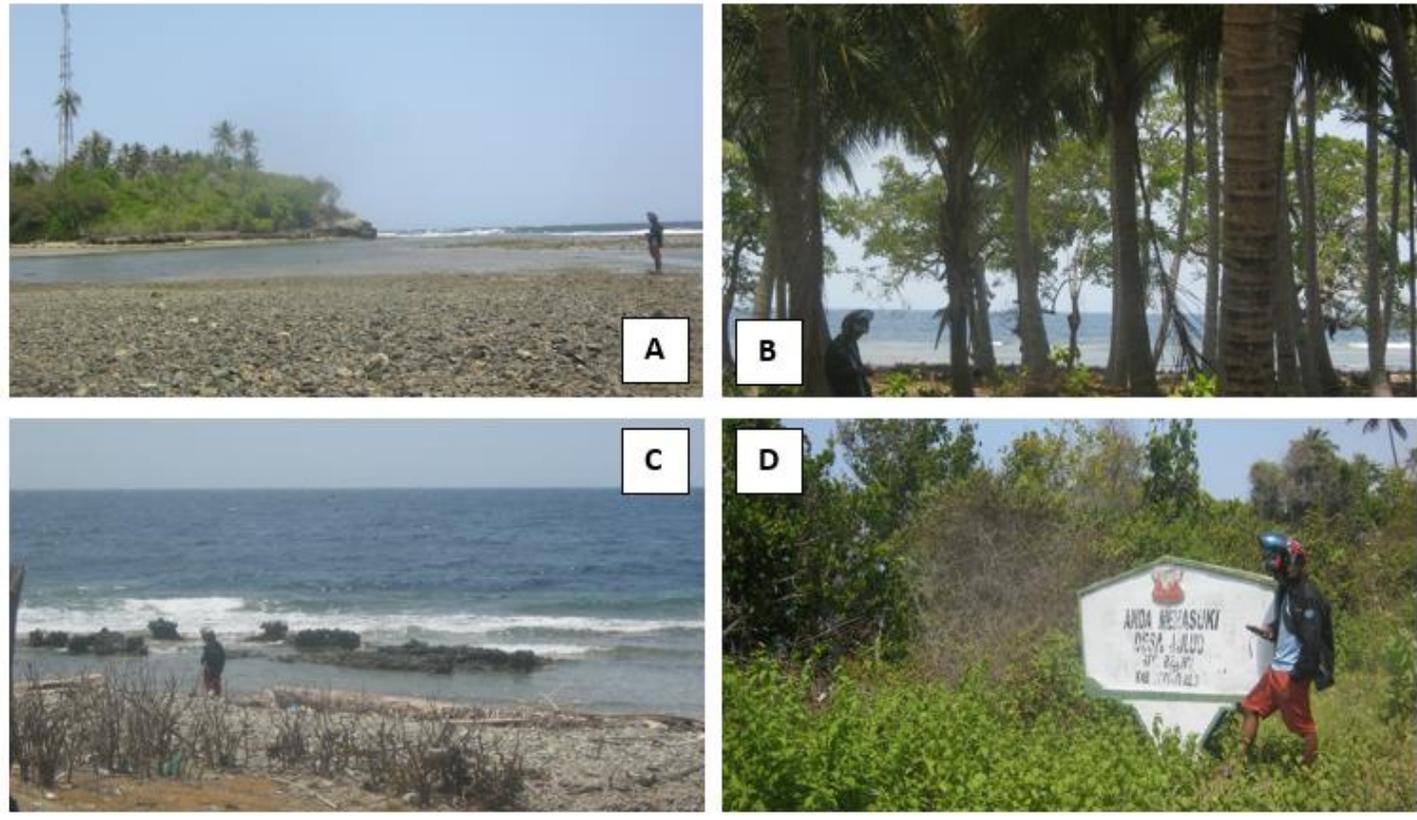
(Keterangan: A. Kondisi tambak di Desa Bumbulan, B. Muara sungai di Desa Molosipat, C. Substrat bebatuan pantai di Desa Pohuwato Timur, D. Salah satu upaya tanggul alami melalui penanaman mangrove di Desa Torosiaje)

LAMPIRAN 3 Kondisi berdasarkan hasil kegiatan survey Lapangan yang menunjukkan Bentuk pantai landai dan jejak air yang membentuk kawasan *tidal-range* di pesisir Pantai Kabupaten Boalemo



(**Keterangan:** A. Slope pantai landai dengan substrat pasir di Desa Dulupi, B. Batas air pasang yang mencapai vegetation line (kawasan mangrove) di Desa Limbatihu, C. Badan Air Muara Sungai di Tanggul di Desa Pentadu timur, D. Kerusakan mangrove di Pantai Desa Boliyohuto)

LAMPIRAN 4 Kondisi kegiatan survey lapangan berbagai jenis *landcover* pantai di pesisir Kabupaten Gorontalo



(Keterangan: A. Pantai landai berbatu di Desa Olimoo, B. Kebun kelapa salah satu bagian penyusun *landcover* pantai di Desa Olimoo, C. Pantai berbatu dan berkarang di Di Desa Otalanga, D. Tugu perbatasan Kecamatan Biluhu)

LAMPIRAN 5 Kondisi kegiatan survey lapangan berbagai jenis *landcover* pantai di Pesisir Kota Gorontalo



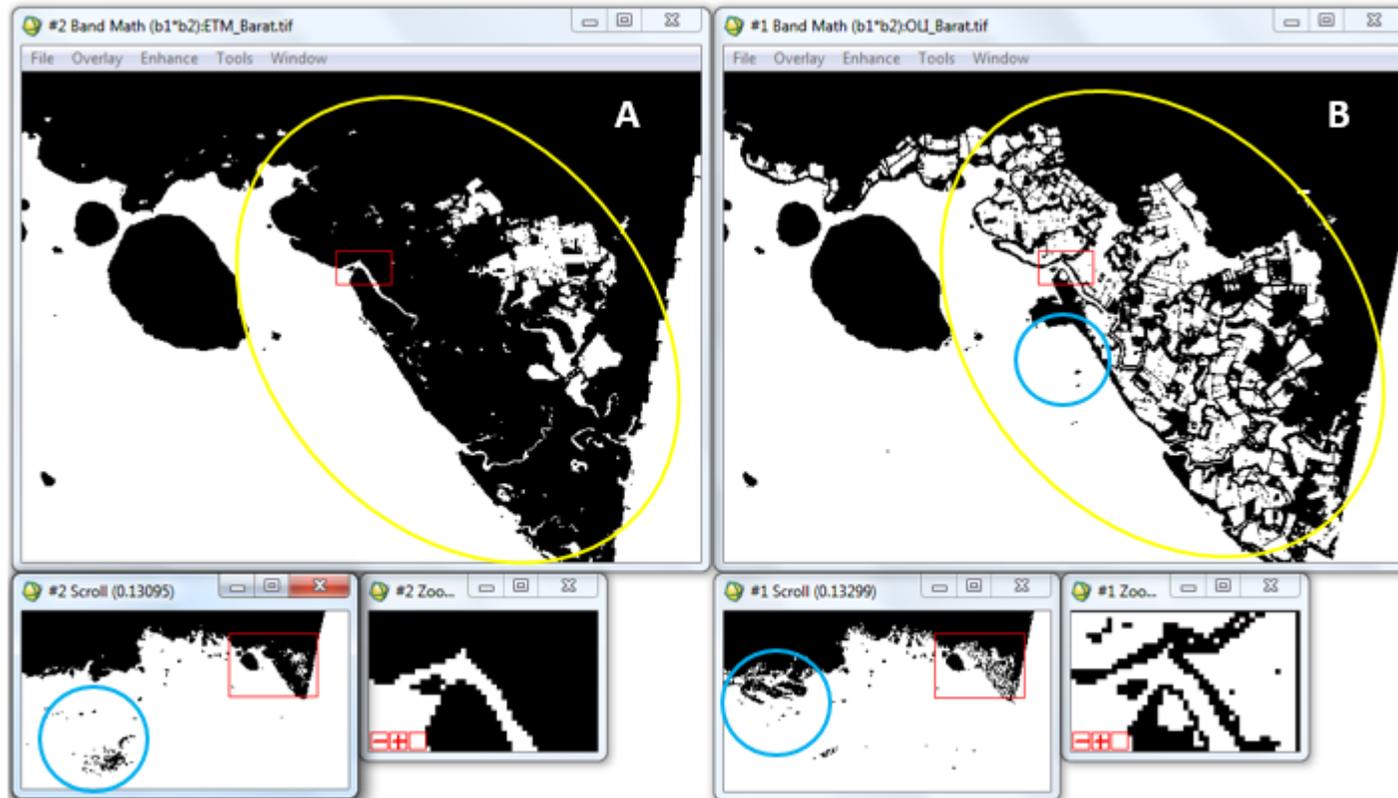
(Keterangan: A. Substrat berbatu daerah *intertidal* di Kelurahan Tanjung Kramat, B. Tanah terbuka salah jenis *landcover* di *upland* pesisir Kelurahan Tanjung Kramat, C. Substrat pasir di daerah *intertidal* Kelurahan Leato Selatan, D. Tagging kawasan pemukiman penyusun *landcover* pesisir Kelurahan Leato Selatan)

LAMPIRAN 6 Kondisi kegiatan survey lapangan berbagai jenis kelas badan air dan kelas darat di pesisir Kabupaten Bone Bolango



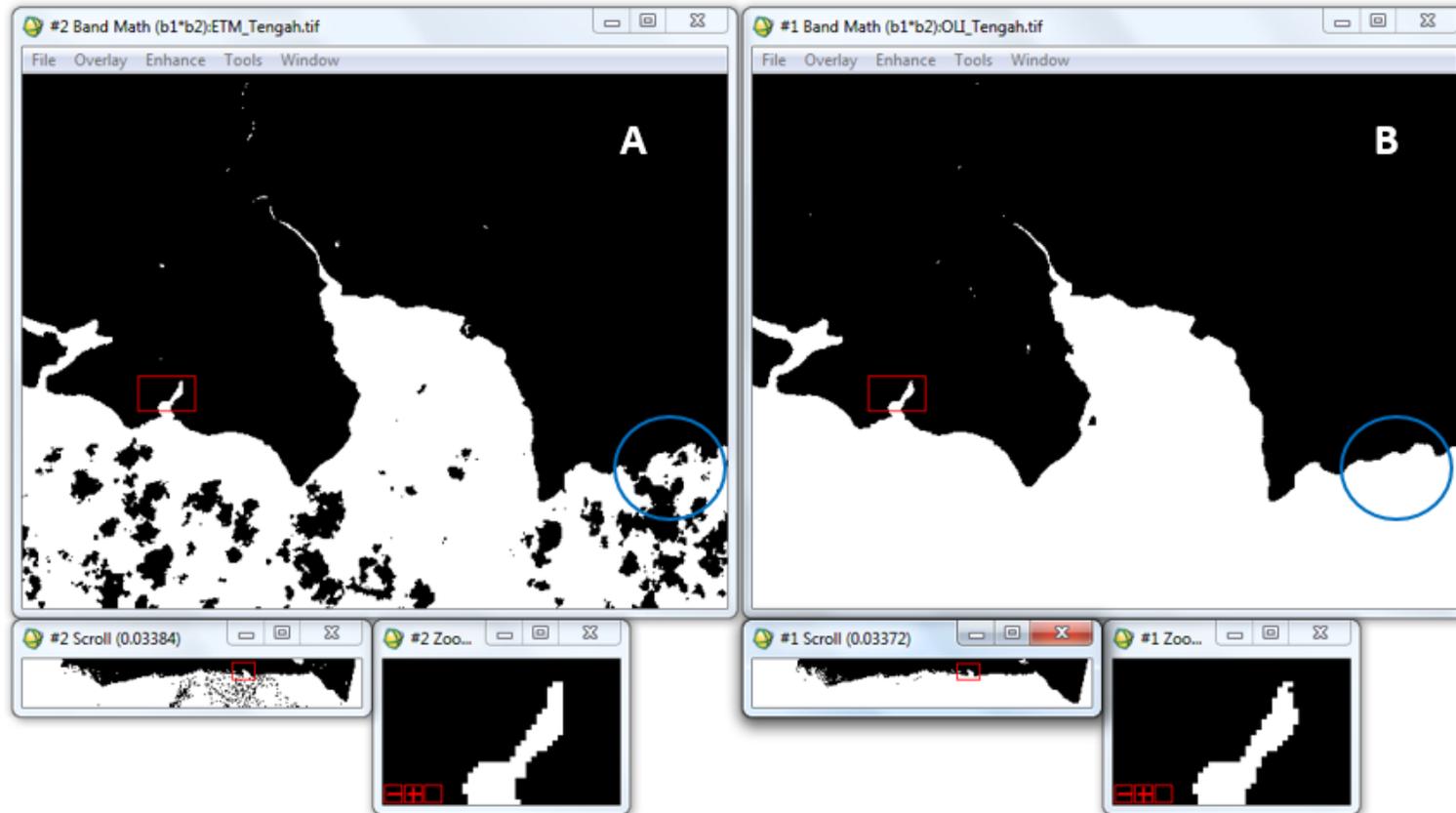
(Keterangan: A. Badan air sungai di Desa Taludaa, B. Batas *waterline* pantai Desa Mootawa, C. Jembatan untuk *tangging* kelas darat di Desa Mamungaa, D. Pantai berbatu dengan undukan pantai di Desa Tongo)

LAMPIRAN 7 Citra biner hasil perkalian *band ratio* dengan citra *threshold* untuk dataset landsat nomor *Path/Row* 112/060



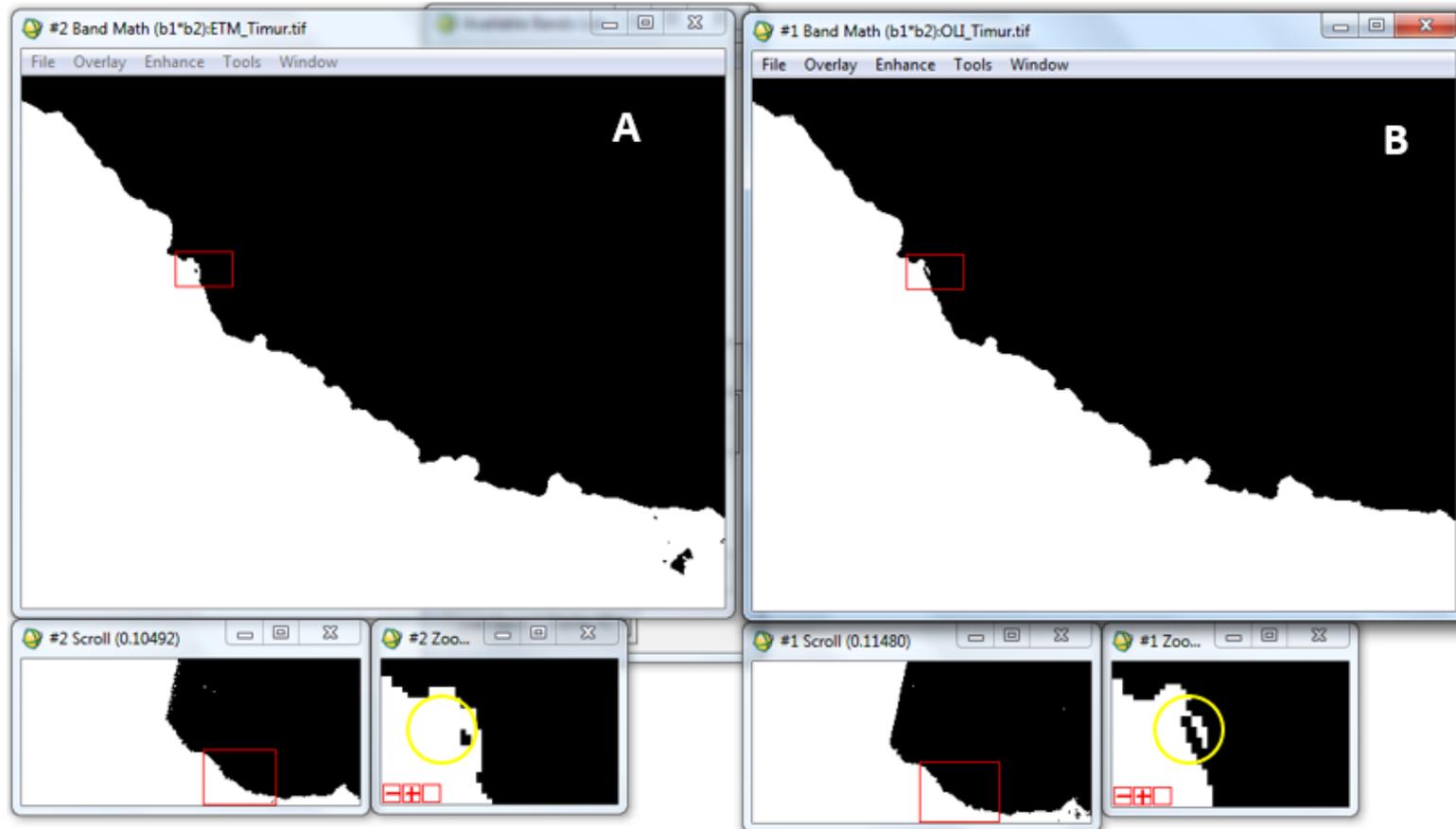
(*Keterangan:* data adalah hasil *cropping* sesuai wilayah penelitian untuk A: Landsat-7 ETM+ tahun 2001, B: Landsat-8 OLI tahun 2015)

LAMPIRAN 8 Citra biner hasil perkalian *band ratio* dengan citra *threshold* untuk dataset landsat nomor *Path/Row* 113/060



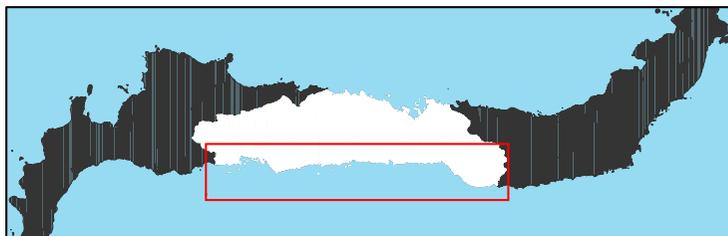
(Keterangan: data adalah hasil *cropping* sesuai wilayah penelitian untuk A: Landsat-7 ETM+ tahun 2001, B: Landsat-8 OLI tahun 2015)

LAMPIRAN 9 Citra biner hasil perkalian *band ratio* dengan citra *threshold* untuk dataset landsat nomor *Path/Row* 114/060



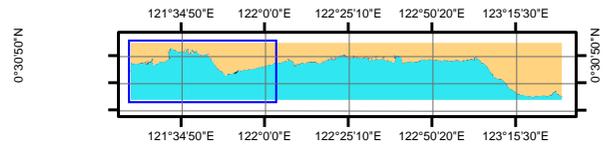
(**Keterangan:** data adalah hasil *cropping* sesuai wilayah penelitian untuk A: Landsat-7 ETM+ tahun 2001, B: Landsat-8 OLI tahun 2015)

LAMPIRAN 10 Peta kawasan lokasi akresi dan erosi sepanjang pesisir Selatan Gorontalo Bagian Barat



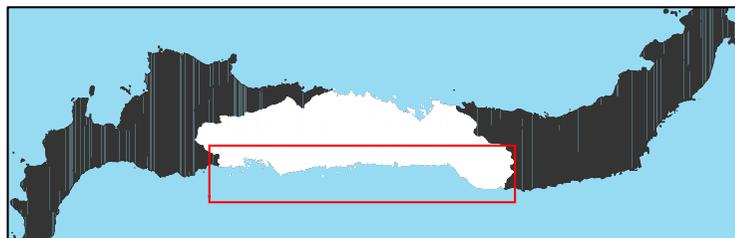
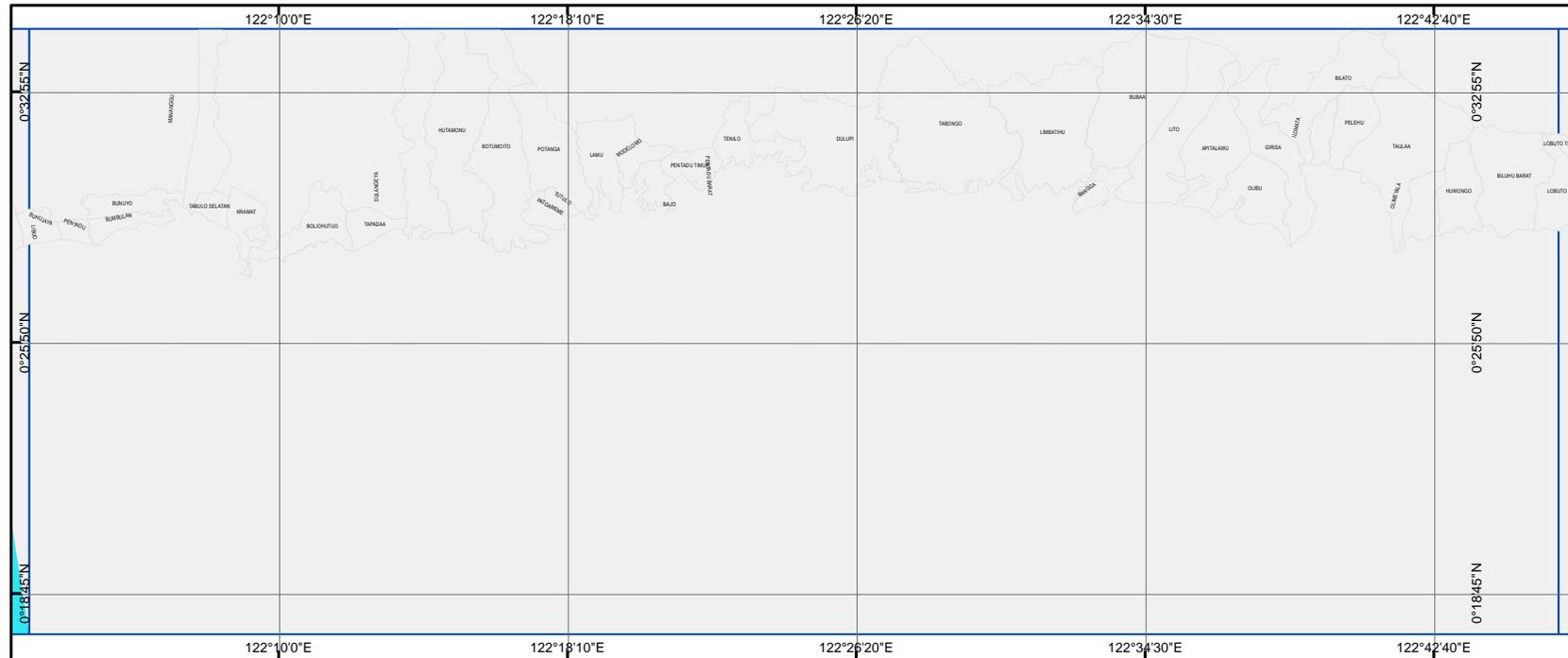
Legenda

- Desa Pesisir Selatan Gorontalo
- Abrasi
- Darat
- Akresi
- Laut
- Indeks Wilayah Kajian (Bagian AOI)



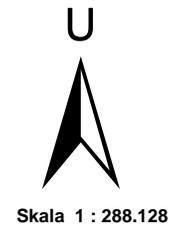
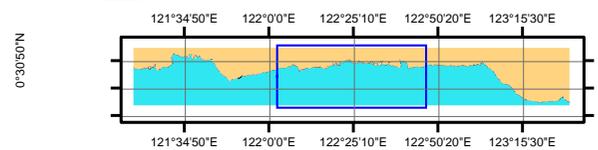
Skala 1 : 288.128

LAMPIRAN 11 Peta kawasan lokasi akresi dan erosi sepanjang pesisir Selatan Gorontalo Bagian Tengah



Legenda

- Desa Pesisir Selatan Gorontalo
- Abrasi
- Darat
- Akresi
- Laut
- Indeks Wilayah Kajian (Bagian AOI)



LAMPIRAN 13. Panjang fiturset garis pantai tiap desa Pesisir Selatan Gorontalo hasil ekstraksi dataset Landsat-7 ETM tahun 2001 dan Landsat-8 OLI tahun 2015

| KAB/KOTA | KECAMATAN | DESA | GARIS PANTAI (km) | | PERUBAHAN (km) | |
|--------------------|---------------|-----------------|-------------------|---------------|----------------|---------------|
| | | | ETM2001 | OLI2015 | | |
| 1. BONE BOLANGO | BONE | BIOLANTUNGA | 2.337 | 2.382 | 0.045 | |
| | | CENDANA PUTIH | 0.827 | 0.847 | 0.020 | |
| | | INOGALUMA | 0.612 | 0.635 | 0.023 | |
| | | MOLAMAHU | 1.353 | 1.339 | -0.014 | |
| | | MONANO | 1.046 | 1.059 | 0.013 | |
| | | MOODULIO | 2.139 | 2.168 | 0.029 | |
| | | MOOTAWA | 1.554 | 1.598 | 0.043 | |
| | | PERMATA | 0.421 | 0.422 | 0.001 | |
| | | SOGITA | 0.599 | 0.588 | -0.011 | |
| | | TALUDAA | 1.775 | 1.744 | -0.030 | |
| | | TUMBUH MEKAR | 1.904 | 1.913 | 0.010 | |
| | | WALUHU | 1.731 | 1.735 | 0.004 | |
| | JUMLAH | | | 16.299 | 16.431 | 0.132 |
| | BONEPANTAI | BATUHIJAU | 1.004 | 1.003 | -0.001 | |
| | | BILUNGALA | 0.590 | 0.580 | -0.010 | |
| | | LEMBAH HIJAU | 0.961 | 0.949 | -0.012 | |
| | | TAMBO'O | 1.103 | 1.092 | -0.011 | |
| | | TIHU | 2.030 | 1.989 | -0.041 | |
| | | TIONGO | 0.554 | 0.879 | 0.325 | |
| | | TOLITIO | 1.933 | 1.943 | 0.010 | |
| | | TUNAS JAYA | 1.672 | 1.639 | -0.033 | |
| | UABANGA | 1.574 | 1.558 | -0.016 | | |
| | JUMLAH | | | 11.423 | 11.632 | 0.210 |
| | BONERAYA | ILOMATA | 0.558 | 0.565 | 0.007 | |
| | | LAUT BIRU | 0.541 | 0.530 | -0.011 | |
| | | MOOPIYA | 0.474 | 0.480 | 0.006 | |
| | | MOOTAYU | 1.044 | 1.039 | -0.005 | |
| | | MOOTINELO | 0.403 | 0.407 | 0.004 | |
| | | PELITA JAYA | 2.109 | 2.089 | -0.020 | |
| | TOMBUILATO | 0.811 | 0.819 | 0.008 | | |
| | JUMLAH | | | 5.940 | 5.928 | -0.012 |
| | BULAWA | BUKITHIJAU | 2.148 | 2.121 | -0.027 | |
| | | K Aidundu | 1.786 | 1.777 | -0.009 | |
| | | K Aidundu Barat | 1.092 | 1.090 | -0.002 | |
| | | MAMUNGAA | 1.762 | 1.784 | 0.022 | |
| | | MAMUNGAA TIMUR | 1.443 | 1.411 | -0.032 | |
| | | MOPUYA | 0.471 | 0.452 | -0.019 | |
| | | PATOA | 1.186 | 1.161 | -0.025 | |
| | | PINOMONTIGA | 1.065 | 1.054 | -0.011 | |
| | JUMLAH | | | 10.951 | 10.849 | -0.102 |
| | KABILABONE | BILUANGO | 1.224 | 1.157 | -0.067 | |
| | | BNTALAHE | 2.203 | 2.174 | -0.029 | |
| | | BOTUBARANI | 3.091 | 2.781 | -0.311 | |
| BOTUTONUO | | 1.663 | 1.650 | -0.013 | | |
| HUANGOBOTU | | 1.472 | 1.495 | 0.023 | | |
| MODELOMO | | 0.762 | 0.703 | -0.059 | | |
| MOLOTABU | | 0.958 | 0.942 | -0.016 | | |
| OLELE | | 3.674 | 3.636 | -0.038 | | |

| KAB/KOTA | KECAMATAN | DESA | GARIS PANTAI (km) | | PERUBAHAN (km) | |
|------------------------|------------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|---------------|
| | | | ETM2001 | OLI2015 | | |
| | | OLUHUTA | 1.576 | 1.530 | -0.046 | |
| | JUMLAH | | 16.623 | 16.068 | -0.555 | |
| JUMLAH | | | 61.237 | 60.909 | -0.327 | |
| 2. KABUPATEN BOALEMO | BOTUMOITO | BOLIYOHUTO | 7.566 | 7.410 | -0.156 | |
| | | BOTUMOITO | 7.271 | 7.252 | -0.019 | |
| | | DULANGEYA | 5.105 | 5.133 | 0.028 | |
| | | HUTAMONU | 2.402 | 2.345 | -0.057 | |
| | | PATOMEME | 2.689 | 2.679 | -0.010 | |
| | | POTANGA | 1.768 | 1.777 | 0.009 | |
| | | TAPADAA | 3.072 | 3.067 | -0.005 | |
| | | TUTULO | 0.713 | 0.706 | -0.007 | |
| | | JUMLAH | | 30.587 | 30.370 | -0.216 |
| | DULUPI | DULUPI | 15.038 | 14.879 | -0.158 | |
| | | TABONGO | 10.612 | 10.461 | -0.151 | |
| | | JUMLAH | | 25.649 | 25.341 | -0.309 |
| | MANANGGU | KRAMAT | 3.880 | 3.805 | -0.075 | |
| | | MANANGGU | 0.649 | 0.646 | -0.002 | |
| | | TABULO SELATAN | 2.473 | 2.459 | -0.014 | |
| | | JUMLAH | | 7.002 | 6.911 | -0.091 |
| | PAGUYAMAN PANTAI | APITALAWU | 5.408 | 5.363 | -0.045 | |
| | | BANGGA | 4.227 | 4.197 | -0.030 | |
| | | BUBAA | 3.207 | 2.748 | -0.459 | |
| | | GIRISA | 6.215 | 6.195 | -0.020 | |
| | | LIMBATIHU | 18.372 | 16.315 | -2.057 | |
| | | LITO | 10.154 | 9.776 | -0.378 | |
| | | JUMLAH | | 54.672 | 51.735 | -2.937 |
| TILAMUTA | BAJO | 1.717 | 1.802 | 0.085 | | |
| | LAMU | 6.004 | 6.045 | 0.040 | | |
| | MODELOMO | 1.217 | 1.224 | 0.008 | | |
| | PENTADU BARAT | 9.016 | 8.458 | -0.558 | | |
| | PENTADU TIMUR | 4.370 | 4.473 | 0.103 | | |
| | TENILO | 7.764 | 7.576 | -0.188 | | |
| | JUMLAH | | 30.088 | 29.578 | -0.510 | |
| JUMLAH | | | 147.997 | 143.935 | -4.062 | |
| 3. KABUPATEN GORONTALO | BILATO | BILATO | 1.033 | 1.066 | 0.032 | |
| | | ILOMATA | 0.633 | 0.705 | 0.072 | |
| | | PELEHU | 1.195 | 1.214 | 0.019 | |
| | | TAULAA | 6.203 | 6.161 | -0.043 | |
| | | JUMLAH | | 9.064 | 9.145 | 0.081 |
| | BILUHU | BILUHU BARAT | 3.230 | 3.206 | -0.025 | |
| | | BILUHU TENGAH | 3.904 | 3.880 | -0.024 | |
| | | BOTUBOLUO | 2.382 | 2.265 | -0.118 | |
| | | HUWONGO | 2.649 | 2.575 | -0.074 | |
| | | LOBUTO | 3.715 | 3.666 | -0.049 | |
| | | LOBUTO TIMUR | 2.723 | 2.735 | 0.011 | |
| | | LULUO | 1.745 | 1.643 | -0.102 | |
| | | OLIMEYALA | 3.348 | 3.177 | -0.171 | |
| | | JUMLAH | | 23.697 | 23.146 | -0.551 |
| | BATUDAA PANTAI | BILUHU TIMUR | 7.721 | 7.646 | -0.076 | |
| | | BONGO | 2.200 | 2.257 | 0.057 | |
| | | KAYUBULAN | 4.379 | 4.335 | -0.044 | |
| LAMU | | 1.755 | 1.748 | -0.007 | | |

| KAB/KOTA | KECAMATAN | DESA | GARIS PANTAI (km) | | PERUBAHAN (km) |
|--------------------------|---------------------|----------------------|-------------------|---------------|----------------|
| | | | ETM2001 | OLI2015 | |
| | | LONGGULA | 1.774 | 1.750 | -0.024 |
| | | LOPO | 2.774 | 2.803 | 0.029 |
| | | OLIMOO | 3.667 | 3.643 | -0.024 |
| | JUMLAH | | 24.269 | 24.181 | -0.088 |
| JUMLAH | | | 57.030 | 56.473 | -0.558 |
| 4. KABUPATEN POHUWATO | DUHIADAA | BULILI | 2.629 | 2.345 | -0.284 |
| | | BUNTULIA | 1.225 | 1.185 | -0.040 |
| | | MOOTILANGO | 4.155 | 4.023 | -0.131 |
| | | POHUWATO | 0.373 | 0.479 | 0.106 |
| | JUMLAH | | 8.382 | 8.033 | -0.349 |
| | LEMITO | BALOBALONGE | 4.355 | 4.338 | -0.017 |
| | | LEMITO | 2.252 | 2.342 | 0.090 |
| | | LOMULI | 2.630 | 2.597 | -0.033 |
| | | SUKA DAMAI | 2.632 | 2.720 | 0.087 |
| | | WONGGARASI BARAT | 9.062 | 8.907 | -0.154 |
| | | WONGGARASI TENGAH | 18.064 | 17.837 | -0.227 |
| | JUMLAH | | 38.995 | 38.741 | -0.253 |
| | MARISA | PALOPO | 2.085 | 2.104 | 0.019 |
| | | POHUWATO TIMUR | 3.640 | 3.620 | -0.019 |
| | JUMLAH | | 5.725 | 5.724 | -0.001 |
| | PAGUAT | BUHU JAYA | 2.088 | 2.074 | -0.014 |
| | | BUMBULAN | 5.226 | 5.830 | 0.603 |
| | | BUNUYO | 1.908 | 1.895 | -0.013 |
| | | LIBUO | 4.593 | 4.630 | 0.036 |
| | | MALEO | 3.788 | 3.774 | -0.014 |
| | | PENTADU | 2.122 | 2.014 | -0.108 |
| | JUMLAH | | 19.726 | 20.216 | 0.491 |
| | PATILANGGIO | MANAWA | 7.610 | 6.606 | -1.004 |
| | JUMLAH | | 7.610 | 6.606 | -1.004 |
| | POPAYATO | BUMI BAHARI | 0.983 | 0.982 | -0.001 |
| | | POPAYATO | 1.290 | 1.204 | -0.085 |
| | | TELAGA | 0.303 | 0.305 | 0.002 |
| | | TORSIAJE | 3.594 | 3.301 | -0.293 |
| | | TORSIAJE JAYA | 5.059 | 5.183 | 0.124 |
| | | TRIKORA | 2.013 | 1.981 | -0.032 |
| | JUMLAH | | 13.242 | 12.957 | -0.285 |
| | POPAYATO BARAT | DUDEWULO | 11.417 | 11.609 | 0.193 |
| | | MOLOSIPAT | 4.805 | 4.380 | -0.425 |
| PADENGO | | 3.575 | 4.020 | 0.444 | |
| PERSATUAN | | 2.286 | 2.417 | 0.131 | |
| JUMLAH | | 22.083 | 22.426 | 0.343 | |
| POPAYATO TIMUR | BUNTO | 3.324 | 2.830 | -0.495 | |
| | LONDOUN | 3.178 | 3.030 | -0.148 | |
| | MILANGGO DAA | 5.526 | 5.334 | -0.192 | |
| JUMLAH | | 12.028 | 11.194 | -0.834 | |
| RANDANGAN | IMBODU | 7.560 | 6.988 | -0.572 | |
| | SIDUWONGE | 4.043 | 3.912 | -0.130 | |
| JUMLAH | | 11.602 | 10.900 | -0.702 | |
| WANGGARASI | LIMBULA | 18.363 | 17.342 | -1.020 | |
| | WONGGARASI TIMUR | 4.274 | 4.026 | -0.248 | |
| | YIPILO | 6.934 | 6.843 | -0.091 | |

| KAB/KOTA | KECAMATAN | DESA | GARIS PANTAI (km) | | PERUBAHAN (km) |
|----------------------|---------------|---------------|-------------------|----------------|-------------------|
| | | | ETM2001 | OLI2015 | |
| | JUMLAH | | 29.570 | 28.210 | -1.360 |
| JUMLAH | | | 168.962 | 165.007 | -3.955 |
| 5. KOTA GORONTALO | DUMBORAYA | LEATO SELATAN | 2.967 | 2.945 | -0.022 |
| | | LEATO UTARA | 1.697 | 1.632 | -0.065 |
| | JUMLAH | | 4.664 | 4.576 | -0.088 |
| | HULONTHALANGI | POHE | 1.355 | 1.356 | 0.002 |
| | | TANJUNGKRAMAT | 2.527 | 2.484 | -0.043 |
| | | TENDA | 0.510 | 0.511 | 0.001 |
| | JUMLAH | | 4.392 | 4.352 | -0.040 |
| JUMLAH | | | 9.157 | 9.030 | -0.128 |
| TOTAL | | | 444.384 | 435.354 | -9.030 |

LAMPIRAN 14. Luas kawasan akresi dan dan abrasi yang berlangsung selama 14 tahun (2001 s.d 2015) di tiap desa pesisir Selatan Provinsi Gorontalo.

| KAB_KOTA | KEC | DESA | LUAS (Ha) | | PROSES | |
|--------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| | | | AKRESI | ABRASI | DOMINAN | |
| 1. BONE BOLANGO | BONE | BIOLANTUNGA | 1.114 | 1.214 | Abrasi | |
| | | CENDANA PUTIH | 0.205 | 0.706 | Abrasi | |
| | | INO GALUMA | 0.086 | 0.341 | Abrasi | |
| | | MOLAMAHU | 0.606 | 0.149 | Akresi | |
| | | MONANO | 0.247 | 0.948 | Abrasi | |
| | | MOODULIO | 0.099 | 3.465 | Abrasi | |
| | | MOOTAWA | 0.074 | 2.033 | Abrasi | |
| | | PERMATA | 0.022 | 0.141 | Abrasi | |
| | | TALUDAA | 0.121 | 0.347 | Abrasi | |
| | | SOGITA | 0.000 | 0.767 | Abrasi | |
| | | TUMBUH MEKAR | 0.881 | 0.174 | Akresi | |
| | | WALUHU | 0.734 | 0.169 | Akresi | |
| | JUMLAH | | | 4.190 | 10.454 | Abrasi |
| | BONEPANTAI | BATUHIJAU | 1.267 | 0.158 | Akresi | |
| | | BILUNGALA | 0.458 | 0.000 | Akresi | |
| | | LEMBAH HIJAU | 0.410 | 0.116 | Akresi | |
| | | TAMBO'O | 0.355 | 0.217 | Akresi | |
| | | TIHU | 0.618 | 0.351 | Akresi | |
| | | TIONGO | 1.801 | 0.400 | Akresi | |
| | | TOLITIO | 0.415 | 0.130 | Akresi | |
| | | TUNAS JAYA | 0.634 | 0.313 | Akresi | |
| | UABANGA | 0.153 | 0.542 | Abrasi | | |
| | JUMLAH | | | 6.111 | 2.226 | Akresi |
| | BONERAYA | ILOMATA | 0.004 | 0.324 | Abrasi | |
| | | LAUT BIRU | 0.000 | 0.513 | Abrasi | |
| | | MOOPIYA | 0.048 | 0.214 | Abrasi | |
| | | MOOTAYU | 0.335 | 0.154 | Akresi | |
| | | MOOTINELO | 0.043 | 0.029 | Akresi | |
| | | PELITA JAYA | 0.171 | 2.748 | Abrasi | |
| | TOMBUILATO | 0.273 | 0.532 | Abrasi | | |
| | JUMLAH | | | 0.875 | 4.513 | Abrasi |
| | BULAWA | BUKITHIJAU | 0.812 | 0.202 | Akresi | |
| | | K Aidundu | 0.639 | 0.315 | Akresi | |
| | | K Aidundu Barat | 0.381 | 0.343 | Akresi | |
| | | MAMUNGAA | 0.001 | 3.185 | Abrasi | |
| | | MOPUYA | 0.169 | 0.074 | Akresi | |
| | | MAMUNGAA TIMUR | 0.000 | 2.430 | Abrasi | |
| | | PATOA | 0.033 | 0.869 | Abrasi | |
| | PINOMONTIGA | 0.133 | 0.219 | Abrasi | | |
| | JUMLAH | | | 2.169 | 7.636 | Abrasi |
| | KABILABONE | BILUANGO | 0.559 | 0.076 | Akresi | |
| | | BNTALAHE | 1.143 | 0.068 | Akresi | |
| | | BOTUBARANI | 2.429 | 0.687 | Akresi | |
| | | BOTUTONUO | 0.925 | 0.175 | Akresi | |
| | | HUANGOBOTU | 3.358 | 0.077 | Akresi | |
| | | MODELOMO | 0.648 | 0.059 | Akresi | |
| | | MOLOTABU | 0.712 | 0.012 | Akresi | |
| OLELE | | 1.490 | 0.267 | Akresi | | |
| OLUHUTA | 0.269 | 0.404 | Abrasi | | | |
| JUMLAH | | | 11.534 | 1.825 | Akresi | |

| KAB_KOTA | KEC | DESA | LUAS (Ha) | | PROSES | |
|------------------------|------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | AKRESI | ABRASI | DOMINAN | |
| JUMLAH | | | 24.879 | 26.654 | Abrasi | |
| 2. KABUPATEN BOALEMO | BOTUMOITO | BOLIYOHUTO | 2.993 | 1.873 | Akresi | |
| | | BOTUMOITO | 0.432 | 3.633 | Abrasi | |
| | | DULANGEYA | 0.830 | 1.932 | Abrasi | |
| | | HUTAMONU | 0.167 | 0.987 | Abrasi | |
| | | PATOMEME | 0.164 | 1.195 | Abrasi | |
| | | POTANGA | 0.138 | 0.743 | Abrasi | |
| | | TAPADAA | 0.245 | 1.672 | Abrasi | |
| | | TUTULO | 0.003 | 0.614 | Abrasi | |
| | JUMLAH | | | 4.971 | 12.648 | Abrasi |
| | DULUPI | DULUPI | 4.253 | 5.529 | Abrasi | |
| | | TABONGO | 2.558 | 4.673 | Abrasi | |
| | JUMLAH | | | 6.811 | 10.201 | Abrasi |
| | MANANGGU | KRAMAT | 1.497 | 0.368 | Akresi | |
| | | MANANGGU | 0.240 | 0.043 | Akresi | |
| | | TABULO SELATAN | 0.813 | 0.181 | Akresi | |
| | JUMLAH | | | 2.550 | 0.591 | Akresi |
| | PAGUYAMAN PANTAI | APITALAWU | 0.662 | 2.738 | Abrasi | |
| | | BANGGA | 1.508 | 1.187 | Akresi | |
| | | BUBAA | 0.911 | 0.558 | Akresi | |
| | | GIRISA | 0.795 | 4.189 | Abrasi | |
| | | LIMBATIHU | 3.979 | 5.356 | Abrasi | |
| | | LITO | 3.559 | 2.931 | Akresi | |
| | OLIBU | 0.943 | 6.956 | Abrasi | | |
| | JUMLAH | | | 12.356 | 23.915 | Abrasi |
| | TILAMUTA | BAJO | 0.262 | 0.979 | Abrasi | |
| | | LAMU | 0.551 | 3.388 | Abrasi | |
| | | MODELOMO | 0.069 | 0.458 | Abrasi | |
| PENTADU BARAT | | 3.340 | 3.196 | Akresi | | |
| PENTADU TIMUR | | 2.518 | 2.779 | Abrasi | | |
| TENILO | | 2.155 | 2.663 | Abrasi | | |
| JUMLAH | | | 8.895 | 13.462 | Abrasi | |
| JUMLAH | | | 35.584 | 60.818 | Abrasi | |
| 3. KABUPATEN GORONTALO | BILATO | BILATO | 0.177 | 0.771 | Abrasi | |
| | | ILOMATA | 0.080 | 0.671 | Abrasi | |
| | | PELEHU | 0.029 | 0.588 | Abrasi | |
| | | TAULAA | 1.735 | 0.843 | Akresi | |
| | JUMLAH | | | 2.020 | 2.874 | Abrasi |
| | BILUHU | BILUHU BARAT | 1.338 | 0.790 | Akresi | |
| | | BILUHU TENGAH | 0.603 | 0.450 | Akresi | |
| | | BOTUBOLUO | 1.198 | 0.277 | Akresi | |
| | | HUWONGO | 1.262 | 1.064 | Akresi | |
| | | LOBUTO | 0.267 | 1.073 | Abrasi | |
| | | LOBUTO TIMUR | 0.572 | 0.756 | Abrasi | |
| | | LULUO | 1.126 | 0.349 | Akresi | |
| | | OLIMEYALA | 0.561 | 1.785 | Abrasi | |
| | JUMLAH | | | 6.927 | 6.545 | Akresi |
| | BATUDAA PANTAI | BILUHU TIMUR | 1.696 | 1.695 | Akresi | |
| | | BONGO | 0.261 | 0.625 | Abrasi | |
| | | KAYUBULAN | 0.868 | 1.630 | Abrasi | |
| | | LAMU | 0.502 | 0.249 | Akresi | |
| | | LONGGULA | 0.326 | 0.406 | Abrasi | |
| LOPO | 0.304 | 1.138 | Abrasi | | | |

| KAB_KOTA | KEC | DESA | LUAS (Ha) | | PROSES |
|--------------------------|------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| | | | AKRESI | ABRASI | DOMINAN |
| | | OLIMOO | 0.813 | 1.027 | Abrasi |
| | JUMLAH | | 4.771 | 6.770 | Abrasi |
| JUMLAH | | | 13.718 | 16.188 | Abrasi |
| 4. KABUPATEN POHUWATO | DUHIADAA | BULILI | 16.819 | 8.262 | Akresi |
| | | BUNTULIA | 6.484 | 7.612 | Abrasi |
| | | MOOTILANGO | 0.889 | 30.758 | Abrasi |
| | | POHUWATO | 4.246 | 0.000 | Akresi |
| | JUMLAH | | 28.439 | 46.632 | Abrasi |
| | LEMITO | BALOBALONGE | 1.463 | 1.839 | Abrasi |
| | | LEMITO | 20.703 | 0.000 | Akresi |
| | | LOMULI | 1.920 | 0.240 | Akresi |
| | | SUKA DAMAI | 5.346 | 1.334 | Akresi |
| | | WONGGARASI BARAT | 6.640 | 2.206 | Akresi |
| | | WONGGARASI TENGAH | 6.520 | 10.507 | Abrasi |
| | JUMLAH | | 42.592 | 16.125 | Akresi |
| | MARISA | PALOPO | 0.728 | 0.810 | Abrasi |
| | | POHUWATO TIMUR | 1.704 | 5.479 | Abrasi |
| | JUMLAH | | 2.432 | 6.289 | Abrasi |
| | PAGUAT | BUHU JAYA | 0.156 | 2.131 | Abrasi |
| | | BUMBULAN | 5.373 | 2.887 | Akresi |
| | | BUNUYO | 0.234 | 0.875 | Abrasi |
| | | LIBUO | 5.005 | 2.221 | Akresi |
| | | MALEO | 2.131 | 2.594 | Abrasi |
| | | PENTADU | 1.304 | 2.019 | Abrasi |
| | JUMLAH | | 14.204 | 12.727 | Akresi |
| | PATILANGGIO | MANAWA | 205.876 | 0.876 | Akresi |
| | JUMLAH | | 205.876 | 0.876 | Akresi |
| | POPAYATO | BUMI BAHARI | 0.017 | 0.037 | Abrasi |
| | | POPAYATO | 0.369 | 0.971 | Abrasi |
| | | TELAGA | 0.024 | 0.017 | Akresi |
| | | TOROSIAJE | 1.562 | 6.354 | Abrasi |
| | | TOROSIAJE JAYA | 0.244 | 5.019 | Abrasi |
| | | TRIKORA | 0.507 | 2.953 | Abrasi |
| | JUMLAH | | 2.723 | 15.351 | Abrasi |
| | POPAYATO BARAT | DUDEWULO | 1.058 | 2.435 | Abrasi |
| | | MOLOSIPAT | 0.667 | 8.200 | Abrasi |
| PADENGO | | 0.179 | 3.127 | Abrasi | |
| PERSATUAN | | 0.329 | 1.725 | Abrasi | |
| JUMLAH | | 2.232 | 15.487 | Abrasi | |
| POPAYATO TIMUR | BUNTO | 2.797 | 2.922 | Abrasi | |
| | LONDOUN | 1.876 | 0.700 | Akresi | |
| | MILANGGO DAA | 5.056 | 1.498 | Akresi | |
| JUMLAH | | 9.728 | 5.121 | Akresi | |
| RANDANGAN | IMBODU | 15.962 | 11.897 | Akresi | |
| | SIDUWONGE | 3.113 | 2.375 | Akresi | |
| JUMLAH | | 19.075 | 14.273 | Akresi | |
| WANGGARASI | LIMBULA | 14.869 | 9.552 | Akresi | |
| | WONGGARASI TIMUR | 3.258 | 1.747 | Akresi | |
| | YIPILO | 9.309 | 2.315 | Akresi | |
| JUMLAH | | 27.436 | 13.613 | Akresi | |
| JUMLAH | | 354.738 | 146.493 | Akresi | |
| 5. KOTA GORONTALO | DUMBORAYA | LEATO SELATAN | 0.919 | 0.560 | Akresi |
| | | LEATO UTARA | 1.216 | 0.194 | Akresi |

| KAB_KOTA | KEC | DESA | LUAS (Ha) | | PROSES |
|----------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|
| | | | AKRESI | ABRASI | DOMINAN |
| | JUMLAH | | 2.134 | 0.754 | Akresi |
| | HULONTHALANGI | POHE | 0.317 | 0.160 | Akresi |
| | | TANJUNGKRAMAT | 0.421 | 0.322 | Akresi |
| | | TENDA | 0.067 | 0.021 | Akresi |
| | JUMLAH | | 0.805 | 0.503 | Akresi |
| | JUMLAH | | 2.940 | 1.257 | Akresi |
| | TOTAL | | 429.725 | 250.656 | Akresi |

LAMPIRAN 15 Personalia dan Kualifikasi Peneliti

| No | Nama / NIDN | Instansi Asal | Bidang Ilmu | Uraian Tugas |
|----|---|---------------|---|--|
| 1 | Faizal Kasim, S.IK, M.Si / 0016077305 | FPIK- UNG | Ilmu Kelautan | <ol style="list-style-type: none"> 1. Membuat Proposal 2. Membuat <i>Sheet</i> Observasi 3. Survey ke Lapangan 4. Menyusun instrument penelitian 5. Pengolahan dan analisis data citra, 6. Membuat peta tematik 7. Merumuskan Hasil Kegiatan 8. Membuat Laporan 9. Merancang & Menulis Publikasi Ilmiah |
| 2 | Dr. Azis Salam, ST, M.Agr | FPIK- UNG | Antropology Kepesisiran, Statsitika | <ol style="list-style-type: none"> 1. Membuat Laporan 2. Survey ke Lapangan 3. Menyusun instrument penelitian 4. Pengolahan dan analisis data, 5. Merumuskan Hasil Kegiatan 6. Membuat Laporan 7. Menulis Publikasi Ilmiah |

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENELITI UTAMA

A. Identitas Diri

| | | |
|----|-------------------------------|---|
| 1 | Nama Lengkap | Faizal Kasim, S.IK, M.Si |
| 2 | Jabatan Fungsional | Lektor Kepala |
| 3 | Jabatan Struktural | Ketua Jurusan MSP FPIK UNG |
| 4 | NIP | 19730716 200012 1 001 |
| 5 | NIDN | 0016077305 |
| 6 | Tempat dan Tanggal Lahir | Gorontalo/ 16-07-1973 |
| 7 | Alamat Rumah | Jl. Jaksa Agung Suprpto No. 7 Kota Gorontalo |
| 8 | No Telephon / Fax | 081386116119 / - |
| 9 | Kantor | Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Ilmu-Ilmu Pertanian Universitas Negeri Gorontalo |
| 10 | Alamat Kantor | Jl. Jenderal Sudirman No. 6 Kota Gorontalo |
| 11 | No Telephon / Fax | 0435-821125 / 0435-821752 |
| 12 | Alamat e-mail | faizalkasim@ung.ac.com |
| 13 | Lulusan yang Telah Dihasilkan | S-1= 4 orang S-2= 0 orang S-3=0 orang |
| 14 | Mata Kuliah yang Diampu | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ekologi Perairan 2. Pengantar Oseanografi 3. Biologi Laut 4. Metodologi Penelitian 5. Biologi Dasar 6. Dasar-dasar Manajemen 7. Pengolahan data Hasil Perikanan 8. Kebijakan & Strategi Pembangunan. Perikanan 9. Pengantar Ilmu Perikanan. & Kelautan 10. Statistika 11. Sumberdaya Hayati Perairan 12. Rehabilitasi Sumberdaya Perairan |

B. Pendidikan

| | S1 | S2 | S3 |
|--------------------------------|--|---|----|
| Nama Perguruan Tinggi | Universitas Sam Ratulangi Manado | Institut Pertanian Bogor | |
| Bidang Ilmu | Ilmu Kelautan | Ilmu Kelautan | |
| Tahun Masuk-Lulus | 1993-1999 | 2006-2011 | |
| Judul Skripsi/Thesis/Disertasi | Keanekaragaman Spesies, Kepadatan dan Morfometrik Rotifer di Daerah Tambak, Pantai dan estuari di Desa Kema Kecamatan Kauditan | Penilaian Kerentanan Pantai Menggunakan Metode Integrasi CVI-MCA dan SIG, Studi Kasus; Garis Pantai Pesisir Utara Indramayu | - |
| Nama Pembimbing/Promotor | 1. Dr. Ir. Carolus Paruntu, M.Sc 2. Ir. Surya Darwisito, M.Sc | 1. Dr. Ir. Vincentius P. Siregar, DEA 2. Prof. Dr. Ir. H. Setyo Budi Susilo, M.Sc | |

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir:

| No | Tahun | Judul Penelitian | Pendanaan | |
|----|-------|---|---|---------------|
| | | | Sumber | Jml (Rp) |
| 1 | 2014 | Profil Keberdayaan Nelayan Tibo –Tibo (Pedagang Hasil Laut) di Tempat Pelelangan ikan (TPI) Tenda Kota Gorontalo | PNBP Faklutas Pertanian | 5.454.000,- |
| 2 | 2014 | Masterplan Pengembangan Kawasan Tambak Kabupaten Boalemo | Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Boalemo | 110.000.000,- |
| 3 | 2015 | Masterplan Pengembangan Potensi Kelautan dan Perikanan Boalemo | Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Boalemo | |
| 4 | 2015 | Peta Kesesuaian Lokasi Karamba Jaring Apung untuk Pengembangan Perikanan Budidaya Ramah Lingkungan dengan Aplikasi SIG di Danau Limboto | Penelitian Unggulan Fakultas (PUF) Dana PNBP T.A 2015 | 34.500.000 |

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 tahun Terakhir

| No | Tahun | Judul Pengabdian Kepada Masyarakat | Pendanaan | |
|----|-------|---|------------|----------|
| | | | Sumber | Jml (Rp) |
| 1 | 2011 | Makalah Penyuluhan Kemah Bhakti UNG Desa Olele, judul: Pelestarian Terumbu Karang untuk Pembangunan Kelautan Daerah Berkelanjutan | LEMLIT UNG | |

| | | | | |
|---|------|--|--|------------|
| 2 | 2013 | Bina Akrab dan Bersih Pantai UNG dengan Masyarakat Pemda Boalemo | UNG | 20.000.000 |
| 3 | 2014 | Tomini Camp | FPIK UNG | |
| 4 | 2015 | Fasiitator Kawasan Tangguh Sumalata Anggrek | Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Gorontalo Utara | |

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 tahun Terakhir

| No | Judul Artikel Ilmiah | Volume/ Nomor/ Tahun | Nama Jurnal |
|----|---|---|---------------------------------------|
| 1 | Analisis Distribusi Suhu Permukaan Laut Menggunakan Data Citra Satelit Aqua-MODIS dan Perangkat Lunak SeaDas di Perairan Teluk Tomini | Volume 3. Nomor 1, April 2010 Hal:270-276, ISSN 1979-2891 | Jurnal Ilmiah Agro-politan (JIA) |
| 2 | Laju Perubahan Garis Pantai Menggunakan Modifikasi Teknik Single Transect (ST) dan Metode End Point Rate (EPR), Studi Kasus Pantai Sebelah Utara Indramayu-Jawa Barat | Volume 4. Nomor 2, September 2011, Hal:588-600, ISSN 1979-2891 | Jurnal Ilmiah Agro-politan (JIA) |
| 3 | Koreksi Pasang Surut dalam Pemetaan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Data Inderaja dan SIG (Studi Kasus Pantai Utara Jawa Barat). | Volume: 6 Nomor: 2 September 2011, Hal: 180-188, ISSN 1907-1256 | Jurnal Ilmiah Agrosains Tropis (JIAT) |
| 4 | Pendekatan Beberapa Metode dalam Monitoring Perubahan Garis Pantai Menggunakan Dataset Penginderaan Jauh Landsat dan SIG | Volume 5. Nomor 1, April 2012, Hal: 620-635, ISSN 1979-2891 | Jurnal Ilmiah Agro-politan (JIA) |
| 5 | Penilaian Kerentanan Pantai Menggunakan Metode Integrasi CVI-MCA Studi Kasus Pantai Indramayu | Volume 26 Nomor 1, Juli 2012. Hal: 65-74, ISSN 0852 - 0682 | Forum Geografi |
| 6 | Metode Kajian Oseanografi Berbasis Satelit | Desember 2014 | In press |

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral Pada Pertemuan / Seminar Ilmiah

| No | Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar | Judul Artikel Ilmiah | Waktu Dan Tempat |
|----|---------------------------------|----------------------|------------------|
| | | | |

G. Pengalaman Penulisan Buku dalam 5 Tahun

| No | Judul Buku | Tahun | Jumlah Halaman | Penerbit |
|----|------------|-------|----------------|----------|
| | | | | |

H. Pengalaman Perolehan HKI Dalam 5 Tahun – 10 Tahun

| No | Judul /Tema HKI | Tahun | Jenis | Nomor P/ID |
|----|-----------------|-------|-------|------------|
| | | | | |

I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik / Rekayasa Sosial Lainnya Dalam 5 Tahun Terakhir

| No | Judul /Tema / Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan | Tahun | Tempat Penerapan | Respon Masyarakat |
|----|---|-------|------------------|-------------------|
| | | | | |

J. Penghargaan yang Pernah Diraih dalam 10 tahun Terakhir (dari Pemerintah, Asosiasi atau Institusi Lainnya)

| No | Jenis Penghargaan | Institusi Pemberi Penghargaan | Tahun |
|----|--|-------------------------------|-------|
| 1 | Tanda Jasa Satya Lencana Satya Karya Pengabdian 10 Tahun | Kepresidenan RI | 2013 |

Gorontalo, November 2015

Faizal Kasim, S.IK, M.Si
NIP: 19730716 200012 1 001

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENELITI PENDAMPING

IDENTITAS DIRI

Nama : AZIZ SALAM
NIP/NIDN : 197201022006041026 / 0002017210
Tempat dan Tanggal Lahir : PANGKEP, 02 JANUARI 1972
Jenis Kelamin : Laki-laki
Status Perkawinan : Kawin
Agama : ISLAM
Golongan / Pangkat : III/D
Jabatan Akademik : LEKTOR
TMT sebagai Dosen : 01 APRIL 2006
Status Dosen : TETAP
Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO
Alamat : JL. JEND. SUDIRMAN NO.6 KOTA GORONTALO
96128
Telp./Faks. : (0435) 821125 / 821752
Alamat Rumah : JL. AR. HAKIM 23 ASRAMA NUSANTARA
No HP : 085299819372
Alamat e-mail : aziznan2@yahoo.com
Alamat Facebook : Aziz Salam
Alamat blog/homepage/web: ---

RIWAYAT PENDIDIKAN PERGURUAN TINGGI

| Tahun Lulus | Program Pendidikan (diploma, sarjana, magister, spesialis, dan doktor) | Perguruan Tinggi | Jurusan/ Bidang Studi |
|-------------|--|------------------|---------------------------------|
| 1998 | S1 | UNHAS | Teknik Perkapalan |
| 2004 | S2 | EHIME UNIV. | Bio- Resource |
| 2007 | S3 | EHIME UNIV. | Maritime Culture and Technology |

PELATIHAN PROFESIONAL

| Tahun | Jenis Pelatihan (Dalam/Luar Negeri) | Penyelenggara | Jangka Waktu |
|-------|---|---------------|--------------|
| 2012 | Metodologi Penelitian dan Klinik Artikel Ilmiah | Lemlit UNG | 2 hari |
| 2013 | Ebsco Online-Journal | UNG | 2 hari |
| 2013 | Penggunaan OS Linux | FT-UNG | 1 hari |

PENGALAMAN PENELITIAN

| Tahun | Judul Penelitian | Ketua/Anggota Tim | Sumber Dana |
|---------|--|-------------------|--|
| 2002-05 | Establishing a Center for Maritime World Research with Research Vessel in Wallacea. | Anggota | Grant-in-Aid for Scientific Research – MEXT(Ministry of Education and Culture and Sport) Japan |
| 2004-07 | Natural Resource Management and Socio-Economic Transformation under the Decentralization in Indonesia: Toward Sulawesi Area Studies. | Anggota | Grant-in-Aid for Scientific Research – MEXT Japan |
| 2008-10 | The Black Current Route Towards Japanese Archipelago by the Early Humankind Dispersion – Wooden Fishing Boats in Fishing Villages along the Black Current Route. | Anggota | Mushashino Art University – Tokyo, Japan |
| 2012 | Penyusunan Rencana Pengelolaan Sarana dan Prasarana Pulau Dudepo dan Pulau Ponelo, Kabupaten Gorontalo Utara | Anggota | APBD Provinsi Gorontalo |
| 2012 | Fasilitas dan Penyusunan Manajemen Plan KKLD Desa Olele, Kab. Bonebolango | Anggota | APBD Provinsi Gorontalo |
| 2013 | Analisis Keramahan Lingkungan dalam Penangkapan Nike di Muara Sungai Bonebolango, Kota Gorontalo | Ketua | Mandiri |
| 2014 | Sustainable Agriculture with high value-added commodities as new alternatives for peasants in North Gorontalo. | Anggota | APBD Kab. Gorut |
| 2014 | Identifikasi dan assessment terumbu karang di Pantai Molotabu, Provinsi Gorontalo | Ketua | Mandiri |
| 2014 | Strategi Pengembang Perikanan Tangkap Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan di Provinsi Gorontalo | Anggota | MP3EI |
| 2015 | Socio-economic and -cultural Perspectives on Re-utilizing and Protecting Limboto Lake in Gorontalo Province, Indonesia | Anggota | Mandiri |

KARYA ILMIAH

| Tahun | Judul | Penerbit/Jurnal |
|-------|---|--------------------|
| 2005 | Timbers for boatbuilding in Bonerate Island, Changes and Current Situation. (Tunggal) | Jurnal Ecocelebica |

| | | |
|-------|--|---|
| 2005. | Pembuatan Kapal Kayu di Pulau Bonerate. (Kedua) | Jurnal Ecocelebica |
| 2005 | Construction of Phinisi Cinta Laut, A Research Ship. (Utama) | Jurnal Ecocelebica |
| 2005 | Insular Forest Management in the Era of Desentralization: A case of Selayar Regency, South Sulawesi. (Kedua) | Jurnal Ecocelebica |
| 2006 | Introducing Boats of the Pabbiring Islands: Transformation, Typology and technological adaptation. (Tunggal) | Proceeding Martec 2006. 5 th Biennial Conference on Maritime Technology. |
| 2006 | Traditional Wooden Shipbuilding in Bonerate Island. (Kedua) | Proceeding Martec 2006 5th Biennial Conference on Maritime Technology. |
| 2007 | Classification of fishing boat in the Spermonde Archipelago, South Sulawesi. (Tunggal) | Jurnal Ilmiah Agrosains Tropis, Fakultas Ilmu-ilmu Pertanian – UNG. |
| 2008 | Technological Adaptation in the Transformation of Traditional Boats in the Spermonde Archipelago, South Sulawesi. (Utama) | Journal of Southeast Asian Studies, Kyoto University |
| 2013 | Kerusakan Karang di Perairan Pantai Molotabu Provinsi Gorontalo. | Nike, Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan, UNG |
| 2013 | Pendugaan Keloimpok Umur dan Optimasi Pemanfaatan Sumberdaya Ikan Cakalang (<i>Katsuwonus pelamis</i>) di Kabupaten Boalemo, Provinsi Gorontalo. | Nike, Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan, UNG |
| 2014 | Coral Identification in Molotabu Beach, Gorontalo Province | Nike, Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan, UNG |

B. Makalah/Poster

| Tahun | Judul | Penyelenggara |
|-------|---|--|
| 2006 | The Ironwood trade from Kalimantan to Sulawesi: A report from several sites on ironwood production, distribution and consumption. (Utama) | Kyoto Symposium 2006. Crossing Disciplinary Boundaries and Re-visioning Area Studies: Perspectives from Asia and Africa. |

C. Penyunting/Editor/Reviewer/Resensi

| Tahun | Judul | Penerbit/Jurnal |
|-------|---|-----------------------------------|
| 2013 | Nike: Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan Vol. 1 No.1 Juni 2013 | Jurusan Teknologi Perikanan – UNG |
| 2013 | Nike: Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan Vol. 1 No.2 September 2013 | Jurusan Teknologi Perikanan – UNG |
| 2013 | Nike: Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan Vol. 1 No.3 Desember 2013 | Jurusan Teknologi Perikanan – UNG |

| | | |
|------|---|--|
| 2014 | Nike: Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan Vol. 2 No.1 Maret 2014 | Jurusan Teknologi Perikanan – UNG |
| 2014 | Nike: Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan Vol. 2 No.2 Juni 2014 | Jurusan Teknologi Perikanan – UNG |
| 2014 | Nike: Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan Vol. 2 No.3 September 2014 | Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan – UNG |
| 2014 | Nike: Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan Vol. 2 No.4 Desember 2014 | Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan – UNG |

KONFERENSI/SEMINAR/LOKAKARYA/SIMPOSIUM

| Tahun | Judul Kegiatan | Penyelenggara | Panitia/Peserta/Pembicara |
|-------|---|--|---------------------------|
| 2006 | The 16th Annual Meeting of The Japan Society of Tropical Ecology (JASTE 16) "Prospecting Regional Ecosystems through Agroforestry Development: Cases in Indonesia, Vietnam, Thailand, Ghana, and Brazil." | The Japan Society of Tropical Ecology (JASTE) | Pembicara |
| 2006 | Martec 2006. 5th Biennial Conference on Maritime Technology. | UNHAS | Pembicara |
| 2006 | Kyoto Symposium 2006. Crossing Disciplinary Boundaries and Re-visioning Area Studies: Perspectives from Asia and Africa. | CSEAS / ASAFAS Kyoto University | Pembicara |
| 2012 | Seminar on Agribusiness of Maize-Livestock Integration – International Maize Conference | Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian – Pemerintah Daerah Provinsi Gorontalo | Panitia |
| 2012 | Komoditas Jagung Gorontalo dan Komunitas Ekonomi ASEAN | ASEAN, Kemenlu RI, UNG | Peserta |
| 2012 | Seminar dan Temu IPTEK Lembaga Akademik Wilayah Sulawesi | Math and Science Club – F. MIPA UNG | Pembicara |
| 2013 | Seminar Nasional Perikanan | HMP Teknologi Perikanan | Pembicara |
| 2013 | Seminar Nasional Bahasa Indonesia | Jurusan Pendidikan Bahasa | Peserta |
| 2014 | 1st International Conference of | UNHAS, Ehime Univ, UNG, ITB | Pembicara |

| | | | |
|------|--|--------------------------------|-----------|
| | Transdisciplinary Research on Environmental Problems in Southeastern Asia. TREPSEA2014 | | |
| 2014 | 3rd International Seminar on Fisheries and Marine Sciences | Universitas Riau | Pembicara |
| 2014 | Kuliah Pakar Universitas Muhammadiyah Luwuk Banggai Sulawesi Tengah | UNiversitas Muhammadiyah Luwuk | Pembicara |

KEGIATAN PROFESI/ONAL/PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

| Tahun | Jenis/ Nama Kegiatan | Tempat |
|-------|---|---|
| 2011 | One Day Fishing | Kepulauan Togian, Kec. Una-Una, Sulawesi Tengah |
| 2011 | Pemberdayaan Masyarakat Pesisir | Desa Huangobotu, Kec. Inengo. Kab. Bonebolango |
| 2012 | Bina Akrab Civitas Akademik Jurusan Tek. Perikanan dengan Masyarakat Desa Bongo | Desa Bongo, Batudaa Pantai, Kab. Gorontalo |
| 2013 | Pengabdian Pada Masyarakat Di Desa Langgula | Desa Langgula, Kab. Gorontalo |
| 2014 | Sosialisai Penggunaan Teknologi dalam Penangkapan Ikan | Desa Bongo, Kab. Gorontalo |
| 2015 | Pencanangan Desa Binaan Fak. Perikanan dan Ilmu Kelautan UNG di Pulau Dudepo | Desa Dudepo, Kec. Anggrek, Kab. Gorut |

JABATAN DALAM PENGELOLAAN INSTITUSI

| Peran/ Jabatan | Institusi (Univ., Fak., Jur., Lab., Studio, dll) | Jangka waktu |
|----------------|--|----------------------------------|
| Kepala | Laboratorium Teknologi Perikanan – UNG | 2007-2008 |
| Kepala | Pusat Studi Jepang – UNG | 2008 – 2009 |
| Direktur | Pusat Kemitraan dan Pengembangan Kerjasama – UNG | 2009 – 2010, 2013 – Januari 2015 |

PERAN DALAM KEGIATAN KEMAHASISWAAN

| Tahun | Jenis/Nama Kegiatan | Peran | Tempat |
|-------|---|----------|----------------------------|
| 2013 | Seminar Nasional Perikanan | Pemateri | Kampus UNG |
| 2014 | Peringatan Hari Nelayan Nasional | Pemateri | Desa Bongo, Kab. Gorontalo |
| 2014 | Seminar International TREPSEA | Pemateri | Makassar |
| 2014 | Seminar Nasional Perikanan dan Ilmu Kelautan ke-3 (ISFM 3) Universitas Riau | Pemateri | Pekanbaru, Riau |

PENGHARGAAN/PIAGAM

| Tahun | Bentuk Penghargaan | Pemberi |
|-------|--|----------------------------------|
| 2010 | Piagam Penghargaan atas keberhasilan Ekspedisi Pelayaran Perahu Tradisional dari Mandar (Sul-Bar) ke Okinawa Jepang, sebagai koordinator Tim Indonesia | The Great Journey – Tokyo Jepang |

ORGANISASI PROFESI/ILMIAH

| Tahun | Jenis>Nama Organisasi | Jabatan/Jenjang Keanggotaan |
|-----------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| 2006 – sekarang | PGRI | Anggota |
| 2014 - sekarang | Dewan Pakar IKA Fakultas Teknik UNHAS | Anggota |

Gorontalo, 25 Mei 2015

Dr. Aziz Salam, S.T, M.Agr

LAMPIRAN 16 Publikasi Jurnal ilmiah

Identifikasi Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Satelit Landsat-7 ETM+ Tahun 2001 dan Landsat-8 OLI Tahun 2015 Korelasinya dengan Penutup Lahan di Sepanjang Pantai Selatan Provinsi Gorontalo

Faizal Kasim*, Azis Salam*

*Pengajar Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan FPIK-UNG

ABSTRAK

Penelitian secara khusus bertujuan mengidentifikasi proses akresi dan abrasi sepanjang kawasan pesisir Selatan Provinsi Gorontalo melalui pemetaan dan analisis laju perubahan garis pantai rentang 14 tahun menggunakan teknik sistim informasi geografis pada hasil ekstraksi fitur garis pantai kawasan pesisir Selatan Gorontalo secara spasial temporal menggunakan teknik penginderaan jauh pada dataset citra Landsat tahun 2001 dan tahun 2015. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang garis pantai Selatan Gorontalo tanpa mengikutsertakan panjang garis pantai pulau-pulau yang terpisah dari daratan berturut-turut adalah sepanjang 444.28 km tahun 2001 dan 435.25 km tahun 2015 sehingga terdapat fenomena pengurangan garis pantai sepanjang 9.03 km dalam rentang 14 tahun. Intensitas proses akresi dan abrasi berjalan secara bersamaan sepanjang rentang 14 tahun di mana pertumbuhan delta muara sungai di Desa Manawa Kecamatan Patilanggio Kabupaten Pohuwato sangat signifikan menyumbang 58.04% secara keseluruhan luas akresi di pesisir selatan Gorontalo yang berlangsung selama 14 tahun. Baik proses akresi maupun abrasi intensitas lokasinya berkorelasi dengan jenis-jenis tutupan/penggunaan lahan. Korelasi positif mutlak ($r=1$) pada kedua proses terdapat pada jenis tutupan rawa. Proses akresi yang menjadi proses mendominasi kestabilan sepanjang kawasan pesisir Selatan Gorontalo berkorelasi positif berturut-turut dengan jenis tutupan hutan bakau ($r=0.94$) dan hutan rawa ($r=0.91$). Adapun proses abrasi berkorelasi positif signifikan dengan jenis tutupan lahan tambak ($r=0.90$). Informasi yang diperoleh dari penelitian ini mengindikasikan pentingnya monitoring dan penelitian lanjut yang focus dan detil baik dalam hal dinamika spasial-temporal secara lokal kaitannya dengan jenis dan pola perubahan tutupan lahan, maupun terkait kombinasi penggunaan *dataset* beresolusi lebih tinggi dalam kajian-kajian ke depan yang relevan dalam rangka pengelolaan kawasan pesisir selatan Gorontalo.

Kata Kunci: Perubahan garis pantai, Citra Landsat, SIG, Delta Manawa, Pesisir Selatan Gorontalo

1. Pendahuluan

Garis pantai merupakan salah satu komponen penting dalam penentuan batas wilayah kekuasaan suatu Negara dan otonomi daerah. Kewenangan daerah

propinsi di wilayah laut adalah sejauh 12 mil dari garis pantai ke arah laut lepas dan atau ke arah perairan kepulauan sesuai dengan Pasal 1 UU No. 22 tahun 1999 (Sutisna, 2005). Oleh karena itu informasi garis pantai diperlukan mengingat bahwa garis pantai bersifat dinamis. Karena sifat kedinamisan garis pantai tersebut maka diperlukan pemantauan garis pantai dengan cara membuat peta perubahan garis pantai secara berkala.

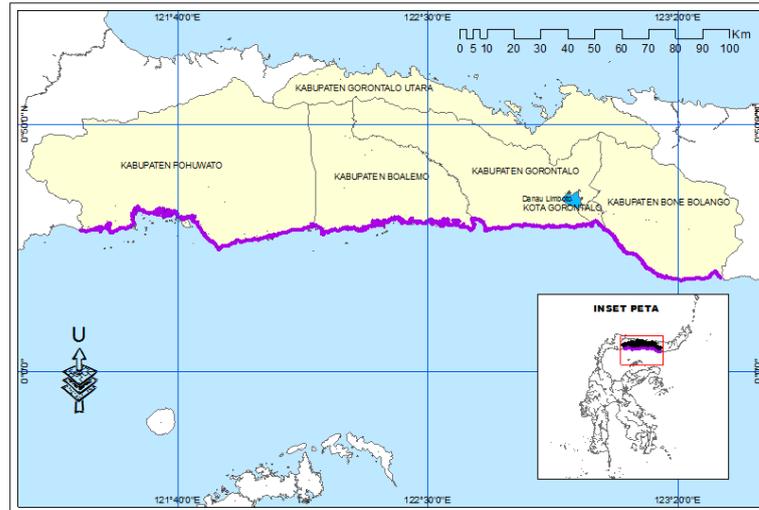
Penggunaan teknik penginderaan jauh pada dataset citra Landsat dan teknik Sistem Informasi Geografis (SIG) berperan sangat penting sebagai sebuah metode yang murah dan mudah dalam penyediaan data liputan kawasan pesisir dan dinamika didalamnya. Teknik kombinasi ini ideal dalam memetakan distribusi perubahan darat dan air yang diperlukan dalam pengekstraksian perubahan garis pantai (Kasim, 2012). Saat ini kegiatan monitoring kawasan pesisir Provinsi Gorontalo untuk kestabilan dinamika garis pantai dan perubahan tutupan lahan belum tersedia, di lain pihak ketersediaan data ini sangat penting dalam arahan pengelolaan kawasan pesisir Provinsi Gorontalo yang berkelanjutan. Dalam konteks pengelolaan manfaat kawasan pesisir Selatan Provinsi Gorontalo, identifikasi lokasi kawasan kritis melalui monitoring perubahan kestabilan garis pantai dan tutupan lahan dapat menjadi informasi yang sangat penting dalam perencanaan program-program di kawasan ini sehingga lebih fokus dan terarah.

2. Metodologi

Lokasi penelitian adalah wilayah pesisir bagian Selatan Provinsi Gorontalo seperti disajikan pada Gambar 1. Wilayah ini merupakan bagian Utara perairan Teluk Tomini. Secara administrasi wilayah penelitian mencakup lima daerah, yaitu: Kabupaten Bone Bolango, Kota Gorontalo, Kabupaten Gorontalo, Kabupaten Boalemo, dan Kabupaten Pohuwato.

2.1 Batasan Obyek Penelitian

Obyek penelitian ini adalah kawasan pesisir Selatan Gorontalo. Pengamatan obyek penelitian yaitu garis pantai dan tutupan lahan dibatasi pada wilayah pesisir yang merupakan bagian dari daratan induk, garis pantai dan tutupan lahan wilayah pulau tidak menjadi bahan analisis penelitian ini.



Gambar 1. Lokasi penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Komputer/Laptop, Perangkat lunak pengolah data citra dan analisis SIG, Printer, Alat tulis, Kamera digital, GPS, Perahu dan mobil.

Data citra Landsat ETM tahun 2001 dan Landsat OLI tahun 2015 atau akuisisi yang tahun berdekatan dengan kriteria utama masing-masing dataset yang dipilih adalah bebas awan pada wilayah obyek penelitian; Peta dasar berupa Peta Rupa Bumi (RBI) dan peta-peta tematik terkait.

2.3 Metode Pengumpulan Data

Jenis data yang dikumpulkan terdiri atas jenis data primer, yaitu: kondisi lapangan yang diperoleh melalui survei lapang (crosscheck) dan pendokumentasian digital berupa titik ikat lapangan (*ground check point/GCP*) serta kondisi eksisting lokasi abrasi/akresi serta jenis tutupan/penggunaan lahan (*landuse/landcover*, LCLC). Serta data sekunder berupa; deliniasi batas darat-air juga tutupan lahan untuk kedua *dataset* Landsat terkait fenomena perubahan berdasarkan informasi lapang, serta data-data peta-peta lainnya berupa peta dasar (RBI) dari dinas terkait.

2.4 Analisis Data

A. Laju Perubahan Panjang Garis Pantai dan Luas Kawasan Perubahan Garis Pantai

Analisis perubahan panjang garis pantai (Polyline) dan areal lokasi mana saja (Poligon) yang mengalami erosi (abrasi) atau pun sedimentasi (akresi) dan laju perubahannya (m^2/thn) pada suatu kawasan pantai menggunakan teknik tumpang-susun (overlay).

B. Analisis Korelasi Proses Tutupan Lahan (LULC) dengan Kejadian Abrasi dan Akresi Sepanjang Pesisir Selatan Gorontalo

Untuk melihat hubungan kejadian proses dinamika akresi dan abrasi rentang 14 tahun di sepanjang pesisir Selatan Gorontalo dianalisis dengan metode Analisis Korelasi Berganda menggunakan *Toolpack Correlation* pada aplikasi MS Excel. Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui keerataan hubungan dan bentuk hubungan antara masing-masing variabel jenis tutupan/penggunaan lahan dengan proses abrasi dan akresi. Koefisien korelasi biasa diberi lambang r . Koefisien korelasi dinyatakan dengan bilangan, berada pada interval $-1 < 0 < 1$ yang disajikan dalam bentuk matriks korelasi antar tiap variabel dengan terjadinya akresi dan abrasi sepanjang pesisir Selatan Gorontalo. Apabila korelasi mendekati +1 atau -1 berarti terdapat hubungan yang kuat Sebaliknya korelasi yang mendekati nilai 0 bernilai lemah. Apabila korelasi sama dengan 0, antara kedua variabel tidak terdapat hubungan sama sekali. Sedangkan apabila nilai korelasi sama dengan 1 berarti kedua variabel memiliki hubungan yang sempurna.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data yang Berhasil Dikumpulkan

Data-data yang digunakan dalam penelitian berupa data sekunder yang dikumpulkan dari instansi terkait dan data primer yang diperoleh melalui survei lapangan. Data-data sekunder yang berhasil dikumpulkan dalam penelitian ini berupa peta-peta dasar, seperti; peta administrasi, serta data primer berupa kondisi fisik lokasi.

Data satelit Landsat sebagai data sekunder utama dalam penelitian ini diperoleh dari situs *U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey (USGS)* atau Departemen Dalam Negeri Bidang Survei Geologi Amerika Serikat pada alamat download di <http://earthexplorer.usgs.gov>. Persyaratan *dataset* Landsat

yang digunakan untuk analisis dan didownload adalah data citra kandungan awan $\leq 10\%$ dan belum mengalami cacat pada *Scan Line Corrector (SLC)* untuk dataset Landsat ETM+ (SLC-on).

Lokasi kegiatan survey lapangan untuk kegiatan *ground check point (GCP)* adalah sebanyak 346 titik lokasi dari 21 jumlah desa di sepanjang wilayah Pantai Selatan Gorontalo. Dari survei lapang memberi petunjuk jika jenis pantai Pantai Selatan Gorontalo secara umum merupakan jenis pantai landai dengan substrat yang terdiri atas lumpur, pasir, kerikil, dan batu. Jenis pantai landai dengan substrat lumpur dan pasir rentan mengalami pengikisan / abrasi oleh aksi dari laut seperti gelombang dan pasang surut. Tidak adanya benteng alami berupa vegetasi seperti mangrove bisa lebih meningkatkan daya rusak pantai sehingga perlu ditanggulangi dengan struktur buatan seperti tanggul pantai.

Di bagian lain, hasil penelusuran bagi kebutuhan penelitian cakupan Pantai Selatan Gorontalo menghasilkan jumlah *scene dataset* Landsat yang dibutuhkan adalah sebanyak 3 buah, yaitu; nomor *path* dan *row scene* (path/row) 112/60 mencakup wilayah administrasi Kabupaten Bone Bolango dan Propinsi Sulawesi Utara. Nomor *path/row* 113/60 mencakup wilayah sebagian Kabupaten Bone Bolango, seluruh wilayah Kota Gorontalo. Kabupaten Gorontalo, dan Kabupaten Boalemo. Sedangkan nomor *path/row* 114/60 mencakup wilayah Kabupaten Puhwato dan Kabupaten Parimo Propinsi Sulawesi Tengah.

3.2 Pengolahan Deteksi Garis Pantai dan Monitoring Perubahan Pesisir Menggunakan Sensor Data Citra Landsat

Pengamatan bumi dengan resolusi spasial menengah (ukuran piksel 10 hingga 100 meter) seperti ALOS dan Landsat telah cukup banyak dilakukan dan kemungkinan akan tetap terus berkembang seiring penyempurnaan dan pengembangan yang dilakukan pada kedua jenis sensor (Irons et al., 2012; Drusch et al., 2012). Dalam hal ini, data satelit menyediakan pengukuran yang konsisten pada berbagai skala yang sesuai untuk penilaian perubahan di dalam ekosistem pesisir (Klemas, 2011) dan penggunaannya ditopang oleh teknik-teknik pemrosesan dan analisis yang telah establish atau pun baru (Wulder et al., 2008). Sensor-sensor

optik sangat sesuai untuk pendeteksian perubahan pesisir di mana penggabungan teknik-tekniknya dengan perangkat membantu SIG akan dapat membantu memonitor perubahan bentuk bentang alam (landscape) suatu kawasan. Proses yang dilakukan dalam pengolahan data sensor satelit Landsat hingga menghasilkan fiturset garis pantai yang menjadi input analisis perubahan garis pantai terdiri atas; 1) Proses perbaikan data citra Landsat, 2) Proses deliniasi badan air dan badan darat (klasifikasi biner) untuk mendapatkan fitur garis pantai, dan 3) Proses analisis di lingkungan SIG untuk memperoleh laju perubahan dan lokasi akresi/abrasi.

Jenis band (panjang kanal) *dataset* Landsat yang dilakukan pre-processing adalah 6 jenis *band multi-spectral* yang mencakup jenis band: *Blue, Green, Red, NIR, SWIR-1*, dan *SWIR-2* untuk tiga *scene* Landsat-7 ETM (2001) dan 7 jenis band: *Coastal/Aerosol, Blue, Green, Red, NIR, SWIR-1*, dan *SWIR-2* untuk tiga *scene* Landsat-8 OLI (2015). Untuk memudahkan dalam analisis, jenis *band multi-spectral* kedua *dataset* (Landsat-7 ETM dan Landsat-8 OLI) dibuat dalam bentuk *stacking layer* band (digabung) pada masing-masing *dataset*. Karena cakupan daerah penelitian (seluruh Pantai Selatan Gorontalo) membutuhkan 3 buah *scene* (path/row) maka dengan langkah seperti ini akan dihasilkan 6 buah file *stacking* untuk kebutuhan analisis seluruh cakupan daerah penelitian. Keenam *file stack* inilah yang selanjutnya diolah untuk analisis perubahan garis pantai dan perubahan lahan kawasan pantai selatan Gorontalo.

Jenis band yang digunakan dari *file stack* untuk pengolahan analisis perubahan garis pantai adalah band *Green*, band *NIR* dan band *SWIR-1*. Jenis band ini berturut-turut dikenal pula sebagai band-2, band-4, dan band-5 pada Landsat-7 ETM, serta sebagai band-3, band-5, dan band-6 pada Landsat-8 OLI. Pemilihan jenis band-band ini untuk analisis perubahan garis pantai karena kesesuaiannya yang sangat baik untuk memisahkan darat dan laut dalam teknik penginderaan jauh.

Metode *Single Band* melalui nilai *threshold* band *SWIR-1* sangat sesuai untuk penentuan batas darat-air pada daerah pantai berpasir, namun memiliki kelemahan diterapkan pada daerah pantai berlumpur dan bervegetasi. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut digunakan metode *Band-Ratio* sehingga diperoleh batas nilai piksel yang lebih informatif. Pada metode *Band-Ratio*, rasio band *NIR*

dengan band *Green* (b4/b2 pada Landsat-7; b5/b3 pada Landsat-8) akan menghasilkan batas darat-air pada daerah pantai yang tertutup oleh vegetasi. Daerah darat yang tidak bervegetasi ikut terkelaskan ke dalam piksel air (laut). Sebaliknya dengan rasio band *SWIR-1* dengan band *Green* (b5/b2 pada Landsat-7; b6/b3 pada Landsat-8) maka diperoleh garis pantai dari daerah yang tertutup oleh pasir dan tanah (Winarso et al. 2001; Alesheikh et al, 2007).

Teknik *masking* untuk memisahkan fitur darat dan fitur laut pada jenis metode *single band* untuk masing-masing jenis band *SWIR-1* menghasilkan piksel darat menjadi bernilai 0 sedangkan piksel air (laut) menjadi bernilai 1. Nilai *threshold* yang digunakan dalam teknik *masking* darat-laut pada jenis band *SWIR-1* citra Landsat-7 dan Landsat-8 dari keenam file *stacking* kedua *dataset* disajikan pada Tabel 1. Dari Tabel 1 terlihat bahwa tidak ada nilai *threshold* yang sama dari semua jenis band *SWIR-1* yang digunakan pada keenam *dataset*. Hal ini sekaligus menunjukkan bahwa teknik *single band* berdasarkan nilai *threshold* untuk memisahkan piksel yang menjadi batas darat dan laut relative sulit dikerjakan dalam mengekstrak informasi garis pantai. Kesulitan yang menyebabkan perbedaan nilai *threshold* yang mencolok sangat dipengaruhi oleh waktu akuisisi citra bersangkutan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan kondisi atmosfer oleh sebab keadaan cuaca dan sudut *azimuth* matahari terhadap permukaan bumi pada saat akuisisi (perekaman) citra bersangkutan yang berbeda dari satu waktu ke waktu lainnya. Di lain pihak, untuk mendapatkan *scene* data Landsat yang benar-benar bersih dari pengaruh awan di daerah tropis seperti Gorontalo sangatlah sulit.

Table 1. Nilai *threshold* band *SWIR-1* yang digunakan untuk masking darat-laut untuk analisis ekstraksi garis pantai pada metode *single band dataset* Landsat-7 ETM+ (L7 ETM+) dan Landsat-8 OLI (L8 OLI)

| Jenis Dataset | Akuisisi | Path/Row | Resolusi | Nilai <i>threshold</i> band <i>SWIR-1</i> |
|---------------|-----------------|----------|----------|---|
| L7 ETM+ | 13 Oktober 2001 | 112/060 | 30 meter | 0.025000 |
| L7 ETM+ | 16 Juli 2001 | 113/060 | 30 meter | 0.043448 |
| L7 ETM+ | 21 Juni 2001 | 114/060 | 30 meter | 0.070600 |
| L8 OLI | 21 Mei 2015 | 112/060 | 30 meter | 0.042000 |
| L8 OLI | 28 Mei 2015 | 113/060 | 30 meter | 0.036004 |
| L8 OLI | 6 Juli 2015 | 114/060 | 30 meter | 0.022800 |

Keterangan: Nilai *threshold* band *SWIR-1* adalah nilai reflektansi obyek batas darat-laut pada file *stacking* Landsat yang dikoreksi atmosfer menggunakan informasi pada file metadata (*.MTL) masing-masing *scene* Landsat.

Dengan menerapkan metode *band ratio* maka batas piksel darat-laut dapat langsung dipisahkan. Sebenarnya teknik *band ratio* telah memadai untuk mengekstrak garis pantai (Winarso *et al.* 2001), namun jika diamati lebih teliti terdapat kecenderungan batas air-darat yang masuk ke dalam piksel kelas air. Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut sekaligus untuk mendapatkan hasil ekstraksi yang lebih baik untuk batas darat-air disarankan untuk membuat citra baru yang dibuat dari perkalian kedua jenis citra (citra *single band threshold* band SWIR-1 dengan jenis citra *band ratio*) yang telah dihasilkan tersebut (Alesheikh *et al.*, 2007).

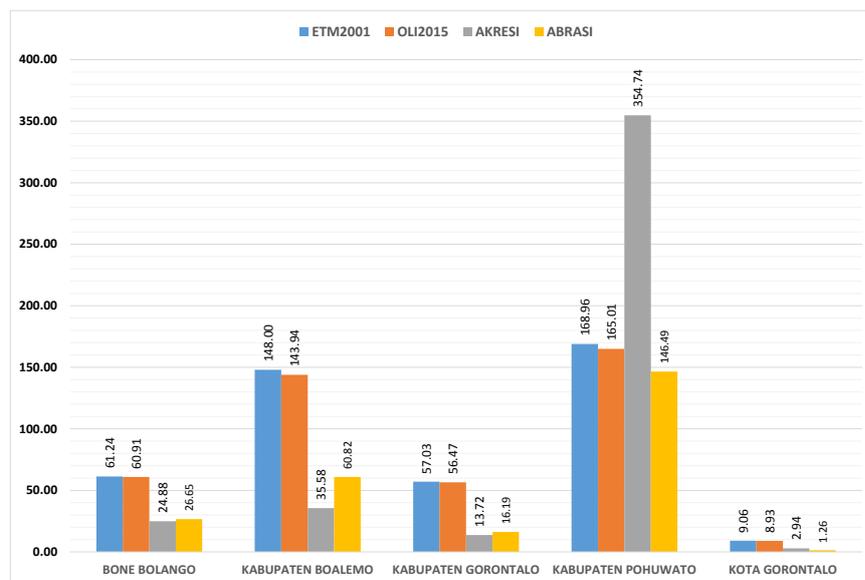
Untuk membantu pengekstraksian informasi batas darat-laut yang akan menjadi fitur garis pantai untuk analisis selanjutnya maka digunakan teknik komposit band atau kombinasi *false color* untuk menampilkan batas tiap obyek yang diamati. Analisis laju perubahan garis pantai dan identifikasi lokasi kawasan mengalami akresi dan abrasi menggunakan file *polyline* hasil konversi raster ke vector. File *vector polyline* ini berukuran *vertex* yang sama dengan resolusi spasial *dataset* asal (Landsat ETM dan Landsat OLI) yakni 30 meter. Sehingga untuk menghaluskan dan mengeditnya dilakukan perbaikan. Perbaikan dilakukan menggunakan *line smooth tools* pada ArcGIS serta file komposit *false color* RGB 453 Landsat ETM+ dan RGB 564 Landsat OLI pada masing-masing *fiturset*. Karena proses raster ke vector pada langkah sebelumnya dilakukan hanya pada raster kelas darat maka hasil perbaikan ini menghasilkan *polyline* yang mewakili fitur darat saja. Sampai pada tahapan proses ini maka telah dihasilkan (deliniasi) fitur garis pantai sesuai definisi yaitu merupakan garis batas badan air dan badan darat berdasarkan hasil ekstraksi data citra.

3.3 Dinamika Spasial-Temporal Pesisir Pantai Selatan Provinsi Gorontalo

A. Dinamika Panjang Garis Pantai dan Luas Akresi/Abrasi

Pada Gambar 2 disajikan ringkasan perbandingan perubahan panjang garis pantai dan luas kawasan akresi/abrasi di wilayah Kabupaten/Kota Provinsi Gorontalo. Pada Tabel 2 disajikan perubahan panjang garis pantai untuk tiap kecamatan pesisir wilayah Kabupaten/Kota Gorontalo. Pada Gambar 2 dan Tabel 2

terlihat bahwa di seluruh kawasan pesisir selatan kabupaten/kota Provinsi Gorontalo menunjukkan pengurangan panjang garis pantai dari 0.128 (Kota Gorontalo) hingga 4.062 km (Kabupaten Boalemo). Pengurangan terbesar panjang garis pantai di Kabupaten Boalemo ini adalah sebesar 44.98% dari total pengurangan panjang garis pantai di seluruh kawasan pesisir Selatan Gorontalo.



Gambar 2. Perbandingan perubahan panjang garis pantai (km) dan luas kawasan akresi dan abrasi (ha) di sepanjang pesisir kabupaten/kota pesisir Provinsi Gorontalo (*Keterangan*: hasil ekstraksi tahun 2001 dari *fiturset* Landsat ETM+ dan tahun 2015 dari *fiturset* Landsat OLI; luas akresi serta abrasi yang terbentuk dihasilkan dari olahan kedua *fiturset* dalam bentuk *polygon*)

Satu hal yang perlu ditekankan bahwa informasi hasil ekstraksi panjang garis pantai dalam penelitian ini tanpa mengikutkan-sertakan panjang garis pantai pulau-pulau dalam kawasan administrasi Provinsi Gorontalo yang bertebaran di sepanjang Pesisir Selatan Bagian Barat. Hal menarik lainnya terdapat pada wilayah pesisir Kabuapten Pohuwato yang menunjukkan bahwa walaupun pengurangan panjang garis pantainya cukup signifikan yakni sepanjang 3.955 km atau sebesar 43.80% dari total pengurangan garis pantai seluruh pantai selatan sehingga menciptakan luas kawasannya yang mengalami erosi sebesar yaitu sebesar 354.738 ha, namun secara keseluruhan proses dinamika yang terjadi adalah dominan akresi dibandingkan abrasi. Demikian pula di kawasan pesisir Kota Gorontalo dengan luas insidentil secara mikro (Tabel 3 dan Gambar 2).

Tabel 2. Panjang garis pantai dan perubahannya selama rentang waktu 14 tahun (2001 s.d 2015) pada tiap kecamatan kabupaten/kota pesisir Provinsi Gorontalo

| KAB_KOTA | KECAMATAN | PANJANG GARIS PANTAI (km) | | |
|---------------------|------------------|---------------------------|----------------|---------------|
| | | ETM2001 | OLI2015 | Perubahan |
| BONE BOLANGO | BONE | 16.299 | 16.431 | 0.132 |
| | BONEPANTAI | 11.423 | 11.632 | 0.210 |
| | BONERAYA | 5.940 | 5.928 | -0.012 |
| | BULAWA | 10.951 | 10.849 | -0.102 |
| | KABILABONE | 16.623 | 16.068 | -0.555 |
| JUMLAH | | 61.237 | 60.909 | -0.327 |
| KABUPATEN BOALEMO | BOTUMOITO | 30.587 | 30.370 | -0.216 |
| | DULUPI | 25.649 | 25.341 | -0.309 |
| | MANANGGU | 7.002 | 6.911 | -0.091 |
| | PAGUYAMAN PANTAI | 54.672 | 51.735 | -2.937 |
| | TILAMUTA | 30.088 | 29.578 | -0.510 |
| JUMLAH | | 147.997 | 143.935 | -4.062 |
| KABUPATEN GORONTALO | BILATO | 9.064 | 9.145 | 0.081 |
| | BILUHU | 23.697 | 23.146 | -0.551 |
| | BATUDAA PANTAI | 24.269 | 24.181 | -0.088 |
| JUMLAH | | 57.030 | 56.473 | -0.558 |
| KABUPATEN POHUWATO | DUHIADAA | 8.382 | 8.033 | -0.349 |
| | LEMITO | 38.995 | 38.741 | -0.253 |
| | MARISA | 5.725 | 5.724 | -0.001 |
| | PAGUAT | 19.726 | 20.216 | 0.491 |
| | PATILANGGIO | 7.610 | 6.606 | -1.004 |
| | POPAYATO | 13.242 | 12.957 | -0.285 |
| | POPAYATO BARAT | 22.083 | 22.426 | 0.343 |
| | POPAYATO TIMUR | 12.028 | 11.194 | -0.834 |
| | RANDANGAN | 11.602 | 10.900 | -0.702 |
| WANGGARASI | 29.570 | 28.210 | -1.360 | |
| JUMLAH | | 168.962 | 165.007 | -3.955 |
| KOTA GORONTALO | DUMBORAYA | 4.664 | 4.576 | -0.088 |
| | HULONTHALANGI | 4.392 | 4.352 | -0.040 |
| JUMLAH | | 9.056 | 8.928 | -0.128 |
| TOTAL | | 444.283 | 435.252 | -9.030 |

Pengamatan lebih lanjut diketahui bahwa penyebab fenomena ini adalah hal yang berbeda. Pada pesisir Kota Gorontalo, walaupun kejadian erosi berlangsung dengan rata-rata sebesar 0.168 ha di Kecamatan Hulonthalangi dan 0.377 ha di Kecamatan Dumbo Raya, namun penambahan luas kawasan terbangun berupa pelabuhan laut dan pelabuhan feri cukup menyumbang luasan kawasan akresi yang signifikan di kawasan ini. Hal berbeda yang terjadi di kawasan pesisir Kabupaten Pohuwato, di mana walaupun abrasi pun sebagai proses yang juga signifikan dengan rata-rata luas abrasi tiap desanya sebesar 3.96 ha, namun luas kawasan akresi secara keseluruhan dengan luas rata-rata akresi tiap desa sebesar 9.59 ha atau tiga kali luas abrasi lebih disumbangkan oleh pertumbuhan delta sungai di Desa Manawa Kecamatan Patilanggio seluas 205.88 ha selama rentang waktu tahun 2001 hingga 2015, di mana pertumbuhan daratan di wilayah delta ini memiliki luas

58.04% dari seluruh luas kawasan akresi di Kabupaten Pohuwato dan sebesar 47.67% total akresi sepanjang pantai Selatan Provinsi Gorontalo.

Tabel 3 Luas akresi dan abrasi (ha) tiap kecamatan di kawasan pesisir Selatan Provinsi Gorontalo selama rentang waktu tahun 2001 sampai 2015.

| KAB_KOTA | KECAMATAN | LUAS (Ha) | | PROSES DOMINAN |
|---------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | AKRESI | ABRASI | |
| BONE BOLANGO | BONE | 4.190 | 10.454 | Abrasi |
| | BONEPANTAI | 6.111 | 2.226 | Akresi |
| | BONERAYA | 0.875 | 4.513 | Abrasi |
| | BULAWA | 2.169 | 7.636 | Abrasi |
| | KABILABONE | 11.534 | 1.825 | Akresi |
| | JUMLAH | 24.879 | 26.654 | Abrasi |
| KABUPATEN BOALEMO | BOTUMOITO | 4.971 | 12.648 | Abrasi |
| | DULUPI | 6.811 | 10.201 | Abrasi |
| | MANANGGU | 2.550 | 0.591 | Akresi |
| | PAGUYAMAN PANTAI | 12.356 | 23.915 | Abrasi |
| | TILAMUTA | 8.895 | 13.462 | Abrasi |
| | JUMLAH | 35.584 | 60.818 | Abrasi |
| KABUPATEN GORONTALO | BILATO | 2.020 | 2.874 | Abrasi |
| | BILUHU | 6.927 | 6.545 | Akresi |
| | BATUDAA PANTAI | 4.771 | 6.770 | Abrasi |
| | JUMLAH | 13.718 | 16.188 | Abrasi |
| KABUPATEN POHUWATO | DUHIADAA | 28.439 | 46.632 | Abrasi |
| | LEMITO | 42.592 | 16.125 | Akresi |
| | MARISA | 2.432 | 6.289 | Abrasi |
| | PAGUAT | 14.204 | 12.727 | Akresi |
| | PATILANGGIO | 205.876 | 0.876 | Akresi |
| | POPAYATO | 2.723 | 15.351 | Abrasi |
| | POPAYATO BARAT | 2.232 | 15.487 | Abrasi |
| | RANDANGAN | 9.728 | 5.121 | Akresi |
| | WANGGARASI | 19.075 | 14.273 | Akresi |
| | POPAYATO BARAT | 27.436 | 13.613 | Akresi |
| | JUMLAH | 354.738 | 146.493 | Akresi |
| KOTA GORONTALO | DUMBORAYA | 2.134 | 0.754 | Akresi |
| | HULONTHALANGI | 0.805 | 0.503 | Akresi |
| | JUMLAH | 2.940 | 1.257 | Akresi |
| TOTAL | | 431.859 | 251.411 | Akresi |

Selain fenomena akresi di Kabupaten Pohuwato dan Kota Gorontalo, hal yang sama berlaku pula pada penelitian lanjut mengenai fenomena abrasi di tiga kabupaten pesisir selatan Gorontalo, yaitu: Kabupaten Boalemo, Kabupaten Bone Bolango, dan Kabupaten Gorontalo. Pengamatan lanjut di masing-masing tiga kawasan ini secara lebih spesifik baik terhadap pengaruh dan pola dinamika abrasi dan akresi hubungannya dengan pola perubahan tutupan dan penggunaan lahan akan menjadi topik yang menarik dan penting dalam menyediakan input bagi sistim pengelolaan pesisir di kawasan tersebut.

B. Korelasi Kejadian Proses Akresi dan Abrasi dengan Jenis tutupan Lahan di Sepanjang Pesisir Selatan Gorontalo

Hubungan lokasi kejadian proses akresi dan abrasi dengan kawasan tutupan/ penggunaan lahan dalam bentuk matrix korelasi berturut-turut disajikan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Pada Gambar 3 diketahui bahwa korelasi mutlak positif antara kejadian proses akresi dengan terdapat pada kawasan rawa, sedangkan dua korelasi positif terbesar berturut-turut terhadap proses akresi adalah kawasan hutan bakau ($r=0.94$) dan hutan rawa ($r=0.91$).

| | Rawa | Sungai | Beting Karang | Hutan Bakau | Hutan Rawa | Hutan Rimba | Bukit Pasir Darat | Perkebunan | Permukiman dan Tempat Kegiatan | Sawah | Semak Belukar Alang Alang | Tanah Kosong | Tegalan/Ladang | AKRESI |
|--------------------------------|------|--------|---------------|-------------|------------|-------------|-------------------|------------|--------------------------------|-------|---------------------------|--------------|----------------|--------|
| Rawa | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| Sungai | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Beting Karang | 1 | -0.09 | 1 | | | | | | | | | | | |
| Hutan Bakau | 1 | 0.42 | 0.06 | 1 | | | | | | | | | | |
| Hutan Rawa | -1 | 0.05 | 0.27 | 0.91 | 1 | | | | | | | | | |
| Hutan Rimba | -1 | 0.54 | -0.43 | -0.22 | -0.18 | 1 | | | | | | | | |
| Bukit Pasir Darat | -1 | 0.01 | -0.17 | -0.13 | 0.06 | 0.02 | 1 | | | | | | | |
| Perkebunan | 1 | -0.11 | 0.33 | 0.38 | 0.87 | -0.20 | -0.12 | 1 | | | | | | |
| Permukiman dan Tempat Kegiatan | 1 | -0.09 | 0.33 | -0.07 | 0.82 | -0.12 | 0.04 | -0.10 | 1 | | | | | |
| Sawah | -1 | -0.27 | -0.46 | 0.07 | 0.55 | 0.45 | -0.33 | 0.29 | -0.35 | 1 | | | | |
| Semak Belukar Alang Alang | 1 | -0.15 | -0.09 | -0.05 | 0.56 | -0.11 | 0.36 | 0.05 | 0.04 | 0.52 | 1 | | | |
| Tanah Kosong | -1 | -0.11 | 0.66 | -0.26 | -0.17 | -0.14 | -0.21 | -0.16 | -0.27 | -0.28 | 0.10 | 1 | | |
| Tegalan/Ladang | -1 | -0.13 | 0.36 | -0.16 | -0.40 | 0.08 | -0.18 | 0.04 | 0.23 | 0.42 | -0.09 | -0.14 | 1 | |
| AKRESI | 1 | 0.42 | 0.14 | 0.94 | 0.91 | -0.20 | -0.04 | 0.37 | 0.04 | -0.31 | 0.10 | 0.17 | 0.02 | 1 |

Gambar 3. Matriks korelasi lokasi akresi dengan jenis-jenis tutupan/penggunaan lahan pesisir selatan Gorontalo

| | Rawa | Tambak | Sungai | Beting Karang | Hutan Bakau | Bukit Pasir Darat | Perkebunan/Kebun | Permukiman dan Tempat Kegiatan | Sawah | Semak Belukar/Alang Alang | Tanah Kosong/Gundul | Tegalan/Ladang | ABRASI |
|--------------------------------|------|--------|--------|---------------|-------------|-------------------|------------------|--------------------------------|-------|---------------------------|---------------------|----------------|--------|
| Rawa | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Tambak | 1 | 1 | | | | | | | | | | | |
| Sungai | -1 | -0.75 | 1 | | | | | | | | | | |
| Beting Karang | -1 | 0.15 | 0.36 | 1 | | | | | | | | | |
| Hutan Bakau | 1 | 1.00 | 0.05 | 0.17 | 1 | | | | | | | | |
| Bukit Pasir Darat | -1 | -0.54 | -0.06 | -0.01 | -0.04 | 1 | | | | | | | |
| Perkebunan/Kebun | -1 | -0.59 | -0.20 | -0.16 | 0.04 | -0.09 | 1 | | | | | | |
| Permukiman dan Tempat Kegiatan | -1 | -0.25 | 0.09 | -0.05 | -0.25 | -0.18 | -0.03 | 1 | | | | | |
| Sawah | -1 | -0.90 | -0.32 | -0.13 | -0.42 | 0.02 | -0.37 | 0.94 | 1 | | | | |
| Semak Belukar/Alang Alang | 1 | -0.37 | 0.20 | -0.07 | -0.06 | 0.12 | 0.13 | 0.07 | 0.81 | 1 | | | |
| Tanah Kosong/Gundul | 1 | 0.99 | -0.29 | -0.01 | 0.76 | -0.10 | -0.37 | -0.27 | -0.09 | 0.00 | 1 | | |
| Tegalan/Ladang | -1 | 0.03 | 0.06 | 0.24 | 0.26 | -0.24 | -0.15 | 0.20 | 0.11 | -0.13 | -0.04 | 1 | |
| ABRASI | 1 | 0.90 | 0.31 | 0.55 | 0.47 | 0.56 | 0.02 | -0.15 | -0.33 | 0.41 | 0.61 | 0.14 | 1 |

Gambar 4. Matriks korelasi lokasi abrasi dengan jenis-jenis tutupan/penggunaan lahan pesisir selatan Gorontalo

Serupa, walaupun dengan sedikit perbedaan, pada Gambar 4 diketahui bahwa jenis tutupan rawa memiliki korelasi mutlak positif dengan kejadian proses abrasi seperti halnya lokasi kawasan akresi. Namun berbeda dengan lokasi proses akresi bahwa lokasi kawasan proses abrasi memiliki korelasi positif yang besar

hanya pada jenis tutupan lahan tambak ($r=0.90$). Lokasi kawasan proses abrasi yang relative memiliki korelasi positif ($r>0.50$) berturut-turut adalah jenis tutupan; tanah kosong/gundul ($r=0.61$), pasir bukit darat (beting) yakni ($r=0.56$), dan beting karang ($r=0.55$).

Hasil analisis korelasi lokasi kawasan proses akresi dan abrasi dengan jenis tutupan/penggunaan lahan di atas mengindikasikan hal-hal sebagai berikut;

- Daerah rawa di kawasan pesisir sebagai suatu kawasan bertopografi paling rendah (lowland) merupakan kawasan yang rentan mengalami dinamika baik oleh proses akresi yang disebabkan oleh endapan substrat lunaknya yang bisa saja ber-translokasi dan menumpuk membentuk padatan daratan lunak ke arah laut, maupun oleh proses abrasi di mana endapan lunak tadi oleh sebab aksi dari laut (gelombang dan arus) bisa saja mengalami pengikisan dan ber-translokasi ke tempat lain namun menyebabkan abrasi di daerah asal endapannya. Dengan demikian, kawasan di mana jenis tutupan rawa berada seyogyanya lebih mendapat perhatian dalam pengelolaan wilayah pesisir.
- Di lain pihak, korelasi kawasan proses abrasi yang sangat besar dengan jenis penggunaan lahan tambak sangat penting menjadi petunjuk akan pentingnya memperhatikan kebijakan perubahan bentang alam (landscape) suatu kawasan. Kawasan tambak yang notabene merupakan hasil transformasi dari kawasan mangrove seyogyanya dibatasi atau jika mendesak maka jalan satu-satunya pembukaan lahan tambak harus memperhatikan kebijakan sistim yang ramah lingkungan seperti penerapan *ring belt* sejauh 2 km dari batas pasang tertinggi.
- Hubungan kejadian abrasi dengan jenis tutupan beting karang ($r=0.55$) dan beting pasir darat ($r=0.56$) mengindikasikan pentingnya monitoring dan penelitian secara lokal dan detil dari kedua jenis tutupan ini; beting karang yang banyak tersebar di kawasan bagian barat pantai selatan; dan beting pasir darat yang banyak tersebar di bagian timur pantai selatan Gorontalo. Arti penting kedua bentang alam ini sebagai kawasan perairan dangkal wilayah pesisir sangat berperan dalam penyediaan kekayaan sumberdaya hayati wilayah pesisir, sehingga patut mendapat perhatian yang intensif dalam pengelolaan kawasan pesisir Selatan Gorontalo.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari kegiatan tahap awal adalah sebagai berikut:

- Hasil deliniasi *fiturset* garis pantai tahun 2001 dan 2015 menunjukkan bahwa panjang garis pantai Selatan Gorontalo tanpa mengikutsertakan panjang garis pantai pulau-pulau yang terpisah dari daratan berturut-turut adalah sepanjang 444.28 km tahun 2001 dan 435.25 km tahun 2015 sehingga terdapat fenomena pengurangan garis pantai sepanjang 9.03 km dalam rentang 14 tahun.
- Sepanjang pesisir selatan Gorontalo berlangsung proses abrasi dan akresi secara bersamaan pada kestabilannya dalam rentang 14 tahun (2001 s.d 2015), di mana walaupun fenomena pengurangan panjang garis pantai penyebab proses abrasi merupakan proses yang intens mengikuti proses akresi di tiap wilayah administrasi desa dan atau kecamatan di sepanjang pesisir Selatan Gorontalo, namun besaran nilai cakupannya yang mikro ditutupi oleh proses pertambahan daratan (akresi) oleh pertumbuhan delta sungai di Desa Manawa Kecamatan Patilanggio Kabupaten Pohuwato yang sangat signifikan di mana menyumbang 58.04% luas akresi secara keseluruhan di pesisir selatan Gorontalo selama 14 tahun.
- Baik akresi maupun abrasi pantai mengindikasikan korelasi dengan jenis tutupan lahan di kawasan pesisir Selatan Gorontalo yang sekaligus menunjukkan pentingnya perhatian terhadap jenis tutupan bersangkutan dalam pengelolaan kawasan pesisir selatan Gorontalo, berupa; rawa, hutan bakau, hutan rawa, dan kawasan tambak.

4.2 Saran

Sehubungan dengan hasil penelitian ini, beberapa hal terkait yang dapat disarankan adalah;

- Pentingnya jenis tutupan bentang alam yang berkorelasi dengan proses baik akresi maupun abrasi di sepanjang kawasan pesisir memerlukan perhatian khusus dan sekaligus menunjukkan arti penting kegiatan monitoring kawasan-kawasan tersebut dalam sistem pengelolaan kawasan pesisir selatan Gorontalo.
- Penggunaan *dataset* beresolusi menengah seperti Landsat yang digunakan dalam penelitian ini walaupun cukup memadai mengidentifikasi proses dinamika yang sifatnya makro (> 3 ha) namun untuk penelitian lanjut secara lokal dan terarah sangat penting untuk mengkombinasikannya dengan pemanfaatan dataset citra lain beresolusi tinggi seperti Ikonos dan Quickbird dalam detail kajian monitoring kawasan pesisir di lokasi-lokasi berlangsungnya proses akresi dan abrasi daerah-daerah sepanjang pesisir selatan Gorontalo.

Daftar Pustaka

- Alesheikh, dkk, 2007, Coastline change detection using remote sensing, *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 4 (1): 61-66, 2007, ISSN: 1735-1472, © Winter 2007, IRSEN, CEERS, IAU
- Chan P. and Acharya P., 2010. Shoreline change and sea level rise along coast of Bhitarkanika wildlife sanctuary, Orissa: An analytical approach of remote sensing and statistical techniques. *Int J Geom & Geos*, 1 (3) :436-455
- Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S. P., Sitepu, M. J., 1996. *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir Dan Lautan Secara Terpadu*. Jakarta: Pradnya paramita
- Fletcher CH, Romine BM, Genz AS, Barbee MM, Dyer M, Anderson TR, Lim SC, Vitousek S, Bochicchio C, Richmond BM. 2010. National Assessment of Shoreline Change: Historical Shoreline Changes in the Hawaiian Islands. US Dep Inter-USGS, Virginia
- Guariglia A, Arcangela B, Angela L, Rocco S, Maria LT, Angelo Z, Antonio C. 2006. A Multisource Approach for Coastline Mapping and Identification of Shoreline Changes. *Annals of Geophys* 49 (1):295–3 04
- Hanifa NR, Djunarsjah E, Wikantika K. 2007. Reconstruction of Maritime Boundary between Indonesia and Singapore Using Landsat-ETM Satellite Image. *TS9 Marine Cadastre and Coastal Zone Management*. 3rd FIG Regional Conference, October 3-7, 2004. Jakarta, Indonesia
- Kasim F., 2011. Koreksi Pasang Surut Dalam Pemetaan Perubahan Garis Pantai Menggunakan Data Inderaja dan SIG. *Jurnal Ilmiah Agrosains Tropis (JIAT)* Volume: 6 Nomor: 2 September 2011, ISSN 1907-1256
- Kasim F., 2012. Pendekatan Beberapa Metode dalam Monitoring Perubahan Garis Pantai Menggunakan Dataset Penginderaan Jauh Landsat dan SIG. *Jurnal Ilmiah Agro-politan (JIA)*, Volume 5. Nomor 1, April 2012, Hal: 620-635, ISSN 1979-2891
- Lipakis M, Chrysoulakis N, Kamarianakis Y. 2008. Shoreline Extraction Using Satellite Imagery. <http://www.beachmed.it/>
- Novrizal Z.W., 2004. Pemanfaatan Citra Landsat ETM/7 dan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Mengamati Proses Perubahan Pantai di Muara Sungai Randangan, Kecamatan Marisa, Provinsi Gorontalo. *SKRIPSI Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor*
- Parman S. 2010. Deteksi Perubahan Garis Pantai Melalui Citra Penginderaan Jauh Di Pantai Utara Semarang Demak. *Jurnal Geografi*. Volume 7 No. 1 Januari 2010. Hal: 30-38
- Sitanggang G., 2010. Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan: Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM (Landsat-8). *Berita Dirgantara* Vol. 11 No. 2 Juni 2010:47-58

- Sutikno S. dan Ferry Fatnanta. 2014. Upaya Mitigasi Perubahan Garis Pantai Pulau-pulau terluar NKRI di Wilayah Provinsi Riau dengan Pemodelan Matematis Berbasis Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh. Laporan Tahunan Penelitian Tim Pascasarjana - Tahun Ke-1 dari rencana 3 tahun. Universitas Riau.
- Winarso GJ and Budhiman S. 2001. The potential application remote sensing data for coastal study. [Paper] presented at the 22nd Asian conference on remote sensing, 5 - 9 November 2001, Singapore. Centre for remote imaging, sensing and processing (CRISP), National University of Singapore; Singapore Institute of Surveyors and Valuers (SISV); Asian Association on Remote Sensing (AARS)