

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

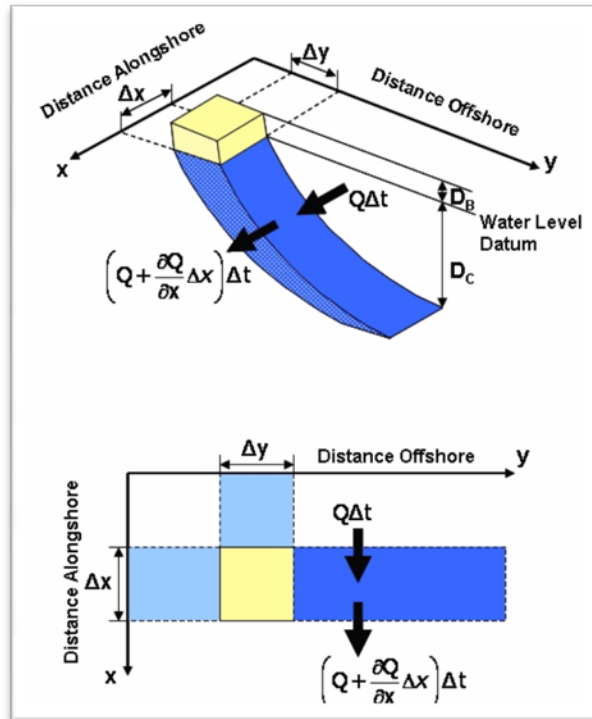
2.1 Pemodelan Numeris Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai akibat dari proses hidrodinamika pantai bisa dimodelkan secara matematis. Salah satu perangkat lunak yang bisa digunakan untuk pemodelan garis pantai yang banyak digunakan saat ini adalah *Software GENESIS (Generalized Model for Simulating Shoreline Change)* yang pertama kali dikembangkan oleh Dr. Hans Hanson dan Dr. N. C Kraus. Kegunaan model GENESIS adalah untuk mensimulasi transpor sedimen searah pantai dan perubahan garis pantai yang diakibatkannya (Hanson dan Kraus, 1989). Dengan menggunakan *Software GENESIS*, posisi garis pantai bisa disimulasikan baik pada kondisi dengan menggunakan bangunan pelindung pantai maupun tanpa bangunan untuk beberapa tahun simulasi. Dengan menggunakan simulasi ini, posisi garis pantai awal dan akhir simulasi bisa digambarkan baik pada kondisi tanpa bangunan maupun dengan bangunan pelindung pantai. Simulasi ini dilakukan dalam rangka untuk menganalisis bangunan pengaman pantai yang paling cocok untuk melindungi suatu sistem pantai pada lokasi studi. Pemakaian *Software GENESIS* untuk menganalisis dan mensimulasi perubahan garis pantai telah banyak dilakukan, diantaranya oleh Patino (2010), Balas, dkk. (2011), Ekphisutsuntorn, dkk. (2010), Dimke dan Frohle (2008).

Pemodelan sistem GENESIS terdiri atas dua komponen utama sub-model, pertama adalah menghitung tingkat transport sedimen sejajar pantai (*longshore sand transport rate*) dan yang kedua adalah menganalisis perubahan garis pantai (*shoreline change*). Konsep dasar pemodelan GENESIS didasarkan pada konversi kekekalan massa sedimen. Model ini mensimulasi perubahan garis pantai akibat perbedaan ruang dan waktu transport sedimen searah pantai. Sketsa definisi konservasi massa sedimen diberikan pada **Gambar 2.1**. Berdasarkan Gambar tersebut, persamaan dasar untuk laju perubahan posisi garis pantai adalah sebagai berikut (Hanson dan Kraus, 1989):

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{(D_B + D_C)} \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - q \right) = 0 \quad (2.1)$$

dengan, y adalah posisi garis pantai (m), x jarak searah pantai (m), t waktu simulasi (detik), D_B tinggi rerata *berm* di atas muka air rerata, D_c Closure depth, Q transport sedimen searah pantai ($m^3/detik$), dan q adalah *input* atau *output* sedimen dari luar sistem ($m^3/m/detik$).



Gambar 2. 1. Sketsa dan dasar teori untuk perhitungan perubahan garis pantai (Hanson dan Kraus, 1989)

Laju transpor sedimen searah pantai ditentukan dari persamaan berikut ini (Hanson dan Kraus, 1989)

$$Q = (H^2 C_g)_b \left(a_1 \sin 2\alpha_b - a_2 \cos \alpha_b \frac{\partial H}{\partial x} \right)_b \quad (2.2)$$

dengan, H adalah tinggi gelombang (m), α_b sudut datang gelombang pecah di garis pantai setempat, C_g adalah kecepatan kelompok gelombang (teori gelombang linier), dan "b" adalah kondisi gelombang pecah. Parameter-parameter tak berdimensi a_1 dan a_2 ditentukan dengan rumus berikut ini (Hanson dan Kraus, 1989).

$$a_1 = \frac{K_1}{16 \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) (1-p) (1.416)^{5/2}} \quad (2.3)$$

$$a_2 = \frac{K_2}{8 \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) (1 - p) \tan \beta (1.416)^{7/2}} \quad (2.4)$$

dengan, K_1, K_2 adalah koefisien-koefisien empiris untuk kalibrasi, ρ_s adalah rapat massa sedimen (kg/m^3), ρ rapat massa air (kg/m^3), p porositas sedimen, dan $\tan \beta$ adalah kemiringan pantai rata-rata dari garis pantai sampai kedalaman dimana transpor searah pantai masih aktif.

2.2 Teknologi Penginderaan Jauh untuk Perubahan Garis Pantai

Beberapa tahun terakhir ini, teknologi penginderaan jauh berkembang sangat pesat untuk berbagai aplikasi diantaranya dalam bidang pengembangan sumberdaya air, sumberdaya mineral, kehutanan, perkebunan, tata kota, pengelolaan pantai dan sumberdaya pesisir, dan lain sebagainya. Teknologi penginderaan jauh dengan memanfaatkan satelit bisa memproduksi berbagai jenis hasil citra satelit dengan berbagai tingkat resolusi dan beberapa tahun arsip pencatatan. Beberapa contoh jenis foto udara hasil dari penginderaan jauh diantaranya adalah *SPOT Satellite imagery*, *DigitalGlobe QuickBird Imagery*, *GeoEye IKONOS Imagery*, *EarthSAT 30 Meter Satellite*, *DigitalGlobe WorldView2 Imagery*, dan lain sebagainya. Metode pemakaian produk foto udara untuk studi perubahan garis pantai telah berkembang pesat akhir-akhir ini. Beberapa peneliti yang telah melakukannya diantaranya adalah Alesheikh, dkk (2007), Van dan Binh (2009), Chand dan Acharya (2010), Asmar dan Hereher (2010), Vinayaraj, dkk (2011).

Van dan Binh (2009) menggunakan produk foto udara Landsat dan Aster untuk menginvestigasi dan menganalisis perubahan garis pantai yang terjadi di pantai Cuu Long, Vietnam. Jenis produk foto udara yang dipakai dalam penelitian ini adalah Landsat TM Tahun 1989, Landsat ETM+ Tahun 2001 dan Aster Tahun 2004. Foto udara Landsat TM mempunyai ketelitian spasial 30 meter sedangkan Landsat ETM+ Panchromatik mempunyai ketelitian 15 meter. Foto udara Aster mempunyai dua kelompok resolusi yaitu 15 dan 30 meter. Hasil dari penelitian ini menunjukkan peta perubahan garis pantai Cuu Long dalam tiga periode Tahun 1989, 2001, dan 2004.

Chand dan Acharya (2010) menganalisis perubahan garis pantai dan kaitannya dengan kenaikan elevasi muka air laut dengan menggunakan pendekatan analitis penginderaan jauh dan pendekatan statistik. Penelitian ini mengambil studi kasus di sepanjang pantai Bhitarkanika Wildlife Sanctuary, Orissa, India. Penelitian ini menggunakan produk foto udara jenis Landsat Multispektral Tahun 1973, 1989, 2000 dan 2009. Metode regresi linier dan koefisien regresi dalam analisis statistik dipakai untuk analisis tingkat laju perubahan garis pantai dalam periode waktu Tahun 1973 hingga Tahun 2009. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kombinasi penggunaan foto udara dan metode statistik merupakan metode yang bisa dipakai untuk menganalisis perubahan garis pantai dan kaitannya dengan kenaikan elevasi muka air laut.

Alesheikh, dkk (2007) melakukan studi perubahan garis pantai dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh dengan studi kasus di danau Urmia, Iran. Danau Urmia adalah danau terbesar ke-20 dunia dan merupakan danau peringkat dua dunia dalam hal tingkat kegaraman airnya. Studi ini menggunakan foto udara jenis Landsat 7 ETM+, Landsat 5 TM, dan Landsat 4 TM. Dalam rangka untuk menganalisis akurasi, hasil analisis menggunakan data satelit ini dibandingkan dengan hasil investigasi lapangan.

Asmar dan Hereher (2010) melakukan studi perubahan garis pantai dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh pada bagian timur daerah pantai Nile Delta, India. Daerah penelitian tersebut mempunyai arti penting bagi pemerintah setempat karena merupakan daerah sumber energy dan pusat perindustrian. Penelitian ini menggunakan 4 jenis produk foto udara, yaitu Landsat MSS resolusi 58 m yang diambil Tahun 1973, Landsat TM resolusi 28.5 m yang diambil pada Tahun 1984 dan 2003, serta SPOT-4 *high-resolution visible and infrared sensor* (HRVIR) resolusi 10 m Tahun 2007. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa di lokasi penelitian mengalami erosi sekitar 50% dan sedimentasi sekitar 35%.

Vinayaraj, dkk (2011) melakukan studi kualitatif dan kuantitatif terhadap perubahan morfologi dan garis pantai di Pantai Karnataka, India dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Jenis produk foto udara yang digunakan pada penelitian ini adalah IRS-1D dan IRS-P6. Studi ini menginvestigasi perubahan garis pantai pada masing-masing titik dalam kurun

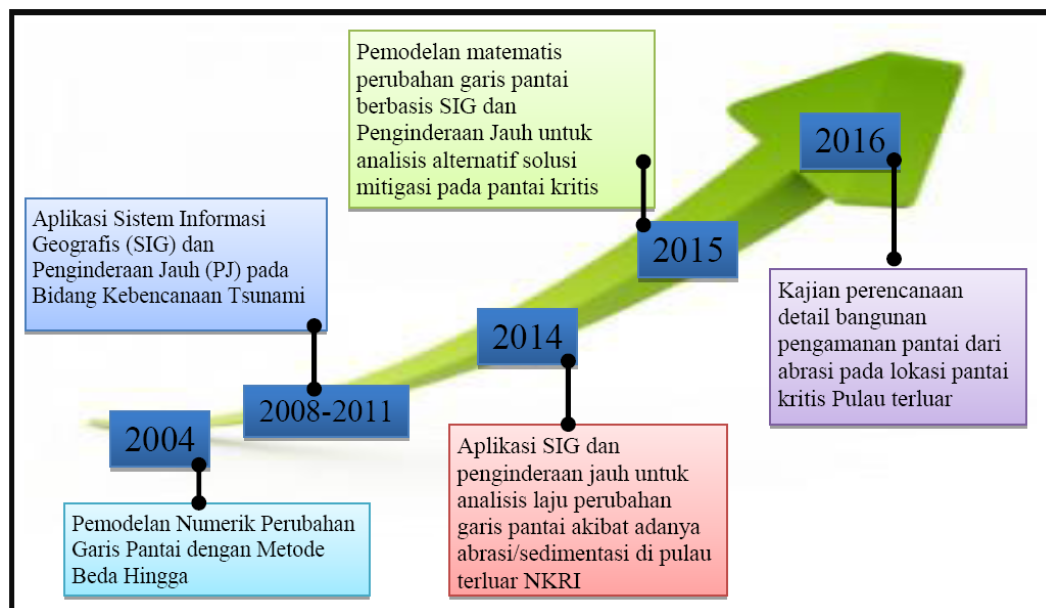
waktu 30 tahun. Hasil analisis dan investigasi penelitian ini menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan morfologi yang signifikan di lokasi studi, serta erosi yang terjadi secara gradual di tempat-tempat tertentu.

2.3 Peta Jalan (*Road Map*) Penelitian

Secara garis besar, peta jalan (*road map*) penelitian ini seperti ditunjukkan pada **Gambar-2.2**. Seperti ditunjukkan pada gambar, penelitian yang diusulkan ini merupakan rangkaian kelanjutan dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan terdahulu oleh pengusul. Penelitian ini merupakan penggabungan gagasan dari dua topik utama penelitian yang pernah dilakukan oleh pengusul sebelumnya yang disinkronkan dengan perkembangan teknologi terkini dalam bidang sistem informasi geografis (SIG) dan penginderaan jauh. Perkembangan SIG dan penginderaan jauh yang sangat pesat akhir-akhir ini sangat mempengaruhi metode pemodelan abrasi dan perubahan garis pantai. Beberapa penelitian yang telah berhasil memanfaatkan teknologi SIG dan penginderaan jauh untuk kajian perubahan garis pantai adalah Alesheikh, dkk (2007), Van dan Binh (2009), Chand dan Acharya (2010), Asmar dan Hereher (2010), Vinayaraj, dkk (2011). Sedangkan penelitian-penelitian yang telah berhasil melakukan pemodelan matematis perubahan garis pantai adalah Patino (2010), Balas, dkk. (2011), Ekphisutsuntorn, dkk. (2010), Dimke dan Frohle (2008).

Dua tema penelitian yang telah dilakukan pengusul yang menjadi landasan dalam mendesain rencana penelitian selanjutnya adalah penelitian tentang pemodelan numerik perubahan garis pantai dengan metode beda hingga (Sutikno dan Kartini, 2004) dan penelitian tentang aplikasi SIG dan penginderaan jauh pada bidang kebencanaan tsunami (Sutikno, dkk., 2009), (Sutikno dan Murakami, 2009), (Sutikno, dkk., 2010a), (Sutikno, dkk., 2010b), (Sutikno, 2011). Hasil pemodelan numerik dari penelitian ini masih belum bisa digunakan secara maksimal karena masih menggunakan banyak asumsi dan penyederhanaan dalam pemodelan terutama dalam hal geometri model untuk simulasi. Pemodelan geometri dengan basis data penginderaan jauh yang berbasis SIG untuk simulasi model matematis yang diusulkan dalam penelitian lanjutan ini diharapkan bisa menyempurnakan penelitian sebelumnya. Penelitian lanjutan ini secara umum terdiri atas tiga tahapan utama yang diusulkan untuk tiga tahun penelitian, yaitu

- i. aplikasi SIG dan penginderaan jauh untuk analisis laju perubahan garis pantai akibat adanya abrasi yang telah dilakukan pada tahun 2014,
- ii. pemodelan matematis perubahan garis pantai berbasis SIG dan penginderaan jauh untuk analisis alternatif solusi mitigasi perubahan garis pantai yang rencana akan dilakukan pada tahun 2015, dan
- iii. kajian perencanaan detail bangunan pengamanan pantai dari abrasi pada tahun 2016.



Gambar-2.2. Skema Road Map penelitian secara keseluruhan

2.4 Analisis Statistik Perubahan Garis pantai

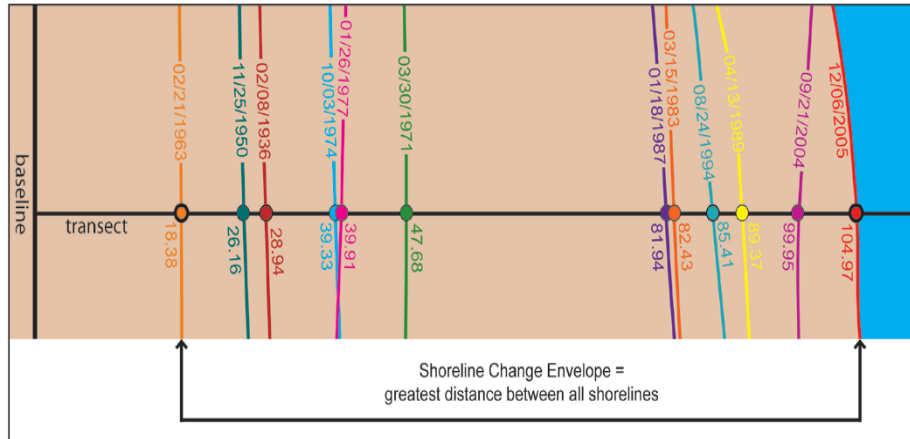
Analisis perubahan garis pantai untuk mengetahui tingkat abrasi yang terjadi membutuhkan data historis yang relatif cukup panjang karena proses abrasi biasanya berlangsung sangat lambat. Penggunaan dataset citra satelit saat ini sangat penting peranannya dalam penyediaan data untuk analisis dan monitoring kawasan pesisir pantai karena arsip data yang tersedia cukup lengkap dan beberapa produk bisa didapatkan secara gratis. Data Landsat TM (*Thematic Mapper*) dan ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*) yang mempunyai resolusi 15 m dan 30 m, merupakan dataset citra satelit yang bisa digunakan untuk analisis dan monitoring perubahan garis pantai (Van dan Binh, 2009; Alesheikh, dkk.,

2007; Asmar dan Hereher, 2010). Pada dataset citra Landsat TM dan ETM, karakteristik air, vegetasi dan tanah dapat dengan mudah diinterpretasi menggunakan jenis band sinar tampak (*visible*) dan inframerah (*infrared*). Absorpsi gelombang infra merah oleh air dan reflektansi beberapa jenis panjang gelombang yang kuat terhadap jenis obyek vegetasi dan tanah menjadikan teknik kombinasi ini ideal dalam memetakan distribusi perubahan darat dan air yang diperlukan dalam pengekstraksian perubahan garis pantai (Faizal Kasim, 2012). Monitoring dan analisis perubahan areal dan posisi garis pantai sangat bermanfaat dalam menyediakan informasi tentang daerah-daerah mana saja yang mengalami abrasi dan akresi pada kawasan pantai yang dianalisis. Analisis perubahan areal bisa dilakukan dengan sangat sederhana menggunakan teknik tumpang-susun (*overlay*) antar poligon daratan pantai pada pencatatan waktu yang berbeda. Dengan menggunakan metode ini, laju perubahan abrasi dan akresi pada suatu kawasan pantai bisa diperkirakan dalam satuan ha/tahun. Berbeda dengan jenis analisis perubahan areal, analisis perubahan posisi suatu garis pantai relatif lebih sulit. Dalam metode ini laju perubahan diekspresikan sebagai jarak posisi suatu garis pantai mengalami perpindahan atau kestabilan setiap tahun (Thieler, dkk., 2009).

Berbagai metode untuk menentukan tingkat perubahan garis pantai telah dijelaskan oleh Dolan *et al.* (1991). Metode-metode yang digunakan untuk menghitung tingkat perubahan garis pantai dengan cara mengukur perbedaan antara posisi garis pantai rentang waktu tertentu. Tingkat perubahan garis pantai yang dinyatakan dalam jarak perubahan per tahun. Nilai negatif menunjukkan erosi (gerakan ke arah darat dari garis pantai), nilai positif mengindikasikan pertambahan (gerakan ke arah laut dari garis pantai). Metode-metode tersebut antara lain: *Transects based method*, *End-Point Rate*, *Average of Rates and Linear Regression* (Dolan *et al* 1991).

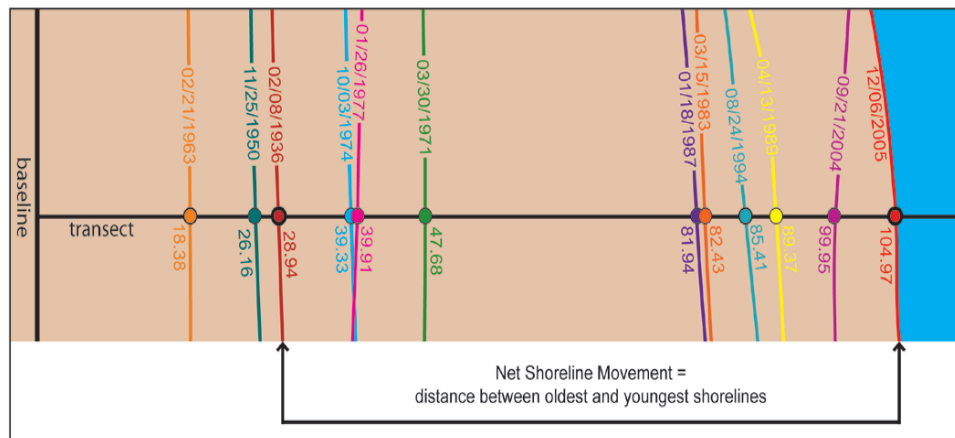
Shoreline Change Envelope dan *Net Shoreline Movement* adalah bagian dari transects based method Metode tersebut akan digunakan dalam Penelitian ini. *Shoreline Change envelope* adalah jarak terdekat dengan garis dasar disetiap transek yang dibuat pada program *Digital Shoreline Analysis System* Hal ini juga menunjukkan keseluruhan pergerakan perubahan garis pantai untuk semua posisi

garis pantai yang tersedia dan tidak berhubungan dengan tanggal untuk *Net Shoreline Movement*(NSM) Menunjukkan jarak antara garis pantai terlama dan terbaru pada setiap transek *Digital Shoreline Analysis System*. Hal ini mempresentasikan garis pantai terlama dan terbaru.



Sumber : USGS

Gambar 2. 2. Prinsip metode SCE (SCE = Jarak Terbesar antara semua garis)



Sumber : USGS

Gambar 2. 3. Prinsip metode NSM(NSM = Garis Terlama – garis pantai terbaru)

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai mana diuraikan berikut ini.

1. Pada tahun pertama, penelitian ini bertujuan melakukan kajian dan analisa laju abrasi pantai yang terjadi di pantai pulau-pulau terluar NKRI di wilayah Provinsi Riau dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Penelitian ini juga akan melakukan kajian yang mendalam tentang pengaruh laju abrasi dan naiknya elevasi muka air laut akibat pengaruh pemanasan global terhadap perubahan garis pantai di pulau-pulau terluar tersebut.
2. Pada tahun kedua, penelitian ini akan melakukan pemodelan matematis hidrodinamika pantai dengan tujuan untuk melakukan kajian yang lebih mendalam guna mengidentifikasi akar masalah terjadinya abrasi dan perubahan garis pantai di lokasi kritis hasil kajian di tahun pertama. Dengan pemodelan matematis ini, akan dilakukan juga simulasi berbagai alternatif skenario upaya mitigasi daerah kritis tersebut, sehingga rekomendasi penanganan yang dikeluarkan dari penelitian ini benar-benar sesuai dengan akar masalah yang terjadi di lapangan.
3. Tujuan penelitian di tahun ketiga adalah melakukan analisis dan desain lebih rinci terhadap alternatif terpilih upaya mitigasi hasil pemodelan dan simulasi di tahun kedua. Hasil analisis dan desain ini menghasilkan luaran upaya mitigasi yang siap untuk dilaksanakan di lapangan.

3.2 Manfaat Penelitian

Penelitian ini akan menginvestigasi dan mengkaji secara mendalam tentang pengaruh laju abrasi pantai dan naiknya elevasi muka air laut akibat pengaruh pemanasan global terhadap perubahan garis pantai yang terjadi di pulau-pulau terluar NKRI yang berada di wilayah Provinsi Riau. Dari kajian ini akan dihasilkan laju abrasi dan perubahan garis pantai di lokasi studi dan hasil identifikasi lokasi pantai kritis yang membutuhkan upaya-upaya mitigasi. Informasi ini sangat berharga sekali bagi pemerintah lokal maupun pemerintah

pusat dalam menyusun kebijakan karena wilayah studi berbatasan langsung dengan negara tetangga yang mempunyai arti yang sangat strategis.

Penelitian ini juga akan melakukan kajian tentang akar masalah terjadi perubahan garis pantai dengan menggunakan pemodelan matematis hidrodinamika pantai untuk simulasi alternatif-alternatif skenario penanganan permasalahan perubahan garis pantai di wilayah studi. Hasil analisis ini sangat bermanfaat baik bagi pemerintah lokal maupun pemerintah pusat dalam memilih dan mengimplementasikan alternatif terbaik untuk mengatasi permasalahan perubahan garis pantai di pulau-pulau terluar NKRI yang khususnya berada di wilayah Provinsi Riau.

BAB 4. METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian dan *Scene Data* Satelit

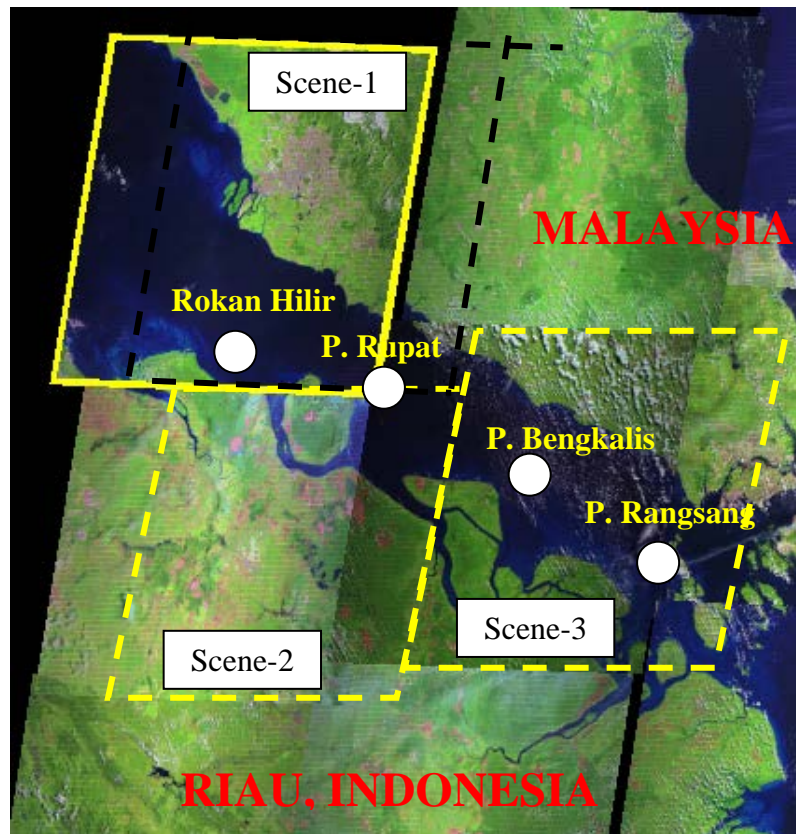
Lokasi penelitian ini difokuskan di pantai yang berada di pulau-pulau terluar NKRI yang berada di wilayah Provinsi Riau. Pulau-pulau tersebut adalah Pulau Bengkalis, Pulau Rupat, Pulau Rangsang, dan pantai di Kabupaten Rokan Hilir yang berada di pulau Sumatera. Berdasarkan hasil survei awal, jumlah *scene* data untuk jenis citra satelit Landsat 7 yang mencakup keseluruhan areal tersebut ada tiga *scene*, seperti ditunjukkan pada **Gambar-4.1**. Data citra satelit ini merupakan data utama yang dibutuhkan untuk analisis awal pada penelitian ini. Pemilihan jenis produk penginderaan jauh yang akan dipakai pada penelitian ini utamanya dipengaruhi oleh ketersediaan rekaman data di lokasi penelitian pada interval waktu yang relatif cukup panjang. Data Landsat 7 dengan resolusi 15 meter tersedia sejak tahun 1999 hingga saat ini. Atas pertimbangan pembiayaan, penelitian ini akan menggunakan 4 tahun rekaman data, yaitu tahun 1999, 2003, 2007 dan 2012

4.2 Software untuk analisis

Ada beberapa *software* yang digunakan untuk analisis pada penelitian ini, diantaranya adalah: Envi V4.5., QuantumGIS, dan GENESIS. *Software* Envi V4.5 digunakan untuk *image processing* yaitu untuk mengolah dan menganalisis data foto udara. Tujuan dari pengolahan data foto udara ini adalah untuk mempertajam data geografis dalam bentuk digital menjadi suatu tampilan yang lebih berarti bagi pengguna, dapat memberikan informasi kuantitatif suatu obyek, serta dapat memecahkan masalah. Analisis ini terdiri atas koreksi geometrik, koreksi radiometrik, penajaman kontras foto udara, *filtering* dan klasifikasi multispectral.

Software QuantumGIS merupakan *open source free software* yang bisa digunakan untuk analisis digital, analisis vector dan analisis perubahan garis pantai berdasarkan hasil *image processing* yang telah dilakukan dengan menggunakan *Software* Envi V4.5 sebelumnya. Sedangkan *software* GENESIS digunakan untuk simulasi model numeris perubahan garis pantai dalam rangka untuk mencari alternatif solusi permasalahan perubahan garis pantai. Dengan

menggunakan *Software* GENESIS, posisi garis pantai bisa disimulasikan baik pada kondisi dengan menggunakan bangunan pelindung pantai maupun tanpa bangunan untuk beberapa tahun simulasi.



Gambar 4.1. Lokasi penelitian yang berada di pantai Kabupaten Rokan Hilir, Pulau Rupa, Pulau Bengkalis dan Pulau Rangsang beserta cakupan data 3 *scene* citra satelit Landsat 7.

4.3 Metode pengolahan dan analisis data

Secara garis besar penelitian ini terdiri atas tiga kajian analisis, yaitu analisis perubahan garis pantai dan laju perubahannya, analisis pemodelan matematik perubahan garis pantai, serta analisis perencanaan detail bangunan pengaman pantai. Analisis perubahan garis pantai dan laju perubahannya lebih terkonsentrasi pada pengolahan data citra satelit untuk berbagai tahun pengambilan data. Pengolahan data pada tahapan ini menggunakan alat bantu *software* QuantumGIS dan *software* Envi V4.5. Analisis pemodelan matematik lebih terkonsentrasi pada usaha untuk mencari alternatif solusi permasalahan perubahan garis pantai yang terjadi pada lokasi-lokasi yang diidentifikasi sebagai pantai kritis dari hasil

analisis sebelumnya. Sedangkan analisis perencanaan detail bangunan difokuskan untuk merencanakan bangunan secara detail hasil kajian tahap sebelumnya sehingga bangunan pengamanan pantai bisa diaplikasikan langsung di lapangan. Berikut ini diuraikan metode-metode utama dalam pengolahan dan analisis data yang dipakai pada penelitian ini.

a) Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi radiometrik dilakukan agar informasi yang terdapat dalam data foto udara dapat dengan jelas dibaca dan diinterpretasikan. Kegiatan yang dilakukan dapat berupa: (i) Penggabungan data (*data fusion*), yaitu menggabungkan citra dari sumber yang berbeda pada area yang sama untuk membantu di dalam interpretasi. (ii) *Colodraping*, yaitu menempelkan satu jenis data citra di atas data yang lainnya untuk membuat suatu kombinasi tampilan sehingga memudahkan untuk menganalisa dua atau lebih variabel. (iii) Penajaman kontras, yaitu memperbaiki tampilan citra dengan memaksimalkan kontras antara pencahayaan dan penggelapan atau menaikkan dan merendahkan harga data suatu citra. (iv) *Filtering*, yaitu memperbaiki tampilan citra dengan mentransformasikan nilai-nilai digital citra, seperti mempertajam batas area yang mempunyai nilai digital yang sama (*enhance edge*), menghaluskan citra dari *noise* (*smooth noise*).

b) Kalibrasi Geometrik

Koreksi geometrik atau rektifikasi merupakan tahapan agar data citra dapat diproyeksikan sesuai dengan sistem koordinat yang digunakan. Acuan dari koreksi geometrik ini dapat berupa peta dasar ataupun data citra sebelumnya yang telah terkoreksi. Koreksi geometrik dilakukan dengan menggunakan acuan titik kontrol yang dikenal dengan *Ground Control Point* (GCP). Titik kontrol yang ditentukan merupakan titik-titik dari obyek yang bersifat permanen dan dapat diidentifikasi di atas citra dan peta dasar/rujukan. GCP dapat berupa persilangan jalan, percabangan sungai, persilangan antara jalan dengan sungai (jembatan) atau objek lain.

c) Klasifikasi Multispektral (*Image Classification*)

Klasifikasi Multispektral merupakan sebuah algoritma yang digunakan untuk memperoleh informasi tematik dengan cara mengelompokkan suatu fenomena/obyek berdasarkan kriteria tertentu. Asumsi awal yang harus diperhatikan sebelum melakukan klasifikasi multispektral adalah bahwa tiap obyek dapat dikenali dan dibedakan berdasarkan nilai spektralnya. Proses ini dilakukan pada penelitian ini untuk memperjelas batas antara daratan dan lautan yang merupakan posisi garis pantai.

d) Analisis Statistik

Analisis statistik dilakukan untuk menganalisis laju perubahan garis pantai dengan menggunakan metode yang sudah umum dipakai, yaitu perhitungan *End-Point Rate* (EPR) dan metode laju regresi linier (*Linear Regression Rates*, LRR). Perhitungan *End-Point Rate* (EPR) memperkirakan laju perubahan garis pantai berdasarkan pada perubahan posisi antar rekaman data terdahulu dengan rekaman data yang terbaru atau di tahun berikutnya. Metode LRR memperkirakan rata-rata laju perubahan garis pantai dengan menggunakan posisi garis pantai dari waktu ke waktu. Laju perubahan garis pantai ini bisa digunakan untuk mengekstrapolasi perubahan garis pantai untuk masa mendatang (Fenster, dkk., 1993).

e) Simulasi Model Numerik Perubahan Garis Pantai

Simulasi model numerik perubahan garis pantai dilakukan dengan menggunakan Software GENESIS (*Generalized Model for Simulating Shoreline Change*). Simulasi ini dilakukan dalam rangka untuk mengetahui efektifitas penanganan terhadap permasalahan perubahan garis pantai pada titik-titik yang ditinjau. Lokasi titik-titik tersebut dipilih dari hasil analisis sebelumnya yang diidentifikasi tingkat perubahan garis pantainya cukup besar. Pada analisis ini disimulasikan beberapa skenario, yaitu simulasi pertama jika tanpa penanganan, simulasi selanjutnya jika dilakukan penanganan dengan menggunakan beberapa alternatif tipe bangunan. Dengan simulasi ini bisa diketahui dampaknya terhadap perubahan garis pantai sehingga alternatif penanganan yang terbaik bisa dipilih.

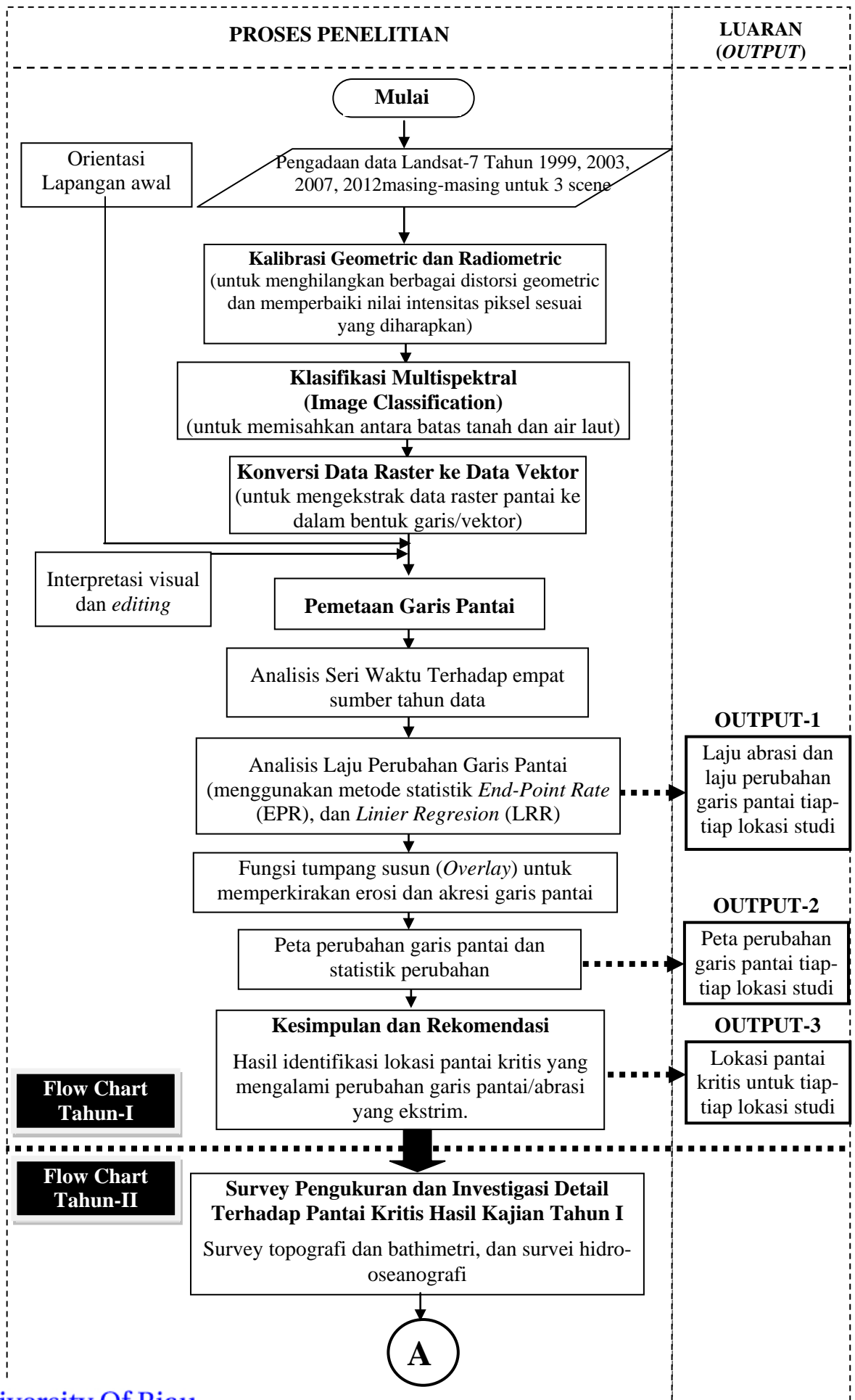
4.4 Bagan Alir Penelitian

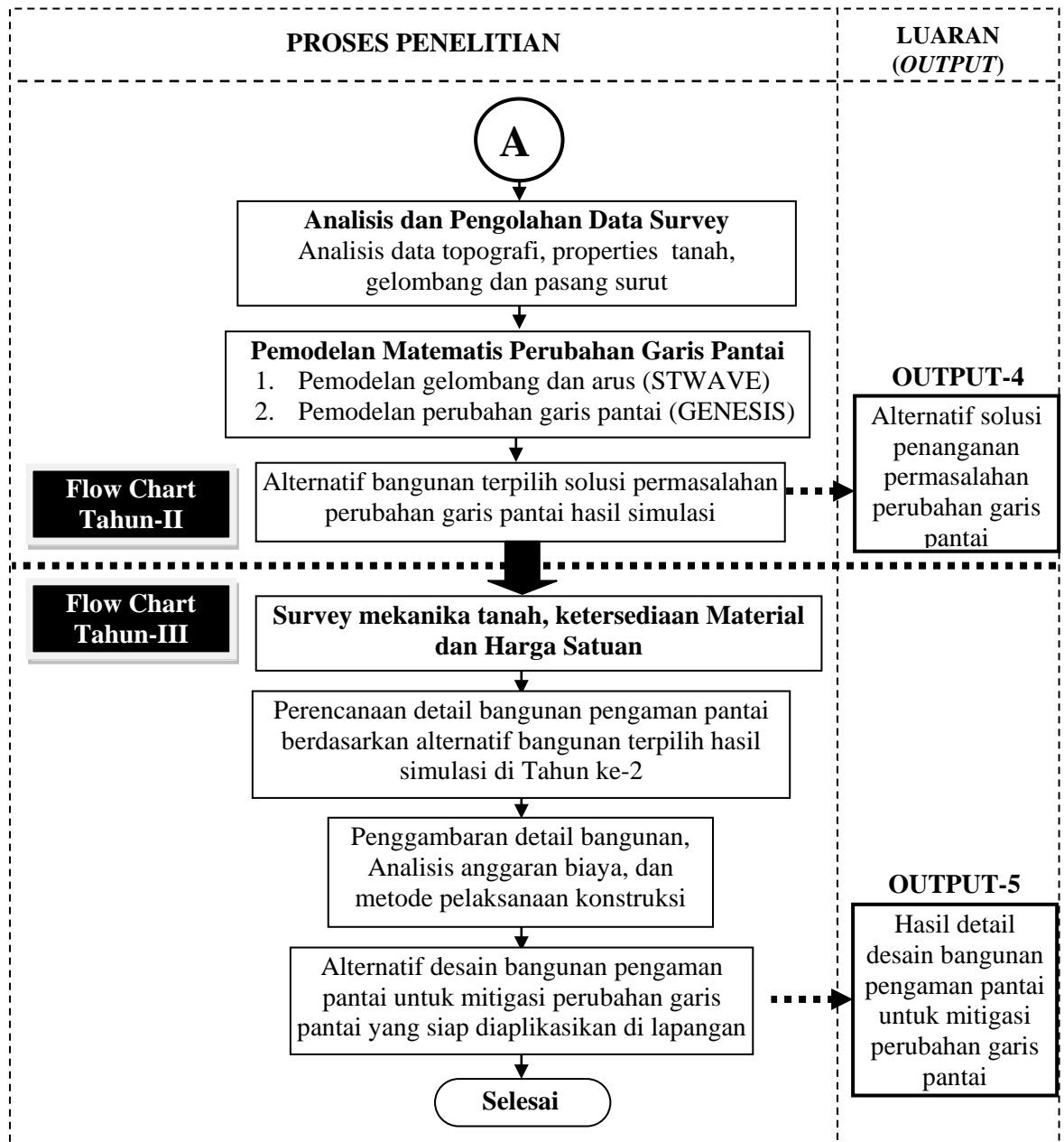
Tahapan penelitian untuk jangka waktu tiga tahun beserta rancangan outputnya untuk masing-masing tahapan secara lebih detail disajikan pada bagan alir penelitian seperti disajikan pada **Gambar-4.2**. Pada tahun pertama, penelitian diawali dengan pengadaan data citra Landsat 7 dan orientasi lapangan yang dilanjut dengan pengolahan data citra satelit. Pengolahan data citra satelit terdiri atas Kalibrasi Geometric dan Radiometric, Klasifikasi Multispektral, Konversi Data Raster ke Data Vektor dan pemetaan garis pantai. Tahapan selanjutnya adalah analisis statistik dengan menggunakan metode *End-Point Rate* (EPR) dan metode laju regresi linier (*Linear Regression Rates*, LRR) untuk memperkirakan laju perubahan garis pantai. Sampai dengan tahapan ini, didapatkan hasil laju abrasi dan perubahan garis pantai untuk tiap-tiap titik lokasi di masing-masing lokasi penelitian. Selanjutnya adalah analisis fungsi tumpang susun (*Overlay*) untuk memperkirakan erosi dan akresi garis pantai yang menghasilkan peta perubahan garis pantai dan statistik perubahan. Dengan mempertimbangkan berbagai parameter yang dominan selanjutnya diidentifikasi lokasi pantai kritis yang mengalami perubahan garis pantai/abrasi yang ekstrim di lokasi penelitian.

Pada tahun kedua, penelitian difokuskan pada lokasi pantai yang kritis dengan pemodelan matematik untuk mensimulasi alternatif penanganannya. Oleh karena itu diperlukan survei lapangan yang lebih detail untuk mendapatkan data-data detil kondisi fisik pantai, seperti peta topografi dan bathimetri, kondisi pasang surut, arus dan gelombang. Data-data hasil survey lapangan kemudian dianalisis sehingga data tersebut siap dipakai untuk pemodelan matematis. Pemodelan yang pertama adalah pemodelan gelombang dan arus menggunakan Model STWAVE. Dengan pemodelan ini bisa dihasilkan karakteristik gelombang di berbagai lokasi yang diinginkan dengan berbagai scenario data atau parameter masukan. Hasil pemodelan gelombang ini diperlukan sebagai data masukan untuk pemodelan perubahan garis pantai menggunakan Model GENESIS. Dengan menggunakan model ini, perubahan garis pantai untuk kurun waktu tertentu dan dengan berbagai kondisi data masukan dapat diperkirakan. Model ini bisa juga dipakai untuk mensimulasikan perubahan garis pantai akibat adanya bangunan-bangunan pantai seperti pelabuhan, *jetty*, *groyne*, dan struktur pelindung pantai

lainnya. Oleh karena itu, model ini bisa digunakan untuk simulasi dalam rangka untuk mencari solusi alternatif yang efektif tipe bangunan pengaman pantai yang direkomendasikan. Jadi, luaran penelitian untuk tahun kedua adalah alternatif model penanganan permasalahan pantai kritis yang diidentifikasi di tahun pertama.

Kegiatan penelitian untuk tahun ketiga adalah melakukan detail desain terhadap alternatif model yang dihasilkan dari penelitian tahun kedua sedemikian sehingga luaran akhir dari penelitian ini bisa langsung diaplikasikan di lapangan. Untuk itu perlu diadakan survei lapangan yang lebih detail lagi, yaitu survei mekanika tanah untuk mengetahui daya dukung tanah, survei ketersediaan material untuk merencanakan jenis struktur bangunan yang akan dipakai, dan survei harga satuan untuk memperkirakan anggaran biaya untuk pelaksanaan konstruksi. Hasil desain dituangkan dalam bentuk gambar desain dan metode pelaksanaan konstruksi. Dengan demikian luaran akhir dari penelitian ini berupa hasil detail desain bangunan pengaman pantai untuk mitigasi perubahan garis pantai di lokasi yang diidentifikasi sebagai pantai kritis.





Gambar 4.2. Bagan alir dan luaran penelitian untuk jangka waktu 3 tahun pelaksanaan

3.5 Keterlibatan Mahasiswa Pascasarjana dalam Penelitian

Secara keseluruhan penelitian ini melibatkan 9 (Sembilan) mahasiswa S2, dimana empat mahasiswa terlibat di tahun pertama, tiga mahasiswa terlibat di tahun kedua dan dua mahasiswa terlibat di tahun ketiga. Rancangan topik tesis

yang merupakan bagian dari penelitian ini untuk masing-masing mahasiswa seperti disajikan pada **Tabel-1.1**.

Tabel 1. 1. Daftar mahasiswa pascasarjana (S2) yang terlibat beserta rancangan judul tesis yang merupakan bagian dari penelitian ini

Tahun Ke-	Sub-Topik untuk Thesis	Nama	No. Mahasiswa
1	Analisis Laju Perubahan Garis Pantai menggunakan metode statistik <i>End-Point Rate</i> (EPR) Studi kasus di Kabupaten Kepulauan Meranti.	Arief Rahman Hakim	1210247025
1	Deteksi Perubahan Garis Pantai Pulau Bengkalis Provinsi Riau Menggunakan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis	Alison Jalasunta P	1210246993
1	Analisis Laju Perubahan Garis Pantai menggunakan metode <i>Linier Regresion</i> (LRR) –Studi Kasus di Pulau Rupat, Provinsi Riau-	Sony Adiya Putra	1210247130
1	Monitoring Perubahan Garis Pantai Menggunakan Penginderaan Jauh dan SIG: Studi Kasus Pantai Kabupaten Rokan Hilir Provinsi Riau.	Ari Kusnadi	1210246928
2	Simulasi numeris perubahan garis pantai Pulau Rangsang Kabupaten Kepulauan Meranti.	Dwi Puspo Handoyo	1210247059
2	Prediksi Perubahan Garis Pantai Pulau Rupat dengan Model Matematik	Jennervil Nazar	1210247970
2	Analisis Potensi Transport Sedimen Sejajar Pantai Pulau Bengkalis.	Mahasiswa thesis berikutnya	
3	Upaya mitigasi perubahan garis pantai Pulau Rupat dengan pendekatan model matematik	Mahasiswa thesis berikutnya	
3	Alternatif desain bangunan pengaman pantai untuk mitigasi perubahan garis pantai di Pulau Rangsang Kabupaten Kepulauan Meranti.	Mahasiswa thesis berikutnya	

BAB 5. HASIL 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 telah dikumpulkan antara lain adalah berupa data satelit, peta-peta dasar, seperti peta administrasi, peta tata guna lahan, peta kondisi tanah, serta data-data tentang kondisi fisik lokasi. Data satelit merupakan data sekunder utama yang digunakan pada penelitian ini.

5.1.1 Data Satelit

Jenis data satelit yang digunakan dalam penelitian ini data landsat dengan resolusi menengah, yaitu 30 dan 15 meter. Pemilihan jenis data satelit tersebut didasarkan pada ketersediaan data yang cukup panjang mulai dari tahun 1988 hingga tahun 2014 dengan interval waktu tiap bulan. Data citra landsat memiliki resolusi temporal yang relatif cukup tinggi dan resolusi spasial menengah. Dengan demikian data citra landsat bisa digunakan untuk analisis perubahan garis pantai dengan interval waktu yang diinginkan.

Data satelit yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas 5 (lima) tahun data pencatatan, yaitu Landsat TM (*Thematic Mapper*) 1988, Landsat TM 2000, Landsat ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*) 2004, Landsat ETM+ 2010, dan Landsat ETM+ 2014 masing-masing untuk 3 (tiga) scene lokasi penelitian. Landsat TM mempunyai resolusi 30 m, sedangkan Landsat ETM+ band 8 mempunyai resolusi 15 m. Spesifikasi data satelit yang digunakan pada penelitian ini seperti disajikan pada Tabel 5-1. Pemilihan tahun data tersebut didasarkan pada ketersediaan data dan kualitas data satelit yang dipilih.

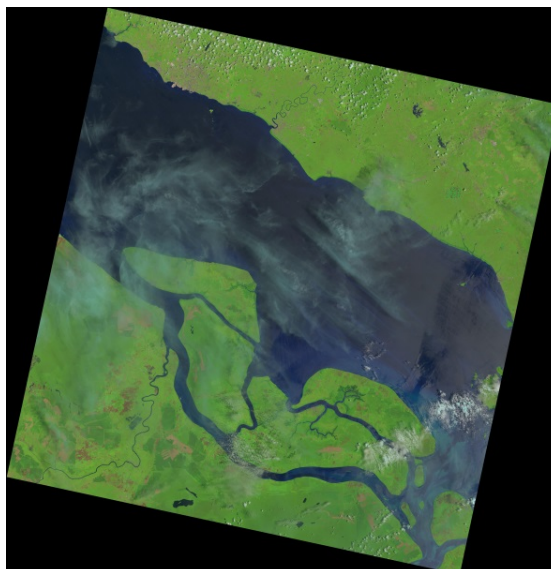
Data satelit yang diambil masing-masing untuk 3 (tiga) *scene* data yang melingkupi 4 (empat) pantai lokasi penelitian. *Scene* data satelit tersebut seperti disajikan pada Gambar 5.1 hingga Gambar 5.3.

Tabel 5.1. Data satelit yang digunakan pada penelitian ini

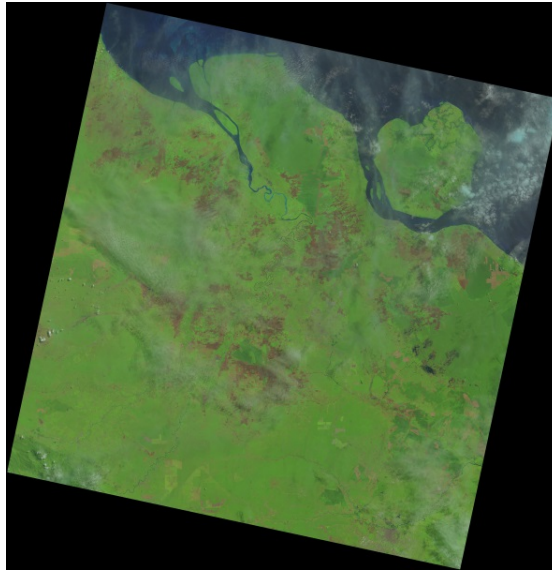
Tahun Pengambilan Data	Satelit	Jenis Sensor	Resolusi
07/31/1988	Landsat 5	TM	30 m
03/10/2000	Landsat 5	TM	30 m
07/19/2004	Landsat 7	ETM+	15 m, 30 m
01/09/2010	Landsat 7	ETM+	15 m, 30 m
01/20/2014	Landsat 7	ETM+	15 m, 30 m



Gambar 5.1. Scene-1 data satelit yang melingkupi sebagian pantai Pulau Rupati dan Pantai di Kabupaten Rokan Hilir.



Gambar 5.2. Scene-2 data satelit yang melingkupi pantai Pulau Bengkalis dan Pantai Pulau Rangsang.



Gambar 5.3. Scene-3 data satelit yang melingkupi sebagian pantai Pulau Rupert dan sebagian Pantai di Kabupaten Rokan Hilir

5.1.2 Survey lapangan

Survey lapangan dilakukan masing-masing di 4 (empat) lokasi pantai daerah penelitian yaitu Pantai Pulau Bengkalis, Pantai Pulau Rangsang, Pantai Pulau Rupert dan Pantai di Kabupaten Rokan Hilir. Survey lapangan dilakukan untuk *ground check* kondisi lapangan dengan hasil pengolahan data yang bersumber dari satelit. Survey lapangan telah dilakukan pada bulan Mei 2014.

Pada Gambar 5.4 disajikan kondisi pantai pada bagian utara sisi barat Pulau Bengkalis, tepatnya berada di Desa Meskom. Menurut informasi dari penduduk setempat dan instansi terkait, pada lokasi tersebut merupakan pantai yang mengalami abrasi yang sangat tinggi. Kondisi tanah secara umum berupa tanah gambut pada bagian atas dan tanah lanau pada bagian bawahnya.



Gambar 5.4. Kondisi Pantai Pulau Bengkalis bagian Barat (Desa Meskom)

Pada Gambar 5.5 hingga Gambar 5.7 disajikan dokumentasi kondisi pantai masing-masing di Kabupaten Rokan Hilir, Pulau Rangsang, dan Pulau Rupert.



Gambar 5.5. Kondisi Pantai Pulau di Rokan Hilir



Gambar 5.6. Kondisi Pantai Pulau Rangsang



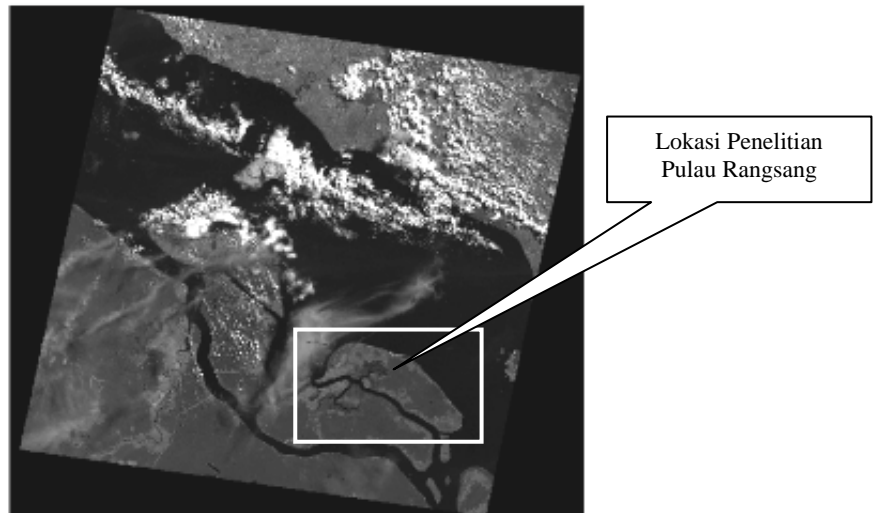
Gambar 5.7. Kondisi Pantai Pulau Rupert

5.2 Pengolahan Data Satelit

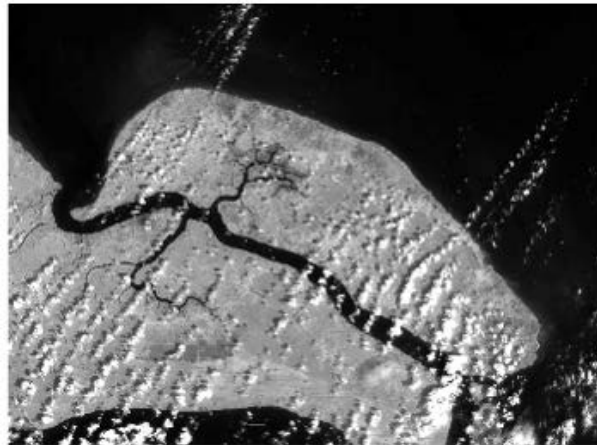
Proses yang dilakukan dalam pengolahan data satelit ini terdiri atas 2 (dua) analisis, yaitu: analisis dan interpretasi data citra satelit (Landsat) untuk pemetaan perubahan garis pantai, dan analisis statistik untuk tingkat perubahan garis pantai selama 26 tahun terakhir. Analisis dan interpretasi data Landsat terdiri atas : pemotongan citra (*cropping image*), pemulihan citra, penajaman citra (*image enhancement*), koreksi geometrik, digitasi, dan tumpang-susun (*overlay*). Pemotongan citra (*cropping image*) dilakukan untuk mengambil fokus area penelitian dengan pertimbangan untuk penghematan memori penyimpanan dalam komputer. Pemulihan citra dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra satelit yang kurang baik akibat dari kerusakan pada satelit atau karena adanya gangguan atmosfer. Pemulihan citra dilakukan dengan melakukan koreksi *gapfill* dan koreksi radiometrik. Penajaman citra (*image enhancement*) merupakan penggabungan band-band yang dibutuhkan untuk mempertegas antara batas darat dan air sehingga akan mempermudah proses digitasi garis pantai. Untuk Landsat-5 TM dan Landsat-7 ETM+ band-band yang digabungkan adalah band 2, band 4, dan band 5. Penggabungan band-band ini dilakukan dengan komposit band (*composite bands*) dengan urutan band 542. Koreksi geometrik pada citra Landsat merupakan upaya memperbaiki kesalahan perekaman secara geometrik agar citra yang dihasilkan mempunyai sistem koordinat dan skala yang seragam, dan dilakukan dengan cara translasi, rotasi, atau pergeseran skala. Data citra landsat yang didapatkan adalah data level 1 dalam format *geotiff* merupakan data citra landsat yang sudah terkoreksi geometriknya sehingga tidak perlu dilakukan koreksi geometrik lagi.

5.2.1 Pemotongan Citra (*Cropping Image*)

Sebelum citra diolah ketahap selanjutnya, citra Landsat dilakukan pemotongan citra (*cropping image*) dengan pertimbangan bahwa daerah penelitian tidak meliputi seluruh area dalam citra, menghemat memori penyimpanan dalam komputer, dan meringankan kerja komputer. Gambar band awal sebelum pemotongan citra dapat dilihat pada gambar 5.8 dan hasil pemotongan citra dapat dilihat pada gambar 5.9.



Gambar 5.8. Gambar Band Awal Sebelum Pemotongan Citra



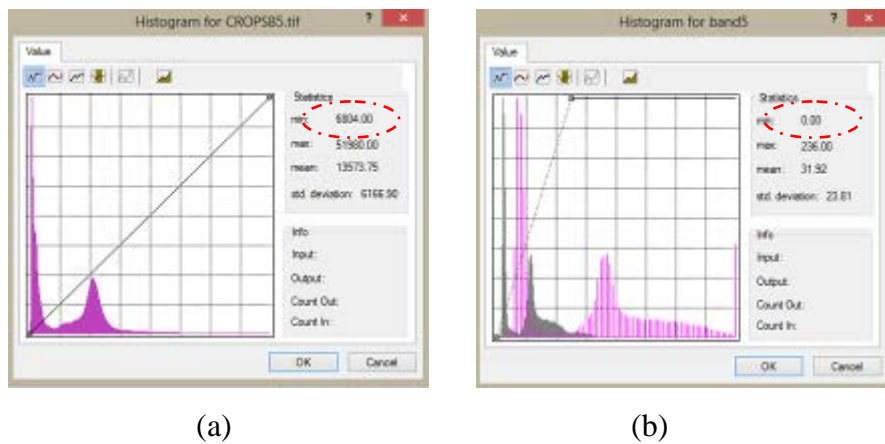
Gambar 5.9. Hasil Pemotongan Citra

Langkah selanjutnya adalah *Image Processing*, tujuan dari pengolahan data pada tahap ini adalah untuk mengekstrak informasi dari rekaman data satelit. Pada akhir tahap ini akan menghasilkan citra yang siap untuk didigitasi karena menghasilkan citra atau gambar yang bisa membedakan antara perairan dan daratan. Adapun tahap *image processing* meliputi pemulihan citra (*rektifikasi*), penajaman citra (*Image enhancement*) dan koreksi geometrik.

5.2.2 Pemulihan Citra

Pemulihan citra satelit landsat dilakukan dengan koreksi radiometrik. Koreksi radiometrik dilakukan pada semua band-band yang terpilih. Dari hasil analisis koreksi radiometrik dengan *Raster Calculator* dari *Spatial Analyst* untuk

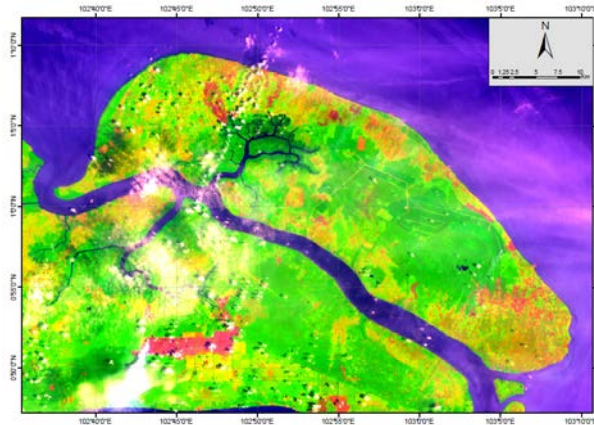
band 5 Citra Landsat-5 TM sebelum dan sesudah koreksi radiometrik dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5.10. Penyesuaian Histogram Band 5 Citra Landsat-5 TM. Perekaman

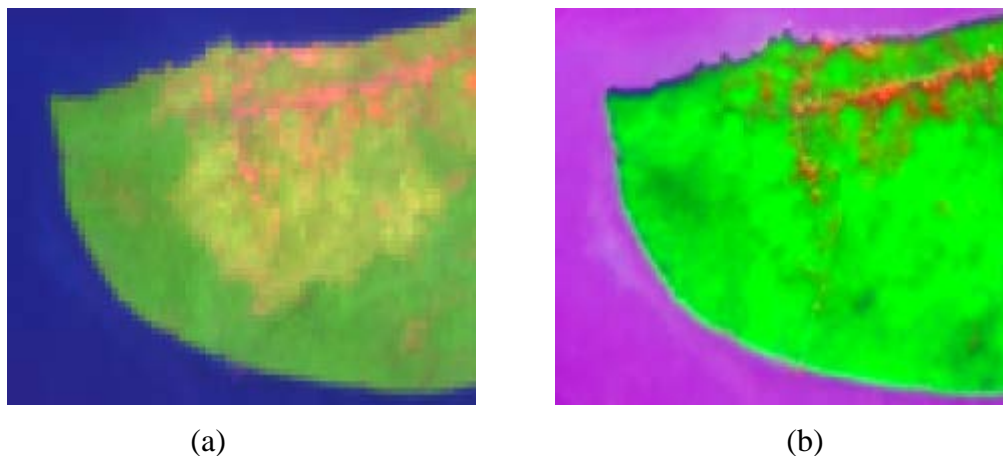
5.2.3 Penajaman Citra

Penajaman citra (*Image Enhancement*) dalam penelitian ini merupakan penggabungan band-band yang dibutuhkan untuk menghasilkan gambar citra yang bisa menghasilkan komposisi warna tertentu sehingga mempermudah kita untuk membedakan batas antara daerah daratan dan perairan. Penajaman citra dilakukan dengan dua tahap yaitu dengan komposit band dan penambahan band pankromatik. Band yang terpilih untuk komposit band Landsat-5 TM dilakukan dengan urutan Komposit band 542. Adapun untuk Landsat-8 OLI/TIRS untuk membedakan antara darat dan air dipilih dengan urutan komposit band 653. Komposit band ini akan menghasilkan 3 filter warna yaitu red (merah), green (hijau), dan blue (biru) atau disingkat dengan RGB serta akan merubah format citra dari geotiff menjadi image (Img). Pada gambar 4.11 Berikut ini merupakan citra Landsat-8 OLI/TIRS yang telah dilakukan komposit band.



Gambar 5.11. Komposit band 653 Citra Landsat-8 OLI/TIRS

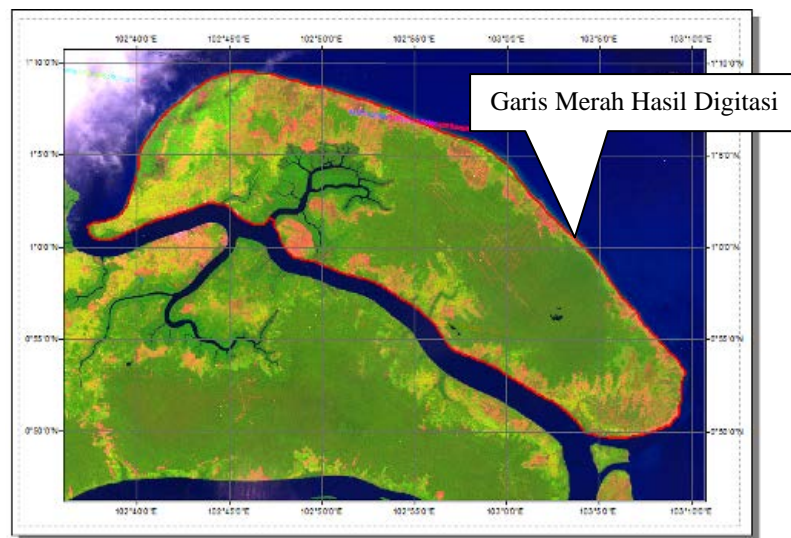
Kelebihan pada Landsat-7 ETM+ dan Landsat-8 OLI/TIRS yaitu mempunyai band pankromatik (band 8). Band ini memiliki resolusi spasial yang baik yaitu sebesar 15 m. Band pankromatik ini bisa digunakan untuk menghasilkan citra yang sudah dikomposit dengan resolusi 30 m menjadi komposit citra dengan resolusi spasial 15 m, sehingga menghasilkan gambar yang lebih baik. Pada gambar 5.12 berikut ini merupakan perbandingan kualitas antara citra yang hanya dilakukan komposit band dengan citra yang ada penajaman dengan band pankromatik (band 8).



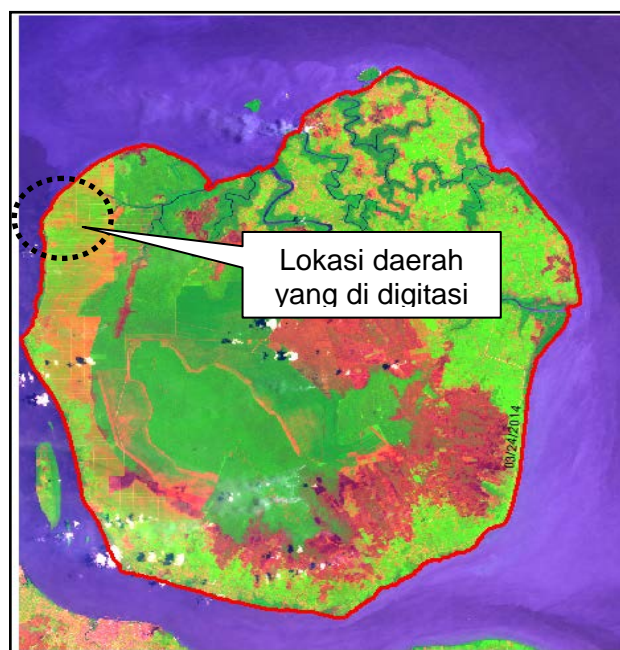
Gambar 5.12. Perbedaan Kualitas Citra Landsat. (a) Komposit Band 653 dan (b)

5.3 Pemetaan garis pantai

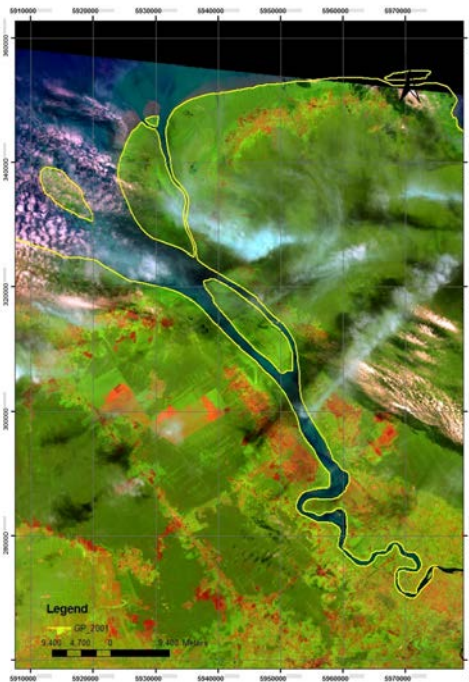
Proses pemetaan garis pantai dilakukan dengan proses digitasi. Digitasi peta dilakukan untuk penggambaran garis batas antara darat dan air yang merupakan posisi garis pantai untuk tiap-tiap tahun data satelit yang dipilih. Hasil proses digitasi garis pantai seperti disajikan pada Gambar 5.13. Dengan melakukan tumpang-susun antar garis pantai pada tahun data yang dipilih, maka areal abrasi dan akresi bisa diidentifikasi.



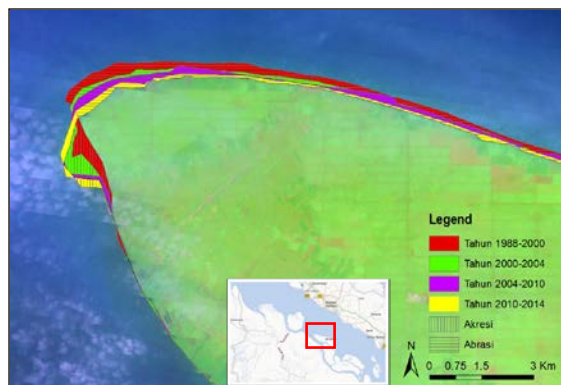
Gambar 5.13. Hasil pemetaan garis pantai di Pulau Rangsang



Gambar 5.14. Hasil pemetaan garis pantai di Pulau Rupa



Gambar 5.15. Hasil pemetaan garis pantai di Kabupaten Rokan Hilir



Gambar 5.16. Hasil pemetaan garis pantai di Kabupaten Rokan Hilir

5.4 Analisis Perubahan Garis Pantai

5.4.1 Analisis Abrasi dan Akresi Pantai Pulau Bengkalis

Identifikasi lokasi terjadinya abrasi dan akresi pantai dilakukan dengan menumpang-susunkan (*overlay*) garis pantai terlama dengan garis pantai terkini. Hasil tumpang-susun perubahan garis pantai 26 tahun terakhir, yaitu antara Tahun

1988 dan Tahun 2014 seperti disajikan pada Gambar 5.17. Seperti ditunjukkan pada Gambar, sebagian besar pantai Pulau Bengkalis bagian utara mengalami perubahan yang menunjukkan terjadinya abrasi dengan tingkat abrasi yang bervariasi. Tingkat abrasi yang paling besar terjadi pada ujung pulau bagian barat. Abrasi pantai juga terjadi di ujung pulau bagian selatan. Pada kurun waktu tersebut, pantai Pulau Bengkalis juga mengalami akresi atau sedimentasi. Proses akresi terjadi pada sisi selatan Pantai Bengkalis bagian barat.



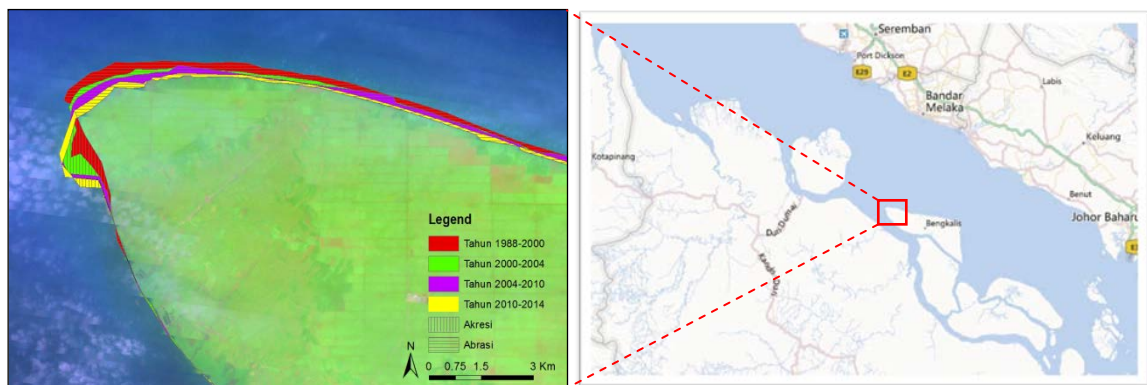
Gambar 5.17. Pantai Pulau Bengkalis yang mengalami abrasi dan akresi pada kurun waktu tahun 1988 – 2014

Pada Gambar 5.18. disajikan historis perubahan garis pantai Pulau Bengkalis bagian barat pada tahun 1988, 2000, 2004, 2010, dan 2014. Sedangkan pada Tabel 5.2. disajikan luasan area yang mengalami abrasi dan akresi pada interval tahun-tahun tersebut. Seperti ditunjukkan pada Tabel 5.2, luasan area Pantai Pulau Bengkalis yang mengalami abrasi rata-rata per tahun mengalami peningkatan dengan rata-rata 26 tahun terakhir adalah 59.02 ha/tahun. Sedangkan tingkat akresi yang terjadi relatif cukup konstan dengan rata-rata 26 tahun terakhir adalah 16.45 ha/tahun. Pada kurun waktu dari tahun 2000 hingga 2004 terjadi laju akresi yang paling besar, yaitu 35.31 ha/tahun. Dari analisis ini juga didapatkan bahwa, pada kurun waktu 26 tahun terakhir Pantai Pulau Bengkalis telah

mengalami abrasi seluas 1,504.93 ha dan terjadi akresi seluas 419.39. Dengan demikian pengurangan wilayah daratan yang terjadi di Pulau Bengkalis sebesar 1,085.54 ha atau rata-rata 42.57 ha/tahun.

Tabel 5. 2. Laju abrasi dan akresi pantai Pulau Bengkalis Tahun 1988 - 2014

Periode	Abrasi		Akresi	
	Luas (ha)	Rata-rata (ha/tahun)	Luas (ha)	Rata-rata (ha/tahun)
Juli 1988 - Maret 2000	543.16	46.56	136.52	11.70
Maret 2000 – Juli 2004	187.86	43.35	153.00	35.31
Juli 2004 – Jan 2010	399.66	72.67	68.57	12.47
Jan 2010 – Jan 2014	374.24	93.56	61.29	15.32
Rata-rata		59.02		16.45
Jumlah	1 504.93		419.39	

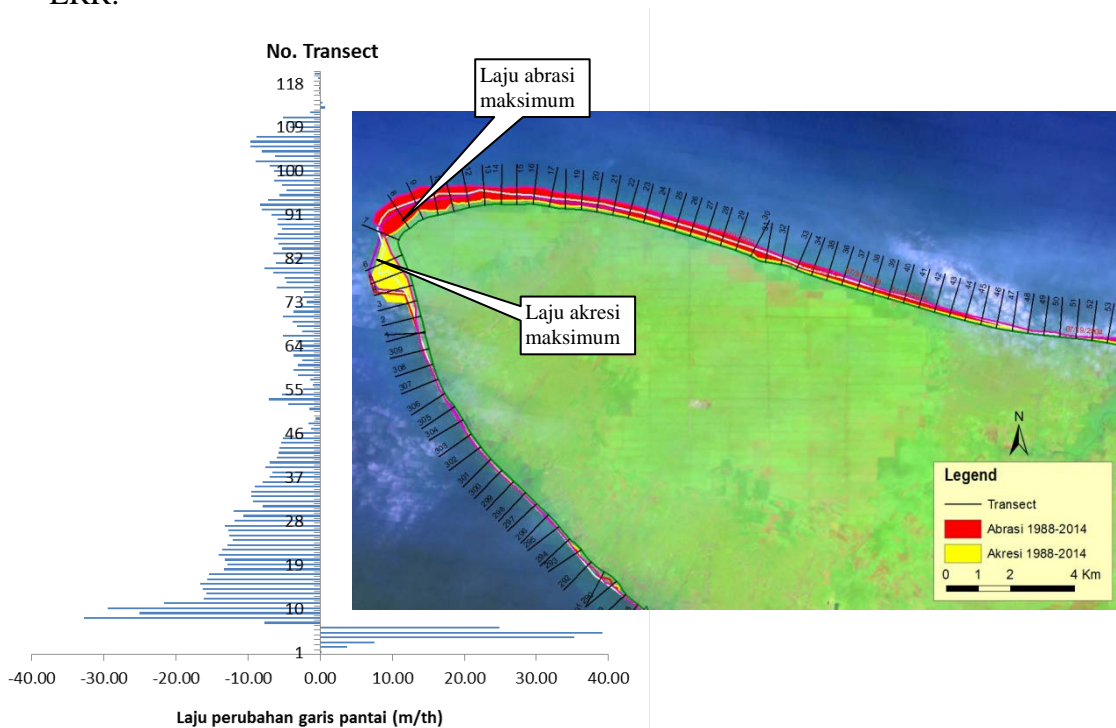


Gambar 5.18. Pantai Pulau Bengkalis bagian Barat yang mengalami laju abrasi dan akresi paling tinggi pada kurun waktu tahun 1988 – 2014

Dalam rangka untuk mengetahui laju abrasi dan laju akresi pantai yang lebih detail, maka dilakukan analisis lebih lanjut dengan menggunakan perangkat lunak DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*). Analisis dilakukan terhadap perubahan garis pantai untuk lima tahun data pencatatan, yaitu tahun 1988, 2000, 2004, 2010, dan 2014. Sebagai referensi terhadap perubahan garis pantai untuk masing-masing tahun tersebut, dibuat garis dasar (*baseline*) yang sejajar dengan garis pantai. Selanjutnya dibuat garis transek (*transect*) yang tegak lurus dengan garis dasar untuk membagi pias-pias garis pantai dengan interval tiap 500 m. Laju

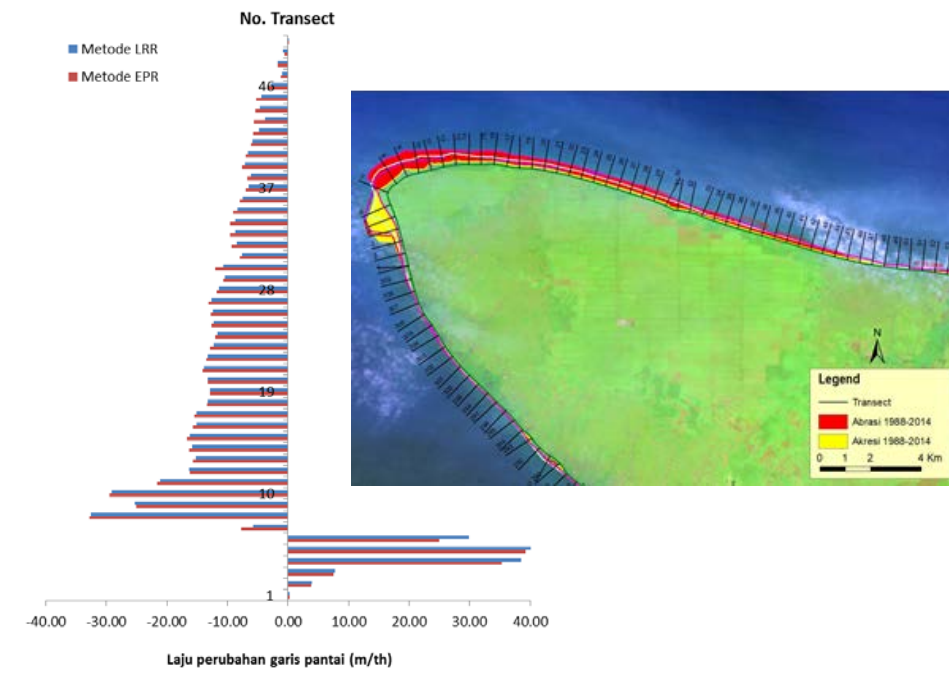
perubahan garis pantai dianalisis dengan pendekatan statistik *End-Point Rate* (EPR) dan *Linear Regression Rates* (LRR).

Pada Gambar 5.19 disajikan hasil analisis perubahan garis pantai Pulau Bengkalis bagian utara dengan metode EPR, sedangkan pada Gambar 5.17. disajikan perbandingan hasil analisis perubahan garis pantai antara metode EPR dan metode LRR. Hasil analisis menunjukkan bahwa laju abrasi yang paling maksimum terjadi di Pantai Utara Bengkalis bagian barat, yaitu di sekitar transek no 8 seperti ditunjukkan pada Gambar 4.16. Laju abrasi yang terjadi di lokasi tersebut adalah 32.75 m/th berdasar metode EPR dan 32.53 berdasar metode LRR. Laju abrasi yang terjadi semakin ke timur kecenderungannya semakin mengecil kemudian sedikit membesar kembali di ujung timur Pulau Bengkalis. Tidak seperti proses abrasi yang terjadi di sepanjang pantai utara Pulau Bengkalis dengan laju abrasi yang bervariasi, proses akresi pantai hanya terjadi di ujung barat pantai Pulau Bengkalis, dengan panjang pantai yang mengalami akresi kurang lebih 3 km. Laju akresi yang terbesar terjadi di sekitar transek nomor 5, yaitu 39.21 m/tahun berdasar metode EPR dan 44.52 m/tahun berdasar metode LRR.



Gambar 5.19. Laju perubahan garis pantai Pulau Bengkalis bagian utara Metode EPR

Secara umum hasil perhitungan laju perubahan garis pantai baik menggunakan metode EPR maupun metode LRR tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.20. Perbedaan yang terjadi menunjukkan bahwa metode LRR cenderung sedikit lebih *under estimate*. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Genz, dkk., (2007).

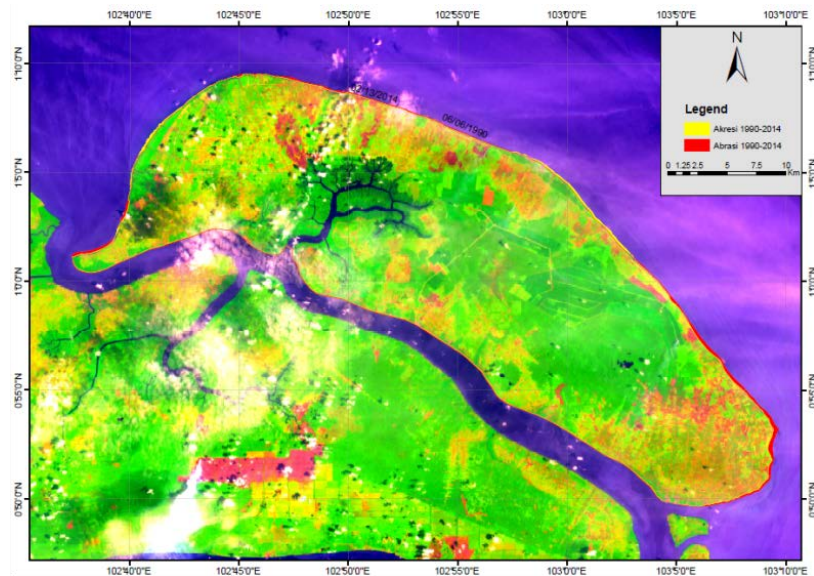


Gambar 5.20. Perbandingan hasil analisis laju perubahan garis pantai dengan metode EPR dan LRR

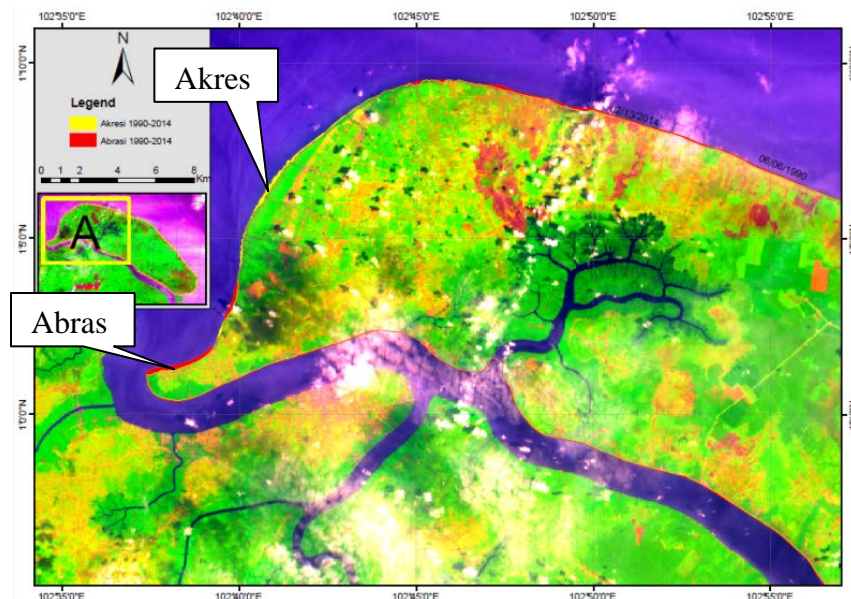
5.4.2 Analisis Abrasi dan Akresi Pantai Pulau Rangsang

Hasil tumpang-susun perubahan garis pantai 24 tahun terakhir, yaitu antara Tahun 1990 dan Tahun 2014 seperti disajikan pada Gambar 5.21. Dari gambar tersebut dapat disimpulkan sebagian besar pantai Pulau Rangsang bagian utara dan timur mengalami perubahan yang menunjukkan terjadinya abrasi dengan tingkat abrasi yang bervariasi. Tingkat abrasi yang paling besar terjadi pada ujung pulau bagian barat dan timur yaitu pantai Tanjung Motong dan Pantau Tanjung Samak. Abrasi pantai juga terjadi di bagian selatan dengan tingkat abrasi relatif kecil. Pada kurun waktu tersebut, pantai Pulau Rangsang juga mengalami akresi

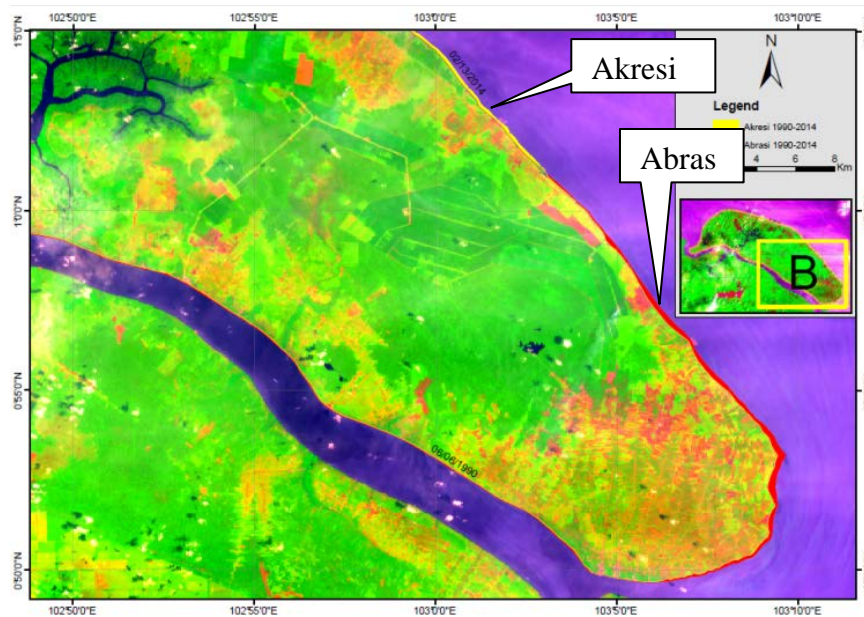
atau sedimentasi. Proses akresi terjadi pada Pulau Rangsang relatif kecil, hal ini terjadi sebagian di sisi utara Pantai Rangsang tepatnya di pantai desa Melai.



Gambar 5.21. Pantai Pulau Rangsang yang mengalami abrasi dan akresi pada kurun waktu tahun 1990 – 2014



Gambar 5.22. Bagian Barat Pulau Rangsang (Section A) yang mengalami abrasi dan akresi pada kurun waktu tahun 1990 - 2014

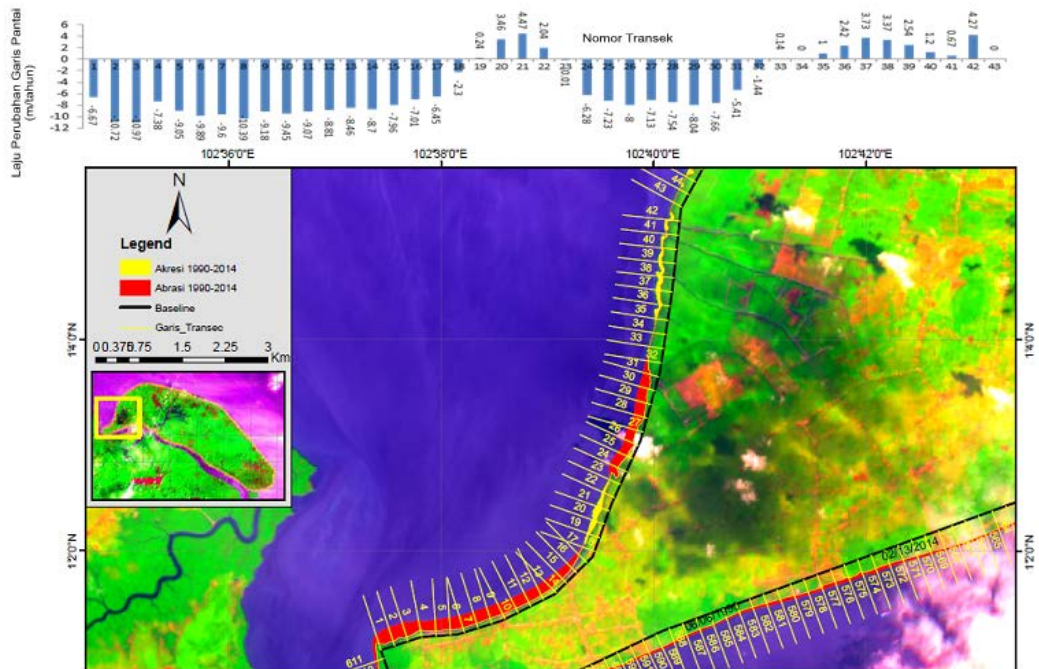


Gambar 5.23. Bagian Timur Pulau Rangsang (Section B) yang mengalami abrasi dan akresi pada kurun waktu tahun 1990 - 2014

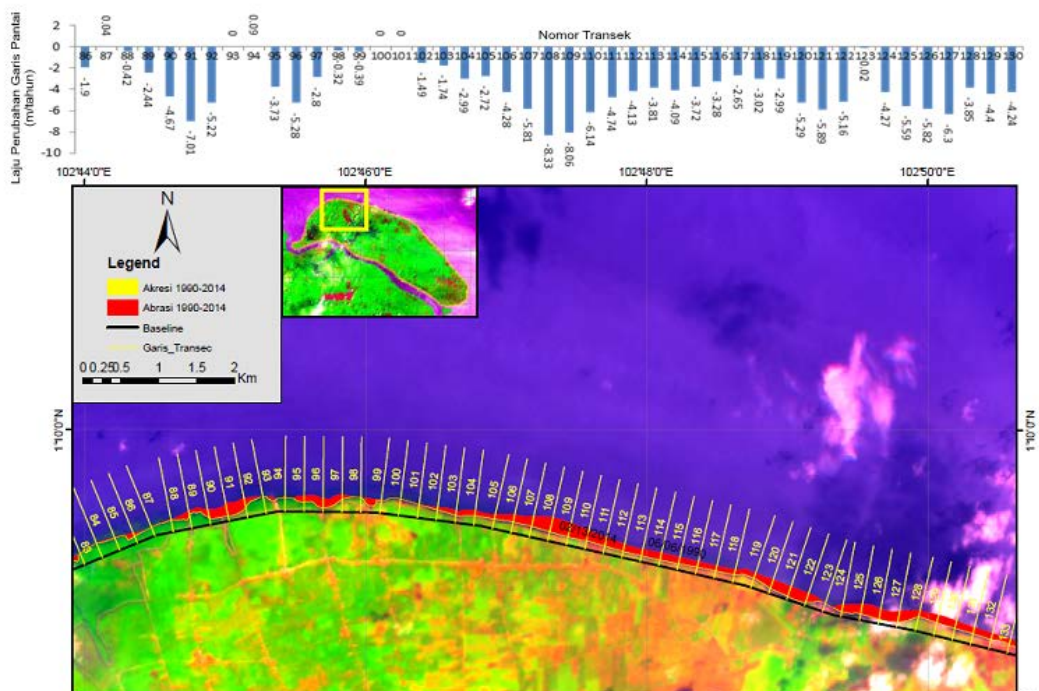
Dari hasil analisis areal abrasi dan akresi dalam kurun waktu 24 tahun (1990 sampai dengan 2014), Pulau Rangsang telah mengalami abrasi seluas 1.097,53 ha dengan laju abrasi rata-rata 46,37 ha/tahun dan akresi seluas 243,53 ha dengan laju akresi rata-rata 10,29 ha/tahun. Dengan demikian pengurangan wilayah daratan yang terjadi di Pulau Rangsang sebesar 854.00 ha atau rata-rata 37,67 ha/tahun, seperti disajikan dalam Tabel 5.3.

Tabel 5. 3. Laju abrasi dan akresi pantai Pulau Rangsang Tahun 1990-2014

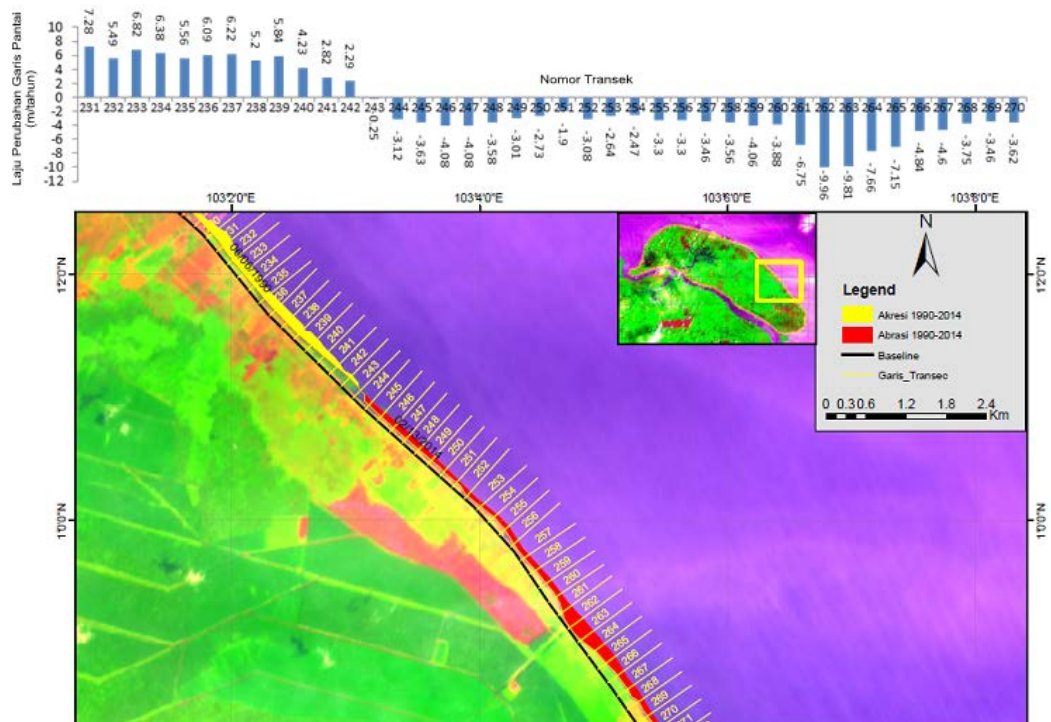
Periode	Abrasi		Akresi	
	Luas (Ha)	Rata-rata (ha/tahun)	Luas (Ha)	Rata-rata (ha/tahun)
06 Juni 1990 – 13 Febuari 2014	(-) 1.097,53	46.37	(+) 243,53	10,29
Σ Perubahan Daratan	(-) 854.00	36,08		



Gambar 5.24. Laju perubahan garis pantai bagian barat Pulau Rangsang yang mengalami abrasi dan akresi pada kurun waktu tahun 1990 - 2014

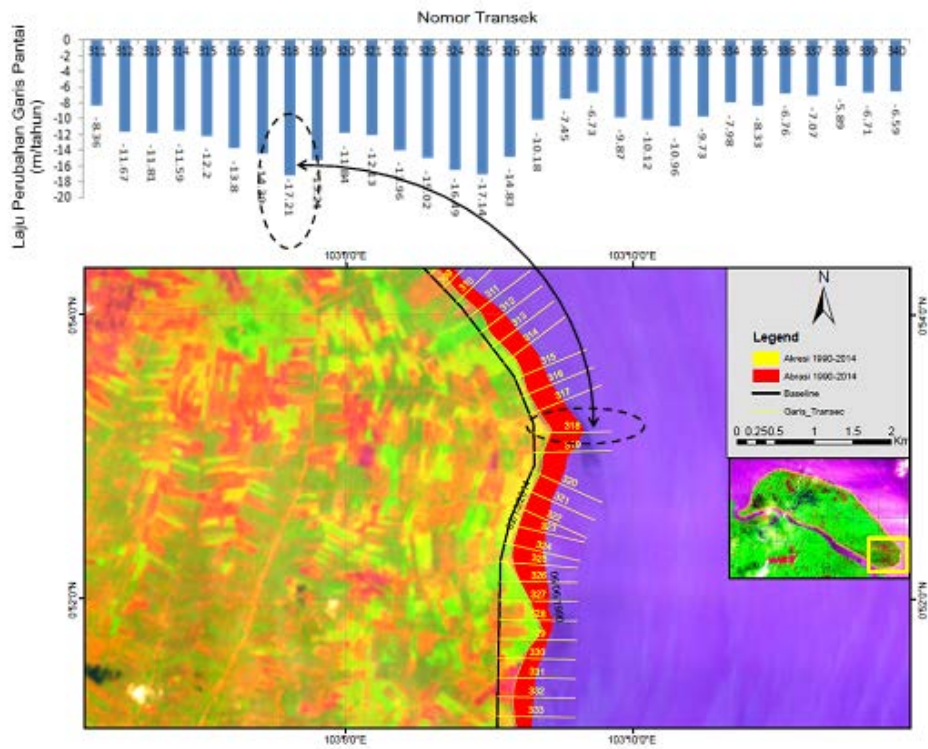


Gambar 5.25. Laju perubahan garis pantai bagian utara Pulau Rangsang yang mengalami abrasi dan akresi pada kurun waktu tahun 1990 - 2014

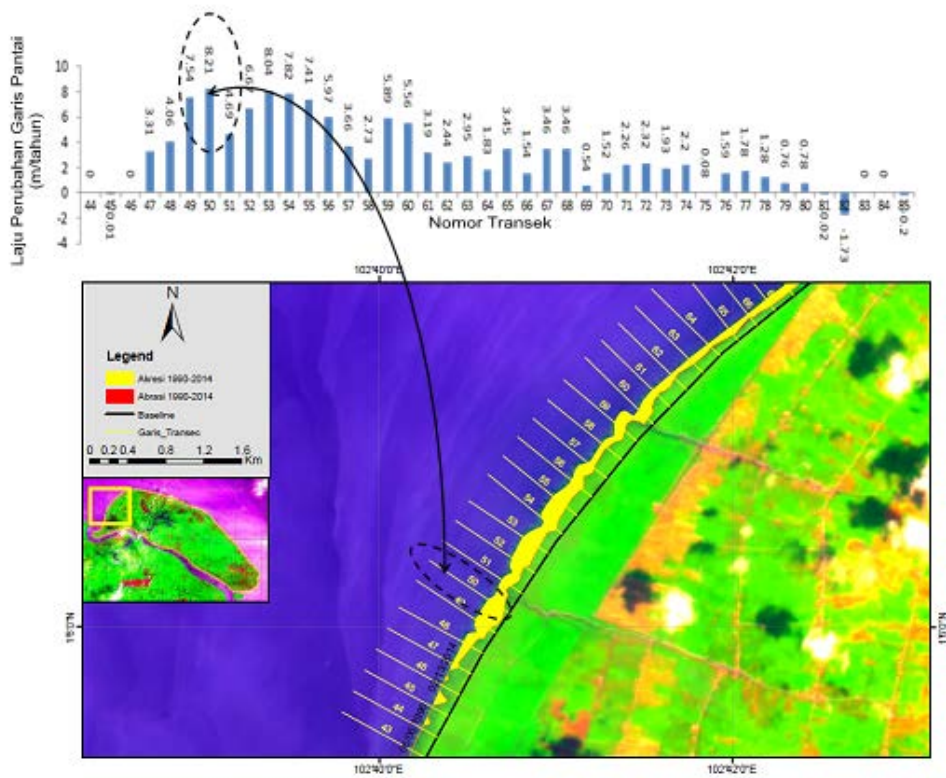


Gambar 5.26. Laju perubahan garis pantai bagian timur Pulau Rangsang yang mengalami abrasi dan akresi pada kurun waktu tahun 1990 – 2014

Dari Gambar 5.24 sampai dengan Gambar 5.27 menunjukkan sebagian besar sepanjang pantai Pulau Rangsang terjadi abrasi dan akresi, laju abrasi dan akresi bervariasi, dimana laju abrasi terbesar terletak di garis transek 318 dengan laju abrasi 17,21 m/tahun, dan untuk laju akresi terbesar terletak di garis transek 50 dengan laju akresi 8,21 m/tahun. Posisi laju abrasi dan akresi terbesar ditunjukkan dalam gambar 5.24 dan 5.25 berikut ini.



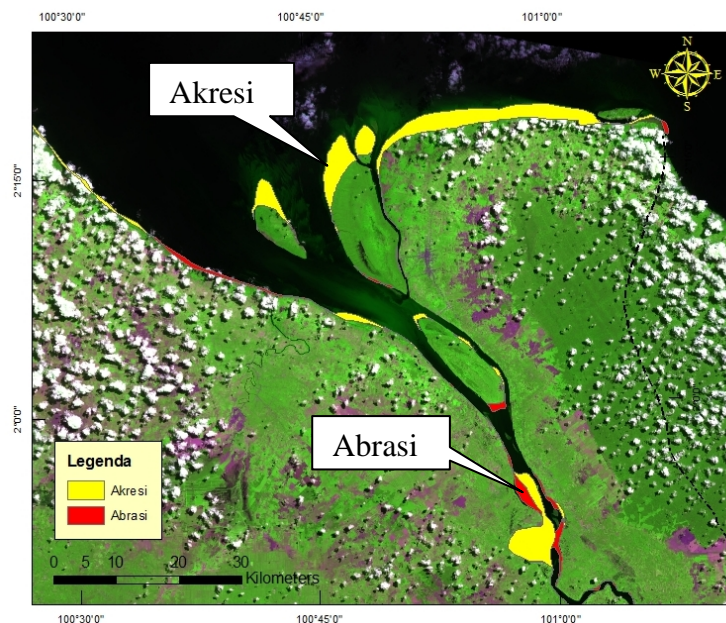
Gambar 5.27. Laju abrasi maksimum yang terjadi di Pulau Rangsang pada kurun waktu tahun 1990 – 2014



Gambar 5.28. Laju akresi maksimum yang terjadi di Pulau Rangsang pada kurun waktu tahun 1990 – 2014

5.4.3 Analisis Abrasi dan Akresi Pantai di Kabupaten Rokan Hilir

Hasil tumpang-susun perubahan garis pantai 15 tahun terakhir garis pantai di Kabupaten Rokan Hilir, yaitu antara Tahun 2000 dan Tahun 2014 seperti disajikan pada Gambar 5.29. Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, terdapat 15 daerah yang mengalami akresi dan 21 daerah yang mengalami abrasi. Jumlah titik yang mengalami abrasi dan akresi ini tidak jauh berbeda dengan areal yang pernah diteliti oleh Khairunnisa (2013) yang meneliti perubahan tahun yang terjadi dalam rentang 1988 dan 2012.

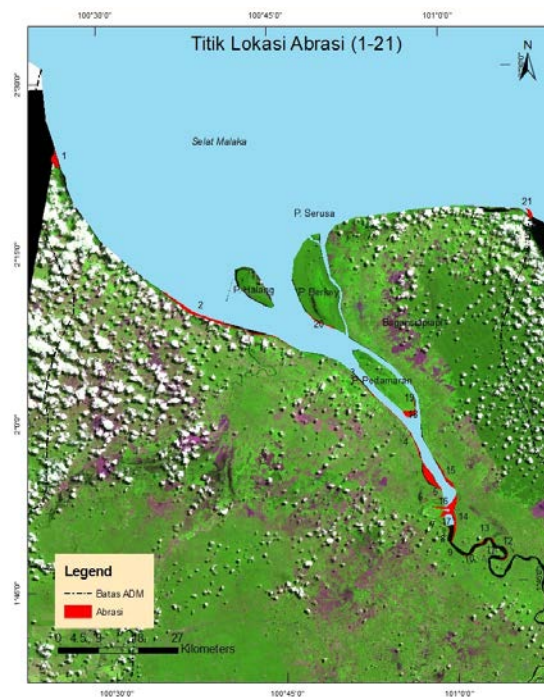


Gambar 5.29. Daerah Yang Mengalami Abrasi Dan Akresi Di Pantai Dan Muara Sungai Rokan Kabupaten Rokan Hilir Selama Tahun 2000-2014

Dari hasil analisis areal abrasi dan akresi dalam kurun waktu 15 tahun (tahun 2000 sampai dengan tahun 2014), pantai dan muara Sungai Rokan yang telah mengalami abrasi seluas 4425,30 ha dengan laju abrasi rata-rata 316,09 ha/tahun dan akresi seluas 21380,29 ha dengan laju akresi rata-rata 1527,16 ha/tahun. Besarnya akresi dan abrasi yang terjadi diyakini dimulai dari rentang antara tahun 2009 hingga 2011 karena pada tahun tersebut, morfologi muara sungai Rokan telah berubah yaitu semula berbelok (*meander*) menjadi lurus. Gambar di bawah ini menunjukkan titik lokasi terjadinya akresi dan abrasi di Kabupaten Rokan Hilir.



Gambar 5.30. Titik Akresi yang terjadi di Pantai dan Muara di Kabupaten Rokan Hilir Selama tahun 2000-2014



Gambar 5.31. Titik Abrasi yang terjadi di Pantai dan Muara di Kabupaten Rokan Hilir Selama tahun 2000-2014

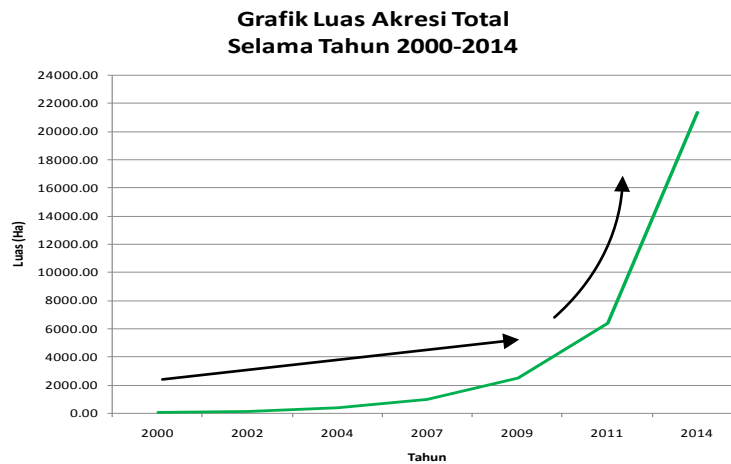
Tabel dan grafik berikut memperlihatkan perubahan signifikan abrasi dan akresi yang terjadi di pantai dan muara Sungai Rokan di Kabupaten Rokan Hilir dalam periode waktu tahun 2000 hingga tahun 2014.

Tabel 5. 4. Perubahan Luas Daerah Akresi Rata-Rata garis pantai dan muara selama Tahun 2000-2014 di Kabupaten Rokan Hilir

Titik Lokasi Akresi	Luas Penambahan (Akresi) tiap tahun dalam Ha						
	2000	2002	2004	2007	2009	2011	2014
1	0.0	0.081	0.208	0.537	1.384	3.572	11.906
2	0.0	0.088	0.228	0.589	1.520	3.921	13.071
3	0.0	0.255	0.657	1.695	4.373	11.284	37.614
4	0.0	0.476	1.229	3.172	8.185	21.119	70.397
5	0.0	0.802	2.070	5.340	13.778	35.551	118.504
6	0.0	0.908	2.343	6.045	15.598	40.246	134.152
7	0.0	0.936	2.414	6.230	16.074	41.473	138.244
8	0.0	1.339	3.454	8.913	22.997	59.337	197.789
9	0.0	4.580	11.818	30.492	78.676	203.001	676.670
10	0.0	8.261	21.316	55.001	141.914	366.167	1220.558
11	0.0	9.012	23.253	59.997	154.806	399.433	1331.442
12	0.0	9.998	25.797	66.562	171.743	443.135	1477.115
13	0.0	20.508	52.914	136.530	352.275	908.945	3029.816
14	0.0	32.000	82.566	213.037	549.680	1418.291	4727.636
15	0.0	55.471	143.128	369.300	952.872	2458.611	8195.372
Total	0.0	144.75	373.395	963.438	2485.875	6414.086	21380.28

Sumber: Analisa Data, 2014

Gambar di atas memperlihatkan bahwa pada tahun 2002 telah terjadi penambahan luasan lahan rerata terhadap tahun 2000. Besar penambahan yang terjadi adalah 144,715 ha. Hingga tahun 2014 luas yang bertambah adalah sebanyak 21380,286 ha. Jumlah tersebut di atas adalah selisih penambahan luasan daerah yang terjadi. Dengan kata lain terdapat penambahan yang signifikan dari tahun ke tahun dalam periode 15 tahun. Sedangkan grafik di bawah ini akan memperlihatkan kecenderungan besar perubahan lahan dari tahun 2000 hingga tahun 2014 di pantai dan muara di Kabupaten Rokan Hilir.



Gambar 5.32. Grafik Akresi yang terjadi di pantai dan muara Sungai Rokan selama tahun 2000 s/d tahun 2014

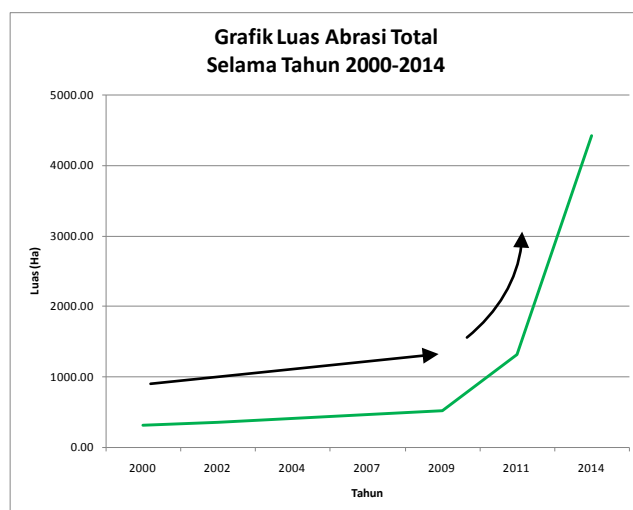
Gambar di atas menunjukkan perubahan kecenderungan dari tahun 2000 hingga tahun 2009 yang cenderung landai menjadi curam pada periode 2009 hingga 2014.

Tabel 5. 5. Perubahan Luas Daerah Abrasi garis pantai dan muara selama Tahun 2000-2014 di Kabupaten Rokan Hilir

Titik Lokasi Akresi	Luas Pengurangan Daerah (Abrasi) tiap tahun dalam Ha						
	2000	2002	2004	2007	2009	2011	2014
1	0.0	24.4541	27.7887	31.5781	35.8842	89.7104	299.0348
2	0.0	80.7979	91.8158	104.3361	118.5637	296.4094	988.0312
3	0.0	0.8691	0.9876	1.1223	1.2753	3.1882	10.6274
4	0.0	83.3389	94.7032	107.6173	122.2924	305.7310	1019.1035
5	0.0	0.6741	0.7661	0.8705	0.9892	2.4731	8.2436
6	0.0	1.5241	1.7319	1.9681	2.2364	5.5911	18.6369
7	0.0	3.7373	4.2469	4.8261	5.4842	13.7104	45.7013
8	0.0	0.5266	0.5984	0.6800	0.7727	1.9318	6.4394
9	0.0	1.2966	1.4734	1.6743	1.9026	4.7565	15.8549
10	0.0	3.3924	3.8550	4.3807	4.9781	12.4453	41.4842
11	0.0	0.8925	1.0143	1.1526	1.3097	3.2743	10.9144
12	0.0	6.7364	7.6550	8.6988	9.8850	24.7126	82.3753
13	0.0	6.9375	7.8835	8.9585	10.1802	25.4504	84.8347
14	0.0	50.3461	57.2115	65.0131	73.8785	184.6963	615.6544

Titik Lokasi Akresi	Luas Pengurangan Daerah (Abrasi) tiap tahun dalam Ha						
	2000	2002	2004	2007	2009	2011	2014
15	0.0	21.6551	24.6081	27.9637	31.7770	79.4424	264.8081
16	0.0	13.0055	14.7790	16.7943	19.0844	47.7110	159.0368
17	0.0	13.7439	15.6181	17.7478	20.1679	50.4199	168.0662
18	0.0	22.7041	25.8002	29.3184	33.3163	83.2908	277.6360
19	0.0	2.2305	2.5347	2.8803	3.2731	8.1827	27.2758
20	0.0	11.7692	13.3741	15.1978	17.2703	43.1757	143.9189
21	0.0	11.2548	12.7896	14.5336	16.5155	41.2886	137.6288
Total	0.0	361.8867	411.2349	467.3124	531.0368	1327.5920	4425.3065

Sumber: Analisa Data, 2014



Gambar 5.33. Grafik Abrasi yang terjadi di pantai dan muara Sungai Rokan selama tahun 2000 s/d tahun 2014

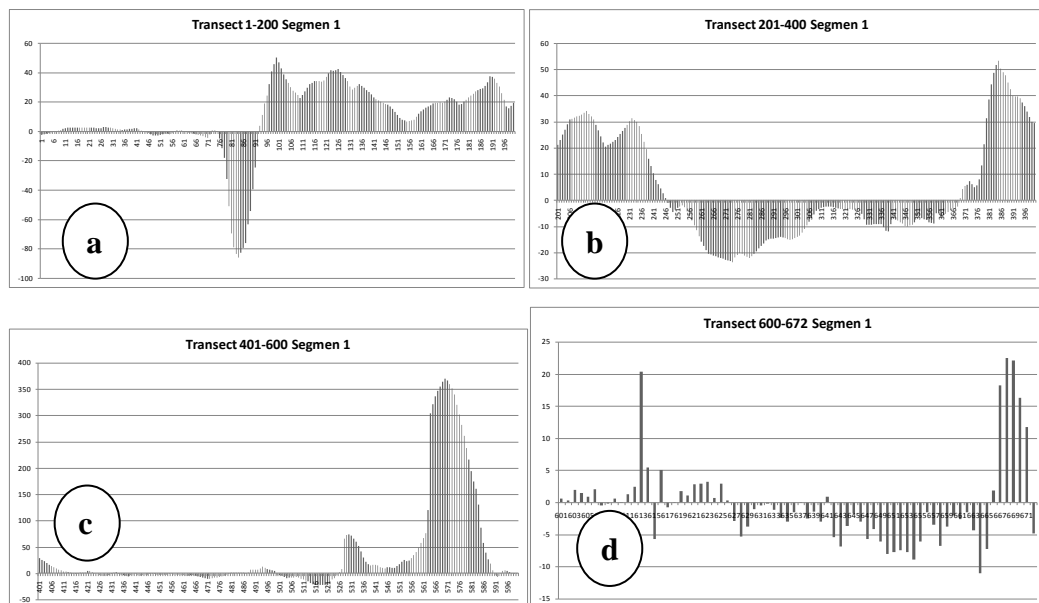
Gambar di atas juga menunjukkan kecenderungan perubahan abrasi rata-rata dari tahun 2000 hingga tahun 2009 yang cenderung landai menjadi curam pada periode 2009 hingga 2014. Apabila dilakukan pemisahan antara sebelum berubahnya morfologi Sungai Rokan yaitu periode tahun 2000 sampai tahun 2009, maka diperoleh bahwa laju perubahan luas rerata daerah yang mengalami abrasi adalah sebesar 53,10 ha/tahun. Sedangkan pada periode tahun 2009 hingga 2014 yaitu ketika leher meander Sungai Rokan telah berubah menjadi lurus perubahan luas daerah adalah sebesar 778,85 ha/tahun. Meningkat hingga 1367%(persen) dari laju perubahan awal. Akresi yang terjadi juga meningkat sangat signifikan dimana pada periode tahun 2000 hingga tahun 2009 laju

perubahan lahan rata-rata akresi adalah 248,58 ha/tahun dan pada periode 2009 hingga tahun 2014 adalah sebesar 3778,88 ha/tahun atau meningkat hingga 1420 persen.

Analisa Statistik Menggunakan Metode Linier Regression Rate (LRR)

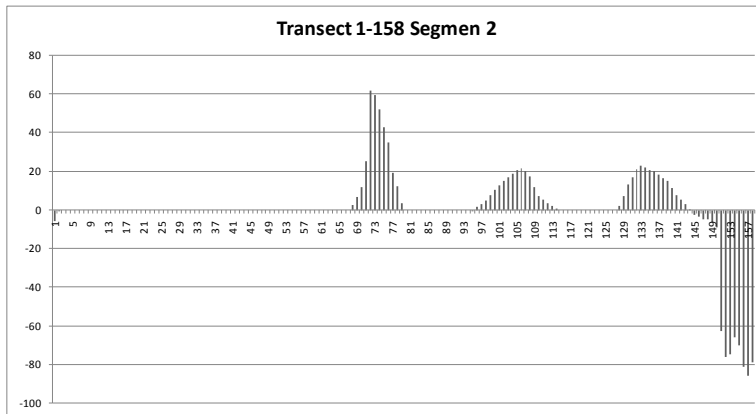
Setelah data garis pantai/*shoreline* dianalisa menggunakan metode statistik *Linier Regression Rate* (LRR) didalam perhitungan menggunakan *tool* DSAS 4.3, maka diperoleh tabel lengkap mengenai laju perubahan garis pantai dimana didalam tabel tersebut jika nilai LRR positif (+) maka terjadi akresi atau kemajuan garis pantai kearah laut, sebaliknya jika nilai LRR negatif (-) maka terjadi erosi atau kemunduran garis pantai kearah darat. Hasil statistik dari *tool* DSAS 4.3 dapat dilihat pada grafik dan tabel di bawah ini.

Segmen 1



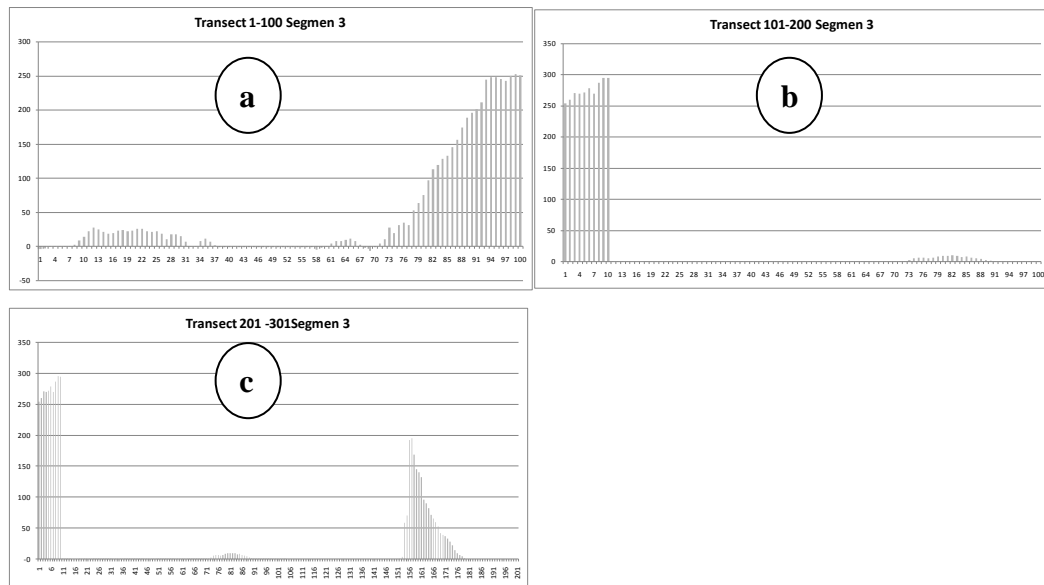
Gambar 5.34. Hasil statistik *LRR* (*Linier Regression Rate*) Segmen 1 (a) Transek 1-200; (b) Transek 201-400; (c) Transek 401-600; (d) Transek 601-672

Segmen 2



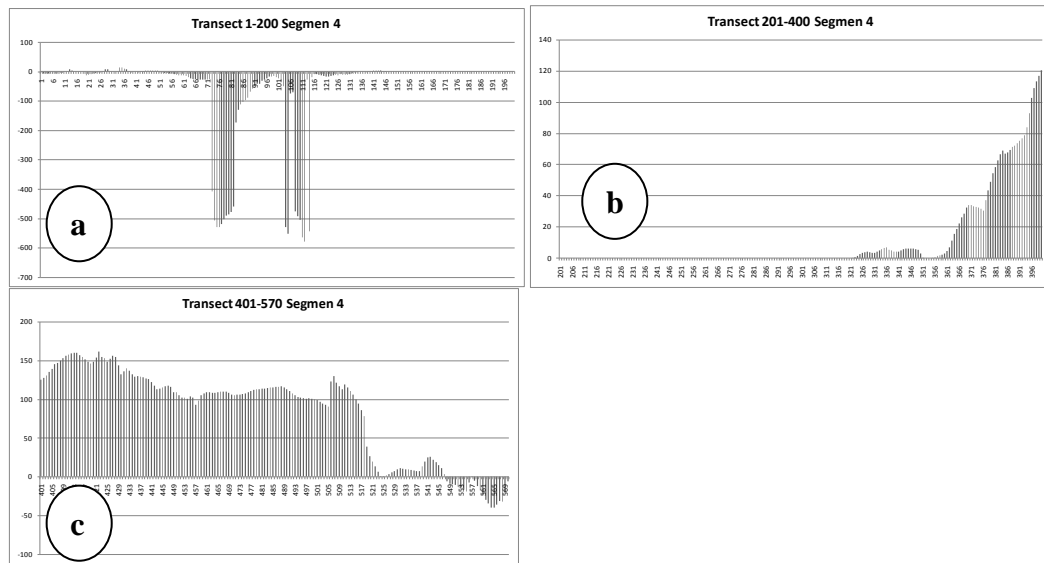
Gambar 5.35. Hasil statistik *LRR* (*Linier Regression Rate*) Transek 1-158
Segmen 2

Segmen 3



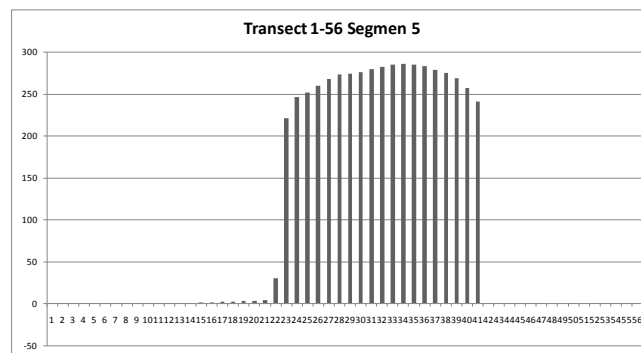
Gambar 5.36. Hasil statistik *LRR* (*Linier Regression Rate*) Segmen 3 (a) Transek
1-100; (b) Transek 101-200; (c) Transek 201-301

Segmen 4



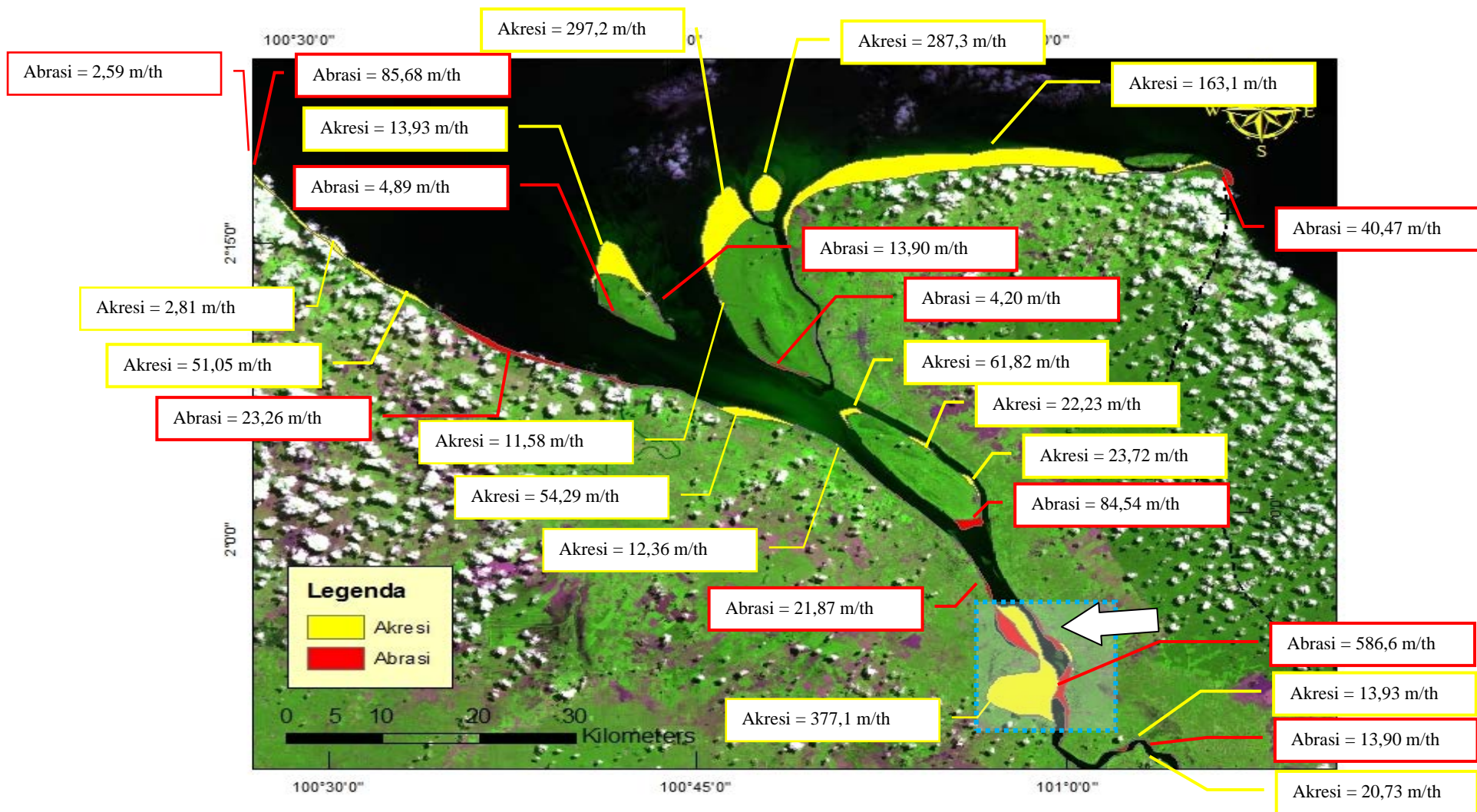
Gambar 5.37. Hasil statistik *LRR* (*Linier Regression Rate*) Segmen 4 (a) Transek 1-200; (b) Transek 201-400; (c) Transek 401-570

Segmen 5



Gambar 5.38. Hasil statistik *LRR* (*Linier Regression Rate*) Transek 1-158
Segmen 5

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa pada segmen 1 terdapat 11 lokasi yang mengalami abrasi dan akresi. Pada segmen ini akresi mendominasi laju perubahan garis pantai. Abrasi maksimum yang terjadi adalah 85,68 m/tahun yang terjadi di transek 84. Untuk lebih jelasnya lokasi dan besar nilai abrasi dan akresi dapat dilihat pada gambar berikut ini.

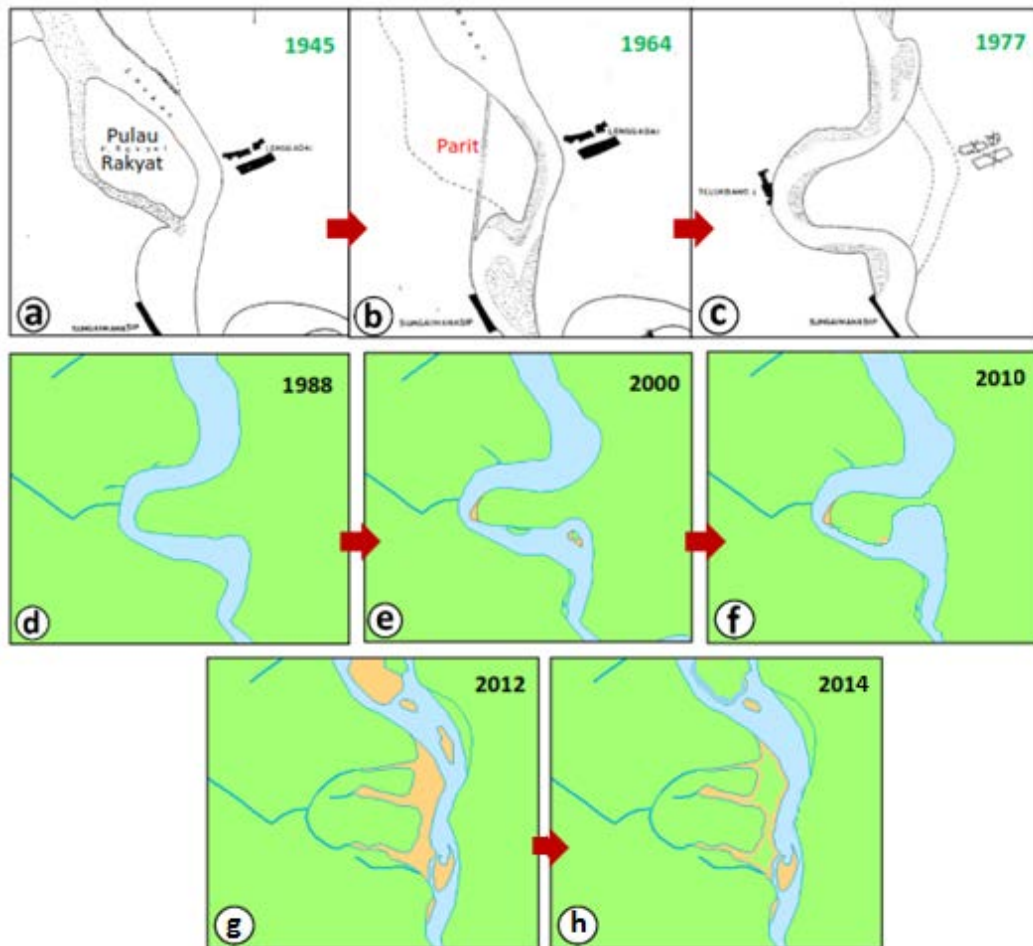


Gambar 5.39. Peta Lokasi Dan Laju Perubahan Garis Pantai Dan Muara

Gambar 5.39 di atas memperlihatkan bahwa pada 3 pulau terluar yaitu Pulau Halang, Pulau Barkey dan pulau Serusa telah mengalami laju perubahan yang sangat besar yaitu akresi masing-masing 13,93 m/tahun di Pulau Halang, 297,2 m/tahun dan pulau Serusa 287,3 m/tahun. Sedangkan pada Pulau Pedamaran akresi adalah sebesar 61,82 m/tahun. Jarak terjauh bentukan sedimentasi dari tahun 2000 hingga 2014 pada masing-masing pulau adalah 4555,97 meter menjorok ke laut (Selat Malaka) pada pulau Halang, pada Pulau Barkey adalah 5809,17 meter ke arah laut (selat Malaka), pada pulau Serusa adalah 5917,43 meter dan pada Pulau Pedamaran adalah 1101,1 meter.

Dari gambar diatas terdapat areal yang unik yaitu pada daerah yang diberi tanda panah putih. Pada daerah tersebut merupakan meander terakhir dari Sungai Rokan. Setelah dianalisis, daerah yang sebelumnya merupakan daerah rawan erosi, setelah berubah menjadi lurus, daerah tersebut berubah menjadi daerah yang rawan akresi. Berubahnya morfologi sungai Rokan tersebut merupakan upaya alami sungai mencapai kesetimbangan alam. Penelitianterdahulu yang dilakukan oleh Zaimuridin (dalam Khairunnisa, 2013), pada tahun 1945 didaerah ini bukan berupa leher meander melainkan berupa daerah yang dialiri air sungai dimana terdapat pulau yang terbentuk dari beting, masyarakat menyebutnya Pulau Rakyat. Akibat dari adanya sedimentasi di sisi barat Pulau Rakyat, akhirnya Pulau Rakyat yang memiliki luas 1.050 ha tersebut menyatu dengan daratan di sebelah baratnya. Karena dahulu jalur transportasi air merupakan jalur transportasi utama, pada tahun 1964 masyarakat memutuskan untuk membuat parit/terusan yang memotong bekas Pulau Rakyat untuk mempersingkat perjalanan mereka menggunakan perahu. Akibat adanya gelombang Bono, terusan yang dibuat tersebut justru terkikis dan terus melebar hingga membuat alur baru dan bentukan meander seperti yang terlihat pada tahun 1977. Sementara dari tahun 1988-2012 dimana bentukan sungai sudah merupakan meander, erosi besar terjadi di leher meander. Daerah ini menerima terjangan arus dari dua arah baik dari laut (Bono) dan dari hulu. Hal tersebut juga menjadi proses cut-off di leher meander. Pada tahun 2000 kondisi leher meander semakin menipis dibandingkan dengan tahun 1988. Pada tahun 2012 hingga tahun 2014 leher meander sudah habis terkikis hingga sungai membentuk alur baru (alur yang lurus). Alur sungai yang lama

berubah menjadi daratan karena sudah tidak lagi dilewati oleh air dan mengalami pengendapan sedimen. Hal ini memberikan pengaruh pada bertambahnya luasan sedimentasi di pantai yang berada di mulut muara Sungai Rokan. Gambar berikut ini memperlihatkan kondisi dari tahun 1945-2014 di Sungai Rokan yang mengalami perubahan morfologi.



Gambar 5.40. Perubahan Morfologi Sungai Rokan menuju kesetimbangan alami (a) Pulau Rakyat penuh sedimen; (b) Parit buatan oleh rakyat; (c-d) Alur baru akibat Bono dan abrasi; (e) Sungai mulai mengalami erosi/abrasi; (f) Leher meander hampir putus; (g) Mulai kembali ke morfologi awal; (h) perubahan karakteristik dari abrasi menjadi akresi. (Sumber: Khairunnisa, 2013 dan analisis data)

Dinamika Garis Pantai Kabupaten Rokan Hilir

Perubahan garis pantai yang terjadi di Kabupaten Rokan Hilir dimulai dari tahun 1945 hingga tahun 2014. Garis pantai yang berada di bagian utara telah

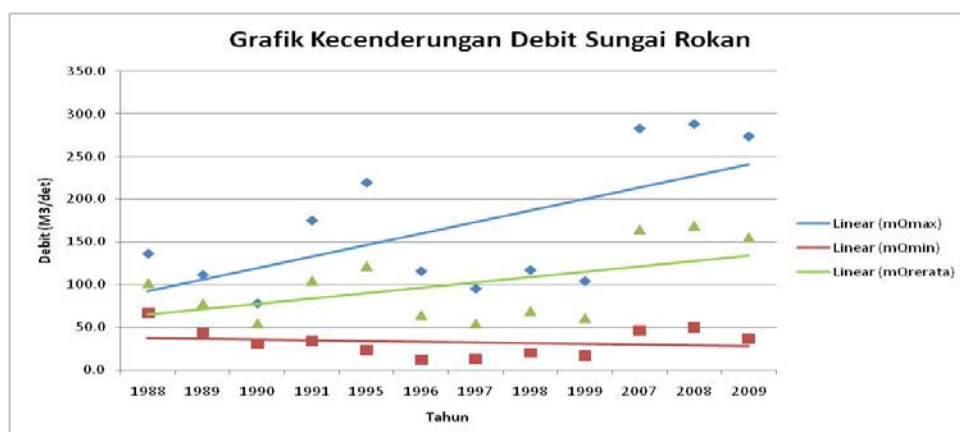
beberapa kali berubah untuk mendapatkan kesetimbangan aliran dan bentuk. Pantai di Kabupaten Rokan Hilir cenderung bertambah maju akibat tingginya sedimentasi yang dibawa oleh aliran Sungai Rokan. Posisi Sungai Rokan yang berada di tengah-tengah dan membelah wilayah administratif Kabupaten Rokan Hilir telah memberikan sumbangan sedimentasi yang besar terutama pada wilayah terluar. Kekhawatiran akan berkurangnya daratan yang mempengaruhi wilayah teritorial tidak menjadi hal utama karena tingginya penambahan daratan garis pantai, terutama pada Pulau Halang, Pulau Barkey dan pantai yang berada di Kecamatan Sinaboi sebagai batas terluar yang berada di Selat Malaka.

Energi aliran dan debit sungai yang sangat tinggi yang terlihat pada **Tabel 5.6** dan **Gambar 5.41** melampaui energi gelombang mengakibatkan aliran Sungai Rokan mengalami akresi yang sangat cepat dengan membuat kawasan baru yang menjorok ke arah laut hasil pengikisan. Kawasan akibat sedimentasi dengan salinitas yang tinggi merupakan ekosistem yang tepat untuk tumbuhan bakau (mangrove).

Tabel 5. 6. Debit Sungai Rokan ($m^3/detik$) pada Stasiun Pengukuran Batang Lubuh – Simpang Tangun, Rohul

Debit	1988	1989	1990	1991	1995	1996	1997	1998	1999	2007	2008	2009
mQ	91.18	65.66	47.78	67.08	61.68	42.48	40.03	49.71	37.65	98.53	108.26	102.84
mQ_{max}	136.5	111.7	78.4	175.2	219.4	116.0	95.6	117.4	104.3	282.6	287.8	273.5
mQ_{min}	66.7	43.5	30.5	33.6	23.6	12.1	12.8	20.1	16.9	46.3	49.8	36.8

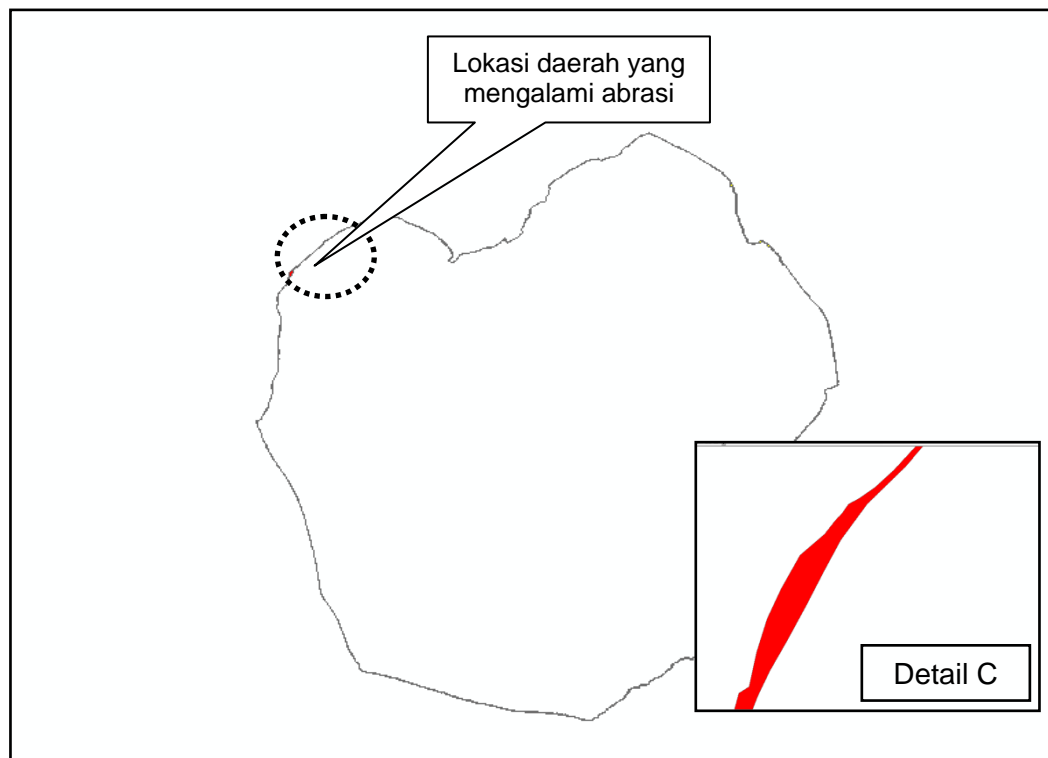
Sumber: Khairunnisa, 2013



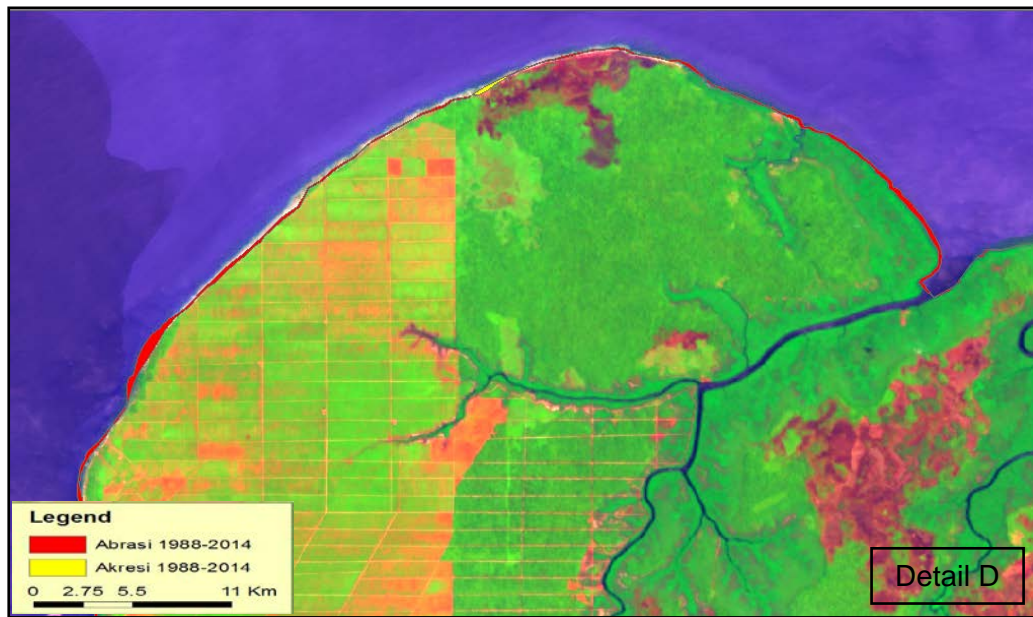
Gambar 5.41. Grafik Kecenderungan Debit Sungai Rokan dari tahun 1988-2009

5.4.4 Analisis Abrasi dan Akresi Pantai Pulau Rupa

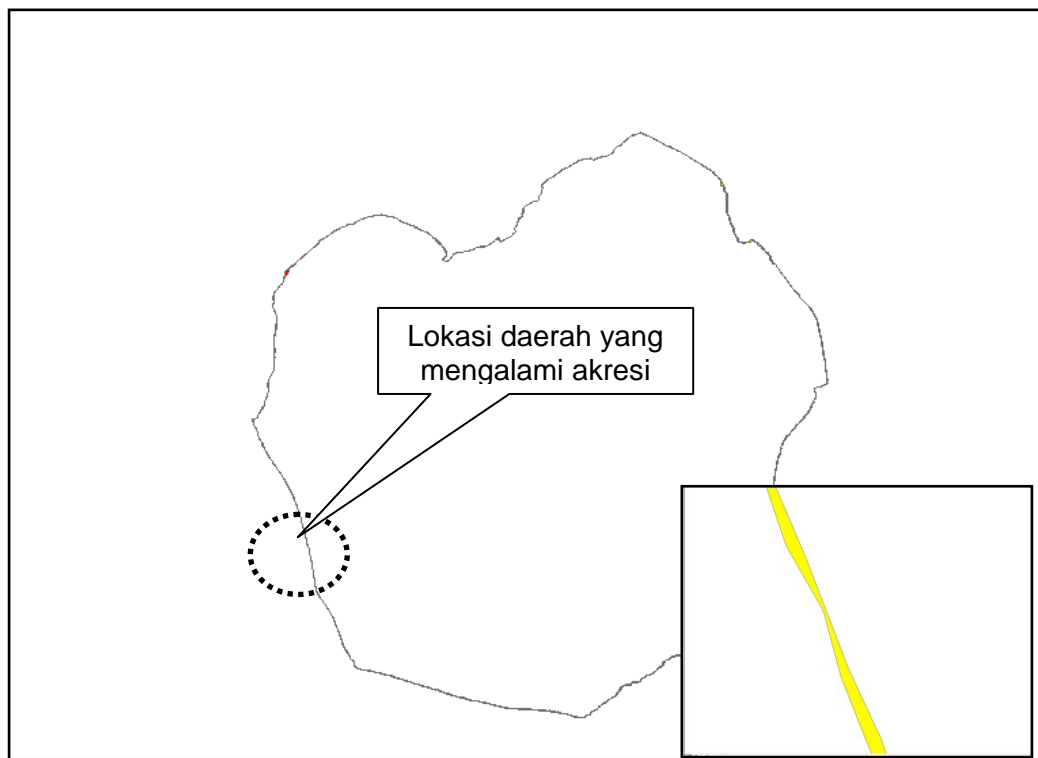
Dasar perhitungan menentukan area abrasi dan area akresi adalah dengan menggunakan data hasil digitasi perekaman data citra satelit landsat yang paling awal yaitu 5 Juli 1999 dan perekaman data citra satelit landsat yang paling akhir yaitu 24 Maret 2014. Luasan abrasi dan luasan akresi adalah berdasarkan garis batas dan polygon yang diambil dari tahun perekaman awal dan tahun perekaman akhir. Lokasi sepanjang pesisir pantai Pulau Rupa yang mengalami abrasi menyebabkan terjadinya keruntuhan pesisir pantai atau berkurangnya daratan seperti dapat dilihat pada **Gambar 4.42** dan **Gambar 4.43**. Lokasi sepanjang pesisir pantai Pulau Rupa yang mengalami akresi tidak lebih dari 10% dari keseluruhan pesisir pantai Pulau Rupa, dimana akresi mengakibatkan terjadinya sedimen yang lama kelamaan akan menambah luas daratan seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.19 dan Gambar 4.20. Besarnya luasan abrasi dan luasan akresi dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan 4.5.



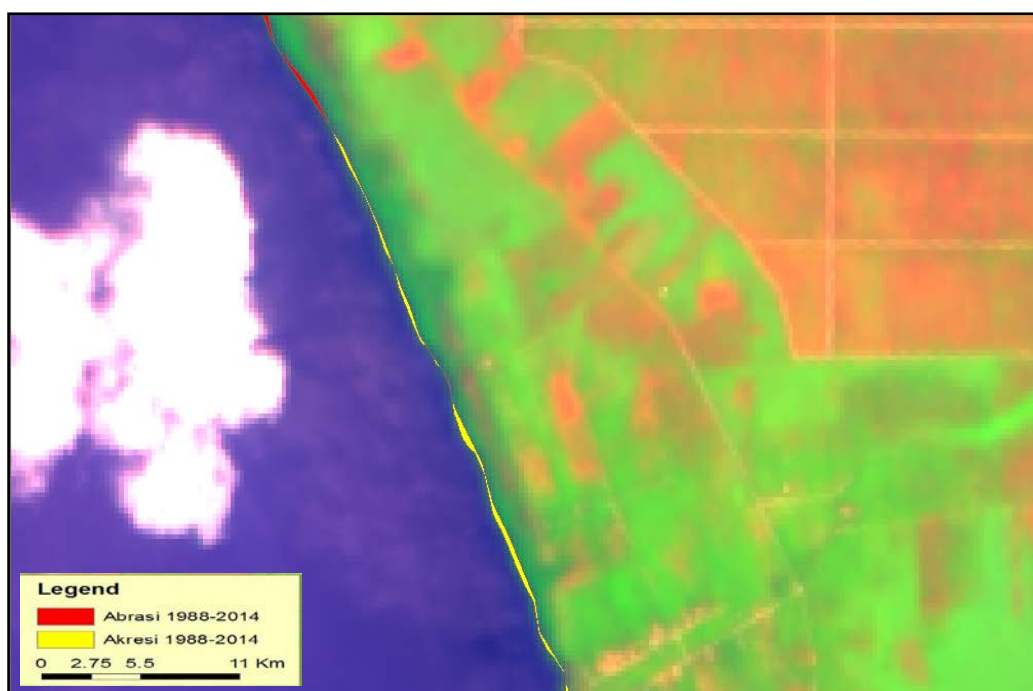
Gambar 5.42. Luasan abrasi pada pesisir pantai Pulau Rupa pada lokasi daerah detail C



Gambar 5.43. Daerah abrasi pada pesisir pantai Pulau Rupert pada lokasi daerah detail C



Gambar 5.44. Luasan akresi pada pesisir pantai Pulau Rupert pada lokasi daerah detail D



Gambar 5.45. Daerah akresi pada pesisir pantai Pulau Rupert pada lokasi daerah detail D

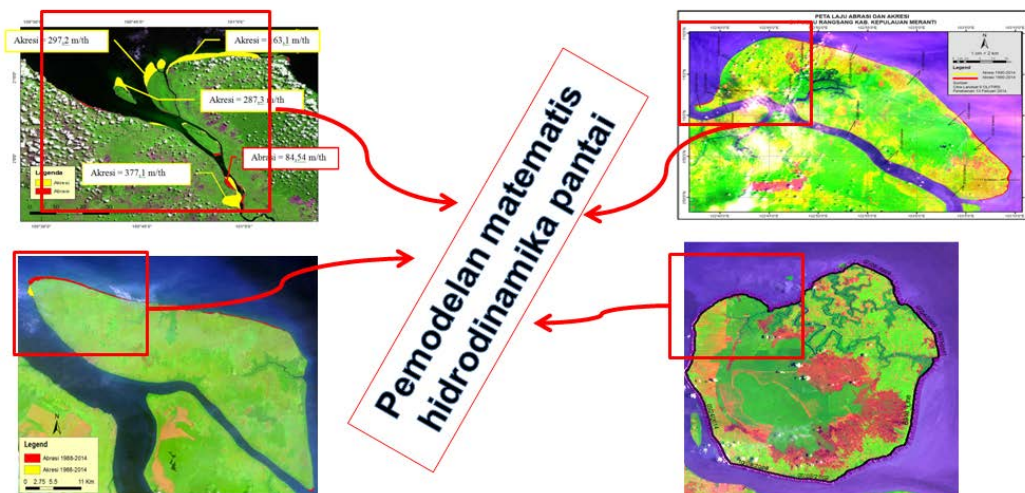
Hasil analisis laju perubahan garis pantai Pulau Rupert dengan menggunakan metode LRR diperoleh laju abrasi terbesar yaitu 10,72 m/tahun pada transek 268 yang berada di Desa Tanjung Samak, tingkat keakuratan perhitungan laju abrasi (LR2) yaitu 1 dan tingkat kesalahan perhitungan (LSE) yaitu 4,59%. Laju akresi terbesar yaitu 9,94 m/tahun pada transect 487 yang terletak di pantai Pasir Panjang Desa Tanjung Punak, tingkat keakuratan perhitungan laju akresi (LR2) yaitu 0,98 dan tingkat kesalahan perhitungan (LSE) sebesar 8,84%.

Hasil analisis laju perubahan garis pantai Pulau Rupert dengan menggunakan metode EPR diperoleh laju abrasi terbesar yaitu 10,77 m/tahun pada transek 268 yang berada di Desa Tanjung Samak. Laju akresi terbesar yaitu 10,22 m/tahun pada transect 487 yang terletak di pantai Pasir Panjang Desa Tanjung Punak.

BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

6.1 Pemodelan Numeris Perubahan Garis Pantai

Pemodelan numeris perubahan garis pantai direncanakan akan dilakukan mulai pada Tahun 2015 yang dilakukan pada tiap-tiap lokasi penelitian yang diidentifikasi sebagai pantai kritis hasil penelitian pada Tahun pertama. Lokasi penelitian untuk pemodelan numeris seperti ditunjukkan pada Gambar 6.1. berikut ini.



Gambar 6.1 Rencana lokasi penelitian untuk pemodelan numeris

6.2 Simulasi Alternatif Solusi Mitigasi

. Simulasi alternatif solusi untuk mitigasi perubahan garis pantai dilakukan setelah pemodelan numeris dilakukan. Model numeris dikalibrasi dengan menggunakan data satelit hasil penelitian pada tahun pertama. Setelah model terkalibrasi, selanjutnya model digunakan untuk simulasi berbagai alternatif bangunan pengaman pantai dalam rangka untuk memilih alternatif solusi permasalahan yang diidentifikasi hasil penelitian tahun pertama.

BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Sampai dengan akhir tahun pertama penelitian ini, telah dihasilkan beberapa kesimpulan sebagaimana diuraikan berikut ini.

1. Sebagian besar pantai utara Pulau Bengkalis mengalami abrasi dengan tingkat abrasi yang bervariasi. Secara keseluruhan, rata-rata laju abrasi yang terjadi dalam kurun waktu 26 tahun terakhir adalah sebesar 59 ha/tahun. Pantai utara Bengkalis bagian barat merupakan pantai yang mengalami abrasi paling parah, dengan laju abrasi sekitar 32.5 m/tahun.
2. Proses akresi terjadi hanya di sebagian kecil pantai Pulau Bengkalis, yaitu di bagian baratnya saja. Pada kurun waktu 26 tahun terakhir telah terjadi akresi dengan laju 16.5 ha/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa, pulau Bengkalis mengalami pengurangan luas daratan yang cukup besar yaitu rata-rata 42.5 ha/tahun.
3. Analisis laju abrasi dengan menggunakan pendekatan statistik *End Point Rate* dan *Linear Regression Rate* memberikan kecenderungan yang tidak jauh berbeda. Relatif kecil perbedaan yang terjadi menunjukkan bahwa metode LRR cenderung sedikit lebih *under estimate*.
4. Pulau Rangsang bagian utara dan timur mengalami perubahan yang menunjukkan terjadinya abrasi dengan tingkat abrasi yang bervariasi. Tingkat abrasi yang paling besar terjadi pada ujung pulau bagian barat dan timur yaitu pantai Tanjung Motong dan Pantau Tanjung Samak.
5. Dari hasil analisis areal abrasi dan akresi dalam kurun waktu 24 tahun (1990 sampai dengan 2014), Pulau Rangsang telah mengalami abrasi seluas 1.097,53 ha dengan laju abrasi rata-rata 46,37 ha/tahun dan akresi seluas 243,53 ha dengan laju akresi rata-rata 10,29 ha/tahun. Dengan demikian pengurangan wilayah daratan yang terjadi di Pulau Rangsang sebesar 854.00 ha atau rata-rata 37,67 ha/tahun.
6. Laju abrasi terbesar yang terjadi di Pulau Rangsang adalah 17,21 m/tahun, dan laju akresi terbesar adalah 8,21 m/tahun.

7. Di sepanjang pesisir pantai Pulau Rupa pada kurun waktu tahun 1999 – 2014 telah mengalami abrasi sebesar 536,82 ha dan mengalami akresi sebesar 51,14 ha. Artinya bahwa tingkat abrasi rata-rata di Pulau Rupa sebesar 35,79 ha/tahun dan tingkat akresi rata-rata sebesar 3,41 ha/tahun.
8. Hasil analisis laju perubahan garis pantai Pulau Rupa dengan menggunakan metode LRR diperoleh laju abrasi terbesar yaitu 10,72 m/tahun pada transek 268 yang berada di Desa Tanjung Samak, tingkat keakuratan perhitungan laju abrasi (LR2) yaitu 1 dan tingkat kesalahan perhitungan (LSE) yaitu 4,59%. Laju akresi terbesar yaitu 9,94 m/tahun pada transect 487 yang terletak di pantai Pasir Panjang Desa Tanjung Puna, tingkat keakuratan perhitungan laju akresi (LR2) yaitu 0,98 dan tingkat kesalahan perhitungan (LSE) sebesar 8,84%.
9. Hasil analisis laju perubahan garis pantai Pulau Rupa dengan menggunakan metode EPR diperoleh laju abrasi terbesar yaitu 10,77 m/tahun pada transek 268 yang berada di Desa Tanjung Samak. Laju akresi terbesar yaitu 10,22 m/tahun pada transect 487 yang terletak di pantai Pasir Panjang Desa Tanjung Puna.

7.2 Saran

Penelitian ini merupakan penelitian awal yang dilakukan untuk mengidentifikasi dan menginvestigasi kemungkinan terjadinya abrasi dan akresi pantai di Pulau Bengkalis, Pulau Rupa, Pulau Rangsang dan di Kabupaten Rokan Hilir. Hasil penelitian sementara menunjukkan bahwa di sepanjang pantai utara Bengkalis khususnya di sisi bagian barat telah terjadi abrasi dengan laju yang relatif cukup cepat. Di sepanjang pantai tersebut direkomendasikan untuk segera ditanggulangi agar kejadian abrasi tidak berlanjut di tahun-tahun berikutnya yang akan menyebabkan berkurangnya luas daratan Pulau Bengkalis.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) 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
- 2) Asmar H.M., dan Hereher M. E., 2010, *Change detection of the coastal zone east of the Nile Delta using remote sensing*, Environ Earth Sci, Springer, DOI 10.1007/s12665-010-0564-9.
- 3) Balas L., Inan A., Yilmaz E., 2011, *Modelling of sediment transport of Akyaka Beach*, Journal of Coastal Research, SI 64, 460 – 463, ICS2011 (Proceedings), ISSN 0749-0208, Poland
- 4) Chand P., dan 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*, INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOMATICS AND GEOSCIENCES, Volume 1, No 3, 2010, ISSN 0976 – 4380.
- 5) Dimke S. dan Frohle P., 2008, *Analysis of Potential Long Shore Sediment Transport at The Coast of Mecklemburg-Vorpommern*, Chinese-German Joint Symposium on Hydraulic and Ocean Engineering, August 24-30, 2008, Darmstadt
- 6) Ekphisutsuntorn P., Wongwiset P., Chinnarasri C., Humphries U., dan Vongvisessomjai S., 2010, *Numerical Modeling of Erosion for Muddy Coast at Bangkhuntien Shoreline, Thailand*, International Journal of Civil and Environmental Engineering 2:4.
- 7) Faisal Kasim, 2011, *Laju Perubahan Garis Pantai Menggunakan Modifikasi Teknik Single Transect (ST) dan Metode End-Point Rate (EPR): Studi Kasus Pantai Sebelah Utara Indramayu-Jawa barat*, Jurnal Ilmiah Agropolitan Volume 5 Nomor 1 April 2012, Gorontalo.
- 8) Faisal Kasim, 2012, *Pendekatan Beberapa Metode dalam Monitoring Perubahan Garis Pantai Menggunakan Dataset Penginderaan Jauh Landsat dan SIG*, Jurnal Ilmiah Agropolitan Volume 5 Nomor 1 April 2012, Gorontalo.
- 9) Fenster, M.S., Dolan, R., and Elder, J.F., 1993: "A new method for predicting shoreline positions from historical data", Journal of Coastal Research, 9 (1), pp 147–171
- 10) Hanson, H., Kraus N. C., and Nakashima, L. D. 1989. "Shoreline change Behind Transmissive, Detached Breakwaters," Proceedings Coastal Zone '89 Society of Civil Engineers, pp 568-582.
- 11) Patino J. C.P., 2010, *Impacts of Revetments & Seawalls in a Fetch Limited Coast*, MSc Thesis, Universitat Politecnica de Catalunya.
- 12) Sutikno, S., Kartini, D., 2004, *Pemodelan Numerik Perubahan Garis pantai dengan Metode Beda Hingga*, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian, Universitas Riau.
- 13) Sutikno, S., Murakami, K., Wijatmiko, I., 2009, *Evaluation of Service Area against Tsunami Hazard with Using Network Analysis on GIS*, Proceedings

- of Western Japan Society of Civil Engineer, March 7, 2009, Kyushu University, Japan.
- 14) Sutikno, S., Murakami, K., 2009, *GIS based temporal sheltering determination against tsunami hazard in Pacitan city, east Java*, Proceedings of Japan Society for Natural Disaster Science, September 29-30, 2009, Kyoto University, Japan.
 - 15) Sutikno, S., Murakami, K., Suharyanto, A., 2010a, *Evacuation Risks Analysis against Tsunami Hazard Base on Spatial and Network Analysis on GIS*, The 20th International Offshore and Polar Engineering Conference ISOPE-2010, June 20-26, Beijing, China.
 - 16) Sutikno, S., Murakami, K., Rinaldi, 2010b, *Evaluation of Tsunami Evacuation Risks in Padang City-Case Study on 2009 West Sumatera Earthquake-*, Annual Journal of JSCE in the Ocean, Japan.
 - 17) Sutikno, S., 2011, *Development of Simulation Model for Evaluating Tsunami Evacuation and its Application*, Doctoral Thesis, University of Miyazaki, Japan.
 - 18) Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L., and Ergul, Ayhan, 2009, Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0-An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278. *current version 4.3
 - 19) Van, T. T., Binh T. T, 2009, *Application of Remote Sensing for shoreline Change Detection in Cuu Long Estuary*, Vietnam National University Journal of Science, Earth Science, 25 (2009) 217-222. Ho Chi Minh City.
 - 20) Vinayaraj P., Glejin Johnson, G. Udhaba Dora, C. Sajiv Philip, V. Sanil Kumar, R. Gowthaman, 2011, *Quantitative Estimation of Coastal Changes along Selected Locations of Karnataka, India: A GIS and Remote Sensing Approach*, International Journal of Geosciences, 2011, 2, 385-393, doi:10.4236/ijg.2011.24041 Published Online November 2011 (<http://www.SciRP.org/journal/ijg>).

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Susunan organisasi tim peneliti dan pembagian tugas.

Lampiran 2. Biodata Ketua Peneliti dan Anggota Peneliti.

Lampiran 3. Publikasi Artikel Ilmiah.

Lampiran 1. Susunan organisasi tim peneliti dan pembagian tugas

No	Nama / NIDN	Instansi Asal	Bidang Ilmu	Alokasi Waktu (jam/minggu)	Uraian Tugas
1	Dr. Eng. Sigit Sutikno, ST., MT. NIDN 0016067402	Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau	Rekayasa hidroteknik dan <i>remote sensing</i>	16	<ol style="list-style-type: none"> 1) Mengkoordinasi pekerjaan pengumpulan data sekunder dan studi terdahulu. (Tahun ke-1, -2, -3) 2) Mengkoordinasi pelaksanaan survey lapangan. (Tahun ke-1, -2, -3) 3) Mengkompilasi data-data hasil survey lapangan. (Tahun ke-1, -2, -3) 4) Melakukan pengolahan data foto udara dengan Envi v4.5 (Tahun ke-1) 5) Melakukan analisis laju perubahan garis pantai dengan QuantumGIS (Tahun ke-1) 6) Menyusun kebijakan mitigasi bencana banjir (Tahun ke-2, -3)
2	Dr. Ir. Ferry Fatnanta, MT NIDN 0010076402	Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau	Geoteknik dan pemodelan pantai	13	<ol style="list-style-type: none"> 1) Melakukan pengumpulan data dan studi literatur. (Tahun ke-1, -2, -3) 2) Melakukan survey lapangan. (Tahun ke-1, -2, -3) 3) Melakukan pemodelan numerik perubahan garis pantai menggunakan GENESIS. (Tahun ke-2) 4) Menyusun kebijakan mitigasi perubahan garis pantai (Tahun ke-2, -3)

3	Arief Rahman Hakim, ST NIM 1210247025	Mahasiswa Magister Teknik Sipil	Konsentrasi Teknik Sumberdaya Air	15	Analisis Laju Perubahan Garis Pantai menggunakan metode statistik <i>End-Point Rate</i> (EPR) Studi kasus di Kabupaten Kepulauan Meranti. (Tahun ke-1)
4	Alison Jalsunta P, ST NIM 1210246993	Mahasiswa Magister Teknik Sipil	Konsentrasi Teknik Sumberdaya Air	15	Deteksi Perubahan Garis Pantai Pulau Bengkalis Provinsi Riau Menggunakan Penginderaan Jauh dan SIG (Tahun ke-1)
5	Sony Adiya Putra, ST NIM 1210247130	Mahasiswa Magister Teknik Sipil	Konsentrasi Teknik Sumberdaya Air	15	Analisis Laju Perubahan Garis Pantai menggunakan metode <i>Linier Regresion</i> (LRR) –Studi Kasus di Pulau Rupa, Provinsi Riau- (Tahun ke-1)
6	Ari Kusnadi, ST NIM 1210246928	Mahasiswa Magister Teknik Sipil	Konsentrasi Teknik Sumberdaya Air	15	Monitoring Perubahan Garis Pantai Menggunakan Penginderaan Jauh dan SIG: Studi Kasus Pantai Rokan Hilir Provinsi Riau. (Tahun ke-1)
7	Dwi Puspo Handoyo, ST NIM 1210247059	Mahasiswa Magister Teknik Sipil	Konsentrasi Teknik Sumberdaya Air	15	Simulasi numeris perubahan garis pantai Pulau Rangsang Kabupaten Kepulauan Meranti. (Tahun ke-2)
8	Jennervil Nazar, ST NIM 1210247970	Mahasiswa Magister Teknik Sipil	Konsentrasi Teknik Sumberdaya Air	15	Prediksi Perubahan Garis Pantai Pulau Rupa dengan Model Matematik (Tahun ke-2)

Lampiran 2. Biodata Ketua dan Anggota Peneliti

1. Ketua Peneliti

A. Identitas Diri

1	Nama lengkap dan gelar	Dr. Eng. Sigit Sutikno, ST., MT
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Jabatan Fungsional	Lektor
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	19740616 199903 1004
5	NIDN	0016067402
6	Tempat dan tanggal lahir	Gumawang OKU, 16 Juni 1974
7	Alamat e-mail	ssutiknoyk@yahoo.com
8	Nomor Telp/HP	081228322380
9	Alamat Kantor	Lab. Hidroteknik, Jurusan Teknik Sipil FT Universitas Riau Jln. HR Soebrantas Km 12.5 Pekanbaru
10	Nomor Telepon/Faks	0761-7047866
11	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1= 14 orang; S-2= - orang; S-3 – orang
12	Mata Kuliah yg Diampu	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metodologi Penelitian (S-1) 2. Metode Teknologi Konstruksi (S-1) 3. Pelabuhan (S-1) 4. Bangunan Air (S-1) 5. Aliran Air Tanah (S-1) 6. Metode Numerik Terapan (S-2) 7. Hidraulika Lanjut (S-2) 8. Hidrologi kualitatif dan kuantitatif (S-2) 9. Penginderaan Jauh bidang SDA (S-2)

B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Gadjah Mada Yogyakarta	Universitas Gadjah Mada Yogyakarta	University of Miyazaki, Japan
Bidang Ilmu	Teknik Sipil	Teknik Sipil Hidro	Natural disaster, tsunami evacuation
Tahun Masuk - Lulus	1992 - 1997	1998 - 2002	2008 - 2012
Judul Skripsi/Thesis / Disertasi	Studi Karakteristik SWS Brantas dengan Model ARSP	Pemodelan Numeris Elemen Hingga Persamaan Aliran Turbulen K-Epsilon	Development of Simulation Model for Evaluating Tsunami Evacuation and its Application
Nama Pembimbing / Promotor	Ir. Adham Pamudji Rahardjo, M.Sc., P.hD.	Ir. Adham Pamudji Rahardjo, M.Sc., P.hD.	Prof. Keisuke Murakami

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (juta Rp)

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (juta Rp)
1	2013	Tim Ahli Bappeda Provinsi Riau dalam Penyusunan Rencana Kegiatan Pembangunan Daerah Provinsi Riau	-	-
2	2011	Perencanaan shelter evakuasi dan jalur evakuasi partisipatif di Hosojima district, Hyuga city, Japan.	-	-
3	2010	Perencanaan shelter evakuasi dan jalur evakuasi partisipatif di Kota Pacitan, Jawa Tengah.	-	-

E. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume / Nomor / Tahun
1	Evaluation of Tsunami Evacuation Risks in Padang City -Case Study on 2009 West Sumatera Earthquake-	Annual Journal of Civil Engineering in the Ocean, Japan Society of Civil Engineer	Vol.26/ 2010
2	Study on Tsunami Evacuation Measure Considering Risks on Evacuation Network	Annual Journal of Civil Engineering in the Ocean, Japan Society of Civil Engineer	Vol.25/ 2009

F. Pemakalah Seminar Ilmiah (*Oral Presentation*) Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	International Sessions in Coastal Engineering Conference, JSCE	Application of Agent-Based Model for Evaluating Tsunami Evacuation Plan in Local Fishing Village	Juli 2011, Iwate, Japan
2	JSCE West Branch Annual Conference	Evaluation of Public Shelter Plan for tsunami Evacuation in Padang City after 2009 West Sumatera Earthquake	Maret 2011, Kitakyushu, Japan
3	The Twentieth International OFFSHORE AND POLAR ENGINEERING CONFERENCE	Evacuation Risks Analysis against Tsunami Hazard Base on Spatial and Network Analysis on GIS	Juni 2010 Beijing, China
4	Western Regional Division Report of Natural Disaster Research Council	Determination of Temporal Shelters Base on Analysis of Service Area in Padang City, Indonesia	Pebruari 2010 Fukuoka, Japan
5	Annual Conference of Civil Engineering in the Ocean, JSCE	Evaluation of Tsunami Evacuation Risks in Padang City -Case Study on 2009 West Sumatera Earthquake-	Juni 2010 Kagoshima, Japan
6	Annual Conference of Civil Engineering in the Ocean, JSCE	Study on Tsunami Evacuation Measure Considering Risks on Evacuation Network	Juni 2009 Yokohama, Japan
7	The 28th Symposium on Japan Society for Natural Disaster Science	GIS Based Temporal Sheltering Determination against Tsunami Hazard in Pacitan City, East Java	September 2009 Kyoto, Japan
8	JSCE West Branch Annual Meeting	Evaluation of Service Area against Tsunami Hazard with Using Network Analysis on GIS	Maret 2009 Fukuoka, Japan

G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1	Buku Ajar Teknik Drainase	2007	89	Pusat Pengembangan Pendidikan Universitas Riau

H. Perolehan HKI dalam 5–10 Tahun Terakhir

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
1	Perencanaan shelter evakuasi dan jalur evakuasi partisipatif di Hosojima district, Hyuga city, Japan.	2011	Hosojima district, Hyuga city, Japan	Antusias dan sangat mendukung
2	Perencanaan shelter evakuasi dan jalur evakuasi partisipatif di Kota Pacitan, Jawa Tengah.	2010	Kota Pacitan, Jawa Tengah.	Antusias dan sangat mendukung

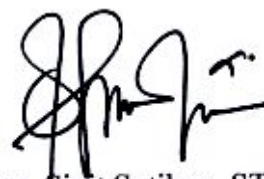
J. Penghargaan dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Dosen Terbaik III di Bidang Pembelajaran se-Universitas Riau	Universitas Riau	2007

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam Hibah Penelitian Tim Pascasarjana.

Pekanbaru, 10 November 2014

Pengusul,



(Dr. Eng. Sigit Sutikno, ST., MT)

NIP19740616 199903 1004

2. Anggota Peneliti

A. Identitas Diri

1	Nama lengkap dan gelar	Dr. Ferry Fatnanta, MT.
2	Jenis Kelamin	Laki-laki
3	Jabatan Fungsional	Lektor
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	19640710 199512 1 001
5	NIDN	0010076402
6	Tempat dan tanggal lahir	Sukoharjo/ 10 Juli 1964
7	Alamat e-mail	fatnanta5@yahoo.com
8	Nomor Telp/HP	08127648743
9	Alamat Kantor	Gedung Fakultas Teknik Kampus Binawidya Km 12,5 Universitas Riau Jl. HR Subrantas Panam Pekanbaru
10	Nomor Telepon/Faks	0761-7047866
11	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1= 22 orang; S-2= - orang; S-3 – orang
12	Mata Kuliah yg Diampu	1. Pelabuhan (S-1) 2. Mekanika Tanah 1 (S1) 3. Mekanika Tanah 2 (S1) 4. Teknik Pantai (S1) 5. Rekayasa Rawa Gambut (S2) 6. Perbaikan dan Perkuatan Tanah Lunak (S2) 7. Teknik dan Manajemen Pantai (S2)

B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya	Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya	Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya
Bidang Ilmu	Teknik Sipil-Konstruksi	Teknik Sipil/Geoteknik	Teknik Kelautan/Teknik Manajemen Pantai
Tahun Masuk - Lulus	1983 - 1989	1996 - 2000	2004 - 2009
Judul Skripsi/Thesis / Disertasi	Perencanaan Gedung Bertingkat dengan Balok Pratekan dan Atap Shell	Penerapan Test Konsolidasi Metoda <i>Constant Rate Rate Of Strain (CRS-Consolidation Test)</i> Pada Tanah Gambut Berserat	Kajian Perilaku Transmisi dan Stabilitas Pemecah Gelombang Kantong Pasir Tipe Tenggelam
Nama Pembimbing / Promotor	Ir. Affandi Shaleh	Ir. Noor Endah, M.Sc., P.hD.	Prof. Ir. Widi Agus Pratikto, M.Sc., Ph.D.

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (juta Rp)
1	2009	Respon Gelombang Terhadap Perubahan <i>Freeboard</i> dan Geometris Struktur Pemecah Gelombang	Dosen Muda (Lemlit Univ Riau)	7,5
2	2010	Karakter Gelombang Transmisi dan Stabilitas Susunan Kantong Pasir sebagai Pemecah Gelombang tipe Tenggelam (Ketua Peneliti)	Hibah Fundamental	25
3	2012	Permodelan Kapasitas Pondasi Tiang Tunggal Pada Tanah Lempung Lunak (Studi Kasus Tanah Sei. Pakning)	Penelitian Berbasis Lab (Lemlit Univ Riau)	6
4	2012	Kapal Fibreglas Sebagai Alternatif Pengganti Kapal kayu 3 Gross Tonnage (Ketua Peneliti)	MP3EI	167

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (juta Rp)
1.	2010	Saksi Ahli Kejaksaan Negeri Kabupaten Siak Kasus: Runtuhnya dinding penahan tanah di Mampura Siak	-	-
2.	2011	Saksi Ahli Kejaksaan Negeri Kabupaten Pelalawan Kasus: Islamic Center Pelalawan	-	-

E. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume / Nomor / Tahun
1	Karakteristik Stabilitas Pemecah Gelombang Kantong Pasir Tipe Tenggelam	Jurnal Makara Teknologi – Universitas Indonesia	Vol. 14 No. 2 November 2010. p.143-149
2	Perilaku Deformasi Pemecah Gelombang Kantong Pasir Tipe Tenggelam	Jurnal Teknik Sipil – ITB Bandung	Vol. 18 No. 2 Agustus 2011. p.171-180

F. Pemakalah Seminar Ilmiah (*Oral Presentation*) Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	Seminar Nasional dan Workshop: Perkembangan Teknik Pantai Indonesia Dalam Menghadapi Perubahan Iklim	Respon Gelombang Terhadap Perubahan Freeboard dan Geometris Pada Pemecah Gelombang Kantong Pasir	Denpasar Bali, 1-2 Nopember 2010
2	Proceeding of 7th Asian Pacific Conference on Transportation and Environment, Semarang, Indonesia	Local Correlation of Field Cone Penetrometer Test to Field California Bearing Ratio Test for Pekanbaru Soils	2010
3	Proceeding of Second International Conference on Geotechnique, Construction Material, and Environment, Kuala Lumpur, Malaysia, Geotechnique pp. 131-136	Effect Clays Fraction to California Bearing Ratio Laboratory Test Value With And Without Soaked	Kuala Lumpur, Malaysia, 2012
4	Seminar Nasional Ke-2 Hasil-hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan	Kapal Fibreglass Sebagai Alternatif Pengganti Kapal Kayu 3 Gross Tonnage (GT)	Semarang, 4 Oktober 2012

G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit

H. Perolehan HKI dalam 5–10 Tahun Terakhir

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

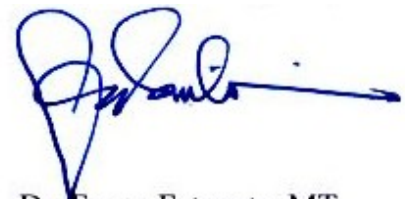
J. Penghargaan dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam Hibah Penelitian Tim Pascasarjana.

Pekanbaru, 10 November 2014

Pengusul,



Dr. Ferry Fatnanta, MT
NIP: 19640710 199512 1 001

Lampiran 3. Publikasi Artikel ilmiah



HIMPUNAN AHLI TEKNIK HIDRAULIK INDONESIA

Indonesian Association Of Hydraulic Engineers

Pengurus Pusat

No: 06/HATHI-Sumbar/PIT 31/VI/2014

Jakarta, 27 Juni 2014

Kepada Yth.
Pemakalah PIT XXXI HATHI
Sdr. Sigit Sutikno
Di-
Tempat

Perihal : Surat pemberitahuan hasil penilaian makalah.

Dengan hormat,

Berdasarkan hasil telaah makalah yang dilakukan pada tanggal 19 – 20 Juni 2014 bertempat di Hotel Ambhara, dengan ini kami informasikan bahwa makalah Saudara yang berjudul **“ANALISIS LAJU ABRASI PANTAI PULAU BENGKALIS DENGAN MENGGUNAKAN DATA SATELIT”** Dinyatakan diterima untuk dipresentasikan dan diterbitkan dalam buku kumpulan intisari serta dipublikasikan dalam prosiding.

Sehubungan dengan itu, kami mohon Saudara dapat :

1. Mempersiapkan bahan presentasi dalam bentuk power point dengan durasi maksimum 15 menit;
2. Mempersiapkan biodata penyaji;
3. Melunasi biaya seminar sebesar Rp. 1.000.000,- melalui BNI Cabang Melawai Raya atas nama Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI), nomor rekening 6123456777.

Bahan presentasi, biodata dan bukti pembayaran harus disampaikan kepada panitia melalui alamat Email: hathi_pusat@yahoo.com paling lambat tanggal 15 Juli 2014.

Atas partisipasi dan perhatian Saudara, kami ucapkan terimakasih.

Hormat Kami,

Ir. Imam Santoso, M.Sc.
Ketua VII
Bidang Pertemuan Ilmiah dan Seminar

Jakarta :
Gedung Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Lantai 8 Kementerian Pekerjaan Umum
Jl. Patimura No. 20 Kebayoran Baru, Jakarta Selatan 12100 Telp / Fax : 021 – 72792263, Email : hathi_pusat@yahoo.com

ANALISIS LAJU ABRASI PANTAI PULAU BENGKALIS DENGAN MENGGUNAKAN DATA SATELIT

Sigit Sutikno

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
ssutiknoyk@yahoo.com

Pemasukan: (kosongkan) Perbaikan: (kosongkan) Diterima: (kosongkan)

Intisari

Pantai Pulau Bengkalis yang terletak di wilayah Provinsi Riau merupakan pantai yang sangat rawan mengalami abrasi, karena merupakan pantai yang terbuka. Penelitian ini melakukan kajian seberapa besar laju abrasi dan sejauh mana perubahan garis pantai yang terjadi di Pulau Bengkalis dengan menggunakan data citra Landsat 26 tahun terakhir. Pengolahan data citra landsat terdiri atas kalibrasi geometrik, pemotongan citra, penajaman citra, dan digitasi, sehingga didapatkan posisi garis pantai untuk masing-masing tahun data. Perubahan garis pantai dari tahun ke tahun dianalisis dengan proses tumpang-susun data pada kurun waktu tersebut. Laju perubahan garis pantai dianalisis dengan pendekatan statistik *End-Point Rate* (EPR) dan *Linear Regression Rates* (LRR) dengan menggunakan alat bantu *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar pantai utara Pulau Bengkalis mengalami abrasi dengan tingkat abrasi yang bervariasi. Pantai utara Bengkalis bagian barat merupakan pantai yang mengalami abrasi paling parah, sedangkan bagian selatannya mengalami sedimentasi. Pada kurun waktu 26 tahun terakhir telah terjadi abrasi di Pulau Bengkalis dengan laju abrasi rata-rata 59 ha/tahun, dan laju sedimentasi 16.5 ha/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa, pulau Bengkalis mengalami pengurangan luas daratan yang cukup besar yaitu rata-rata 42.5 ha/tahun. Pantai-pantai kritis yang mengalami laju abrasi maksimum direkomendasikan untuk segera ditanggulangi agar kejadian abrasi tidak berlanjut di tahun-tahun berikutnya.

Kata Kunci: laju abrasi pantai, data satelit, DSAS

LATAR BELAKANG

Bengkalis merupakan salah satu Kabupaten di Propinsi Riau yang wilayahnya mencakup daratan bagian timur pulau Sumatera dan wilayah kepulauan, dengan luas 11.481,77 Km². Wilayah Kabupaten Bengkalis merupakan dataran rendah, dengan ketinggian bervariasi antara 0 - 6,1 meter di atas permukaan laut. Pulau Bengkalis memiliki peranan yang sangat penting karena merupakan pusat pemerintahan di Kabupaten Bengkalis. Sebagian besar jenis tanah di Pulau Bengkalis merupakan tanah organosol, yaitu jenis tanah yang banyak mengandung bahan organik. Pantai di Pulau

Bengkalis merupakan pantai yang sangat rawan mengalami abrasi, karena berhadapan langsung dengan lautan yang terbuka. Kondisi tersebut menyebabkan gelombang yang terjadi akibat bangkitan angin cukup besar yang potensial bisa menyebabkan abrasi pantai. Fenomena hidrodinamika pantai akibat dari adanya gelombang, arus, dan pasang surut air laut serta faktor-faktor lain memungkinkan terjadinya abrasi pantai Pulau Bengkalis dan sedimentasi di tempat-tempat tertentu. Fenomena ini jika terjadi dalam kurun waktu yang lama dan tanpa ada upaya penanggulangannya maka akan menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai. Monitoring kawasan pantai sangat penting bagi perlindungan lingkungan dan perencanaan pembangunan. Bagi kepentingan monitoring kawasan pantai, informasi perubahan garis pantai pada berbagai waktu berbeda merupakan pekerjaan mendasar (Alesheikh et al, 2007). Informasi perubahan garis pantai sangat penting dalam berbagai kajian pesisir, misalnya; rencana pengelolaan kawasan pesisir, pewilayahan bahaya, studi erosi-akresi, serta analisis dan pemodelan pantai (Chand & Acharya, 2010). Dengan menggunakan data historis foto udara beresolusi menengah, penelitian ini mengkaji laju abrasi pantai yang berada di Pulau Bengkalis wilayah Provinsi Riau.

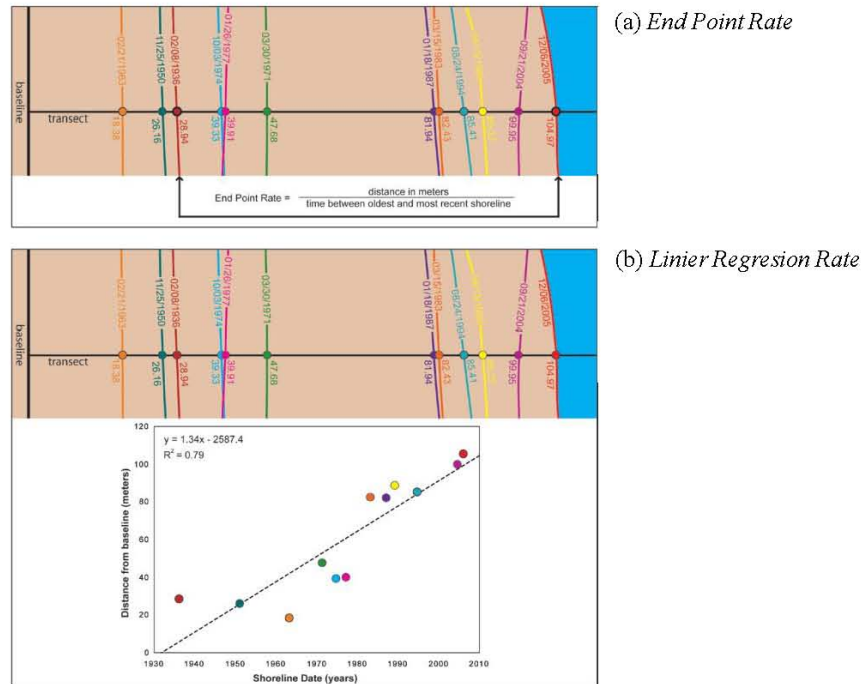
Data Satelit Untuk Analisis Abrasi Pantai

Analisis perubahan garis pantai untuk mengetahui tingkat abrasi yang terjadi membutuhkan data historis yang relatif cukup panjang karena proses abrasi biasanya berlangsung sangat lambat. Penggunaan dataset citra satelit saat ini sangat penting peranannya dalam penyediaan data untuk analisis dan monitoring kawasan pesisir pantai karena arsip data yang tersedia cukup lengkap dan beberapa produk bisa didapatkan secara gratis. Data Landsat TM (*Thematic Mapper*) dan ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*) yang mempunyai resolusi 15 m dan 30 m, merupakan dataset citra satelit yang bisa digunakan untuk analisis dan monitoring perubahan garis pantai (Van dan Binh, 2009; Alesheikh, dkk., 2007; Asmar dan Hereher, 2010). Pada dataset citra Landsat TM dan ETM, karakteristik air, vegetasi dan tanah dapat dengan mudah diinterpretasi menggunakan jenis band sinar tampak (*visible*) dan inframerah (*infrared*). Absorpsi gelombang infra merah oleh air dan reflektansi beberapa jenis panjang gelombang yang kuat terhadap jenis obyek vegetasi dan tanah menjadikan teknik kombinasi ini ideal dalam memetakan distribusi perubahan darat dan air yang diperlukan dalam pengekstraksian perubahan garis pantai (Faizal Kasim, 2012).

Analisis Perubahan Areal dan Posisi Garis Pantai

Monitoring dan analisis perubahan areal dan posisi garis pantai sangat bermanfaat dalam menyediakan informasi tentang daerah-daerah mana saja yang mengalami abrasi dan akresi pada kawasan pantai yang dianalisis. Analisis perubahan areal bisa dilakukan dengan sangat sederhana menggunakan teknik tumpang-susun (*overlay*) antar poligon daratan pantai pada pencatatan waktu yang berbeda. Dengan menggunakan metode ini, laju perubahan abrasi dan akresi pada suatu kawasan pantai bisa diperkirakan dalam satuan ha/tahun. Berbeda dengan jenis analisis perubahan areal, analisis perubahan posisi suatu garis pantai relatif lebih sulit. Dalam metode ini laju perubahan diekspresikan sebagai jarak posisi suatu garis pantai mengalami perpindahan atau kestabilan setiap tahun (Thieler, dkk., 2009). Beberapa pendekatan spasial statistik untuk penghitungan laju perubahan posisi garis pantai adalah metode *End Point Rate* (EPR) dan *Linier Regression Rate* (LRR).

Metode EPR menghitung laju perubahan garis pantai dengan membagi jarak antara garis pantai terlama dan garis pantai terkini dengan waktunya, seperti ditunjukkan pada Gambar 1a. Metode ini sangat sederhana karena bisa dilakukan hanya dengan menggunakan minimal dua garis pantai. Kelemahan metode ini pada kasus dimana jika ada tambahan data garis pantai pada tahun yang lain menjadi tidak bisa digunakan dalam pertimbangan analisis.



Gambar 1. Pendekatan statistik *End Point Rate* (EPR) dan *Linier Regression Rate* (LRR) untuk analisis laju perubahan garis pantai.

Analisis statistik tingkat perubahan dengan menggunakan regresi linear bisa ditentukan dengan menggunakan garis regresi least-square terhadap semua titik perpotongan garis pantai dengan transek, seperti ditunjukkan pada Gambar 1b. Garis regresi ditempatkan sedemikian sehingga jumlah kuadrat residunya minimal. Tingkat perubahan garis pantai bisa diperkirakan dengan menghitung kemiringan dari garis regresi tersebut. Pada metode ini, semua data perubahan garis pantai dipakai untuk analisis. Namun demikian, dibanding dengan metode-metode lain, analisis laju abrasi menggunakan metode LRR ini cenderung memberikan hasil yang lebih kecil (Genz, dkk., 2007).

METODOLOGI STUDI

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di sepanjang pantai Pulau Bengkalis. Pulau Bengkalis merupakan salah satu pulau di Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau. Pulau Bengkalis memiliki peranan yang sangat penting bagi Kabupaten Bengkalis karena sebagai pusat pemerintahan. Lokasi penelitian ini seperti disajikan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Lokasi penelitian yang berada di pantai Pulau Bengkalis.

Data Satelit yang Digunakan

Data satelit yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas 5 (lima) tahun data pencatatan, yaitu Landsat TM (*Thematic Mapper*) 1988, Landsat TM 2000, Landsat ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*) 2004, Landsat ETM+ 2010, dan Landsat ETM+ 2014. Landsat TM mempunyai resolusi 30 m, sedangkan Landsat ETM+ band 8 mempunyai resolusi 15 m. Spesifikasi data satelit yang digunakan pada penelitian ini seperti disajikan pada Tabel 1. Pemilihan tahun data tersebut didasarkan pada ketersediaan data dan kualitas data satelit yang dipilih.

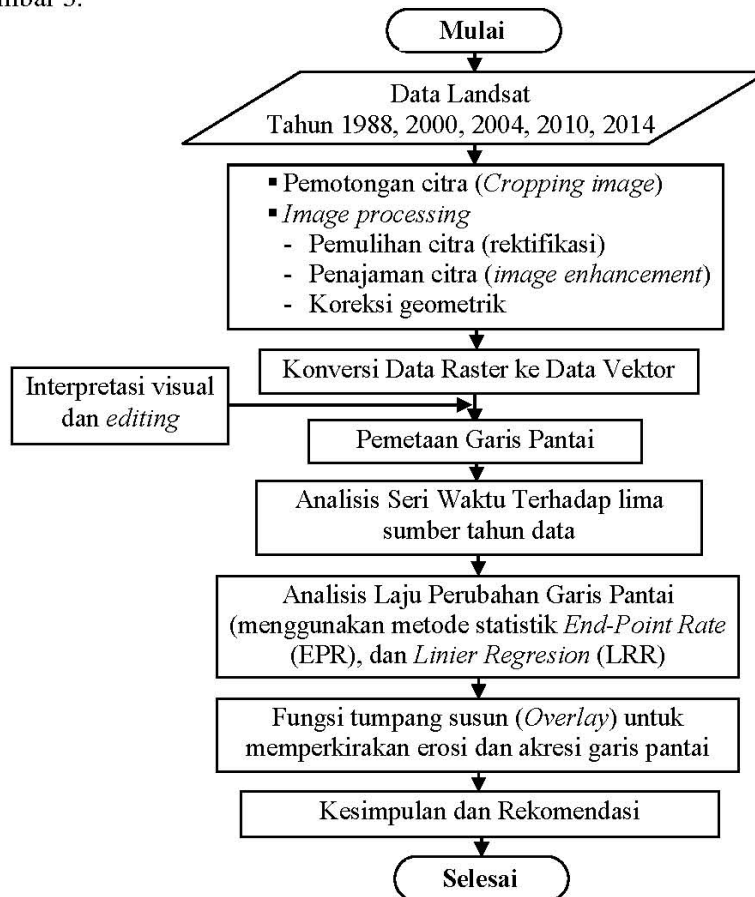
Tabel 1. Data satelit yang digunakan pada penelitian ini

Tahun Pengambilan Data	Satelit	Jenis Sensor	Resolusi
07/31/1988	Landsat 5	TM	30 m
03/10/2000	Landsat 5	TM	30 m
07/19/2004	Landsat 7	ETM+	15 m, 30 m
01/09/2010	Landsat 7	ETM+	15 m, 30 m
01/20/2014	Landsat 7	ETM+	15 m, 30 m

Metode Studi

Proses yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri atas 2 (dua) analisis, yaitu: analisis dan interpretasi data citra satelit (Landsat) untuk pemetaan perubahan garis pantai, dan analisis statistik untuk tingkat perubahan garis pantai selama 26 tahun terakhir. Analisis dan interpretasi data Landsat terdiri atas : pemotongan citra (*cropping image*), pemulihan citra, penajaman citra (*image enhancement*), koreksi geometrik, digitasi, dan tumpang-susun (*overlay*). Pemotongan citra (*cropping image*) dilakukan untuk mengambil fokus area penelitian dengan pertimbangan untuk penghematan memori penyimpanan dalam komputer. Pemulihan citra dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra satelit yang kurang baik akibat dari kerusakan pada satelit atau karena adanya gangguan atmosfer. Pemulihan citra dilakukan dengan melakukan koreksi *gapfill* dan

koreksi radiometrik. Penajaman citra (*image enhancement*) merupakan penggabungan band-band yang dibutuhkan untuk mempertegas antara batas darat dan air sehingga akan mempermudah proses digitasi garis pantai. Untuk Landsat-5 TM dan Landsat-7 ETM+ band-band yang digabungkan adalah band 2, band 4, dan band 5. Penggabungan band-band ini dilakukan dengan komposit band (*composite bands*) dengan urutan band 542. Koreksi geometrik pada citra Landsat merupakan upaya memperbaiki kesalahan perekaman secara geometrik agar citra yang dihasilkan mempunyai sistem koordinat dan skala yang seragam, dan dilakukan dengan cara translasi, rotasi, atau pergeseran skala. Data citra landsat yang didapatkan adalah data level 1 dalam format *geotiff* merupakan data citra landsat yang sudah terkoreksi geometriknnya sehingga tidak perlu dilakukan koreksi geometrik lagi. Sedangkan digitasi peta dilakukan untuk penggambaran garis batas antara darat dan air yang merupakan posisi garis pantai untuk tiap-tiap tahun data satelit yang dipilih. Dengan melakukan tumpang-susun antar garis pantai pada tahun data yang dipilih, maka areal abrasi dan akresi bisa diidentifikasi. Tahapan-tahapan analisis yang dilakukan dalam penelitian ini disajikan pada bagan alir Gambar 3.



Gambar 3. Bagan alir tahapan penelitian

Analisis statistik untuk mengetahui tingkat perubahan garis pantai atau tingkat abrasi pantai dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*). DSAS merupakan *free software* yang dikembangkan oleh *United*

States Geological Survey (USGS) (Thieler, dkk., 2009). Analisis dengan menggunakan DSAS terdiri atas tiga tahapan utama yaitu: membuat garis dasar sejajar garis pantai sebagai garis acuan (*baseline*), membuat garis transek tegak lurus dengan *baseline* yang membagi pias-pias garis pantai, dan menghitung tingkat perubahan garis pantai. Laju perubahan garis pantai dianalisis dengan pendekatan statistik *End-Point Rate (EPR)* dan *Linear Regression Rates (LRR)*.

HASIL STUDI DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Lokasi Abrasi dan Akresi Pantai

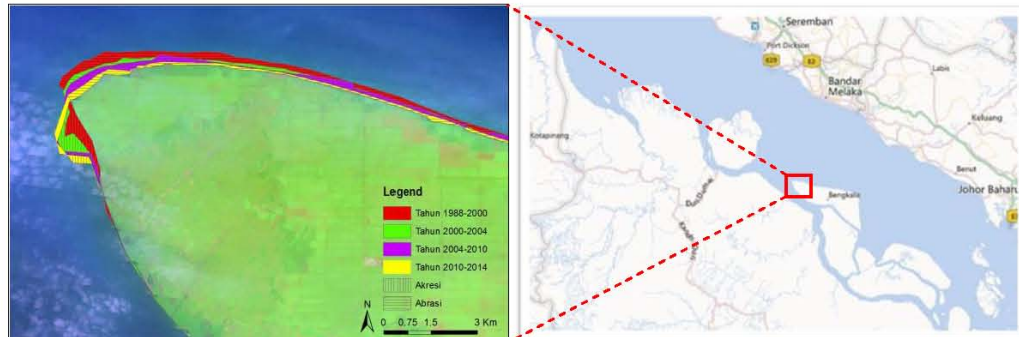
Identifikasi lokasi terjadinya abrasi dan akresi pantai dilakukan dengan menumpang-susunkan (*overlay*) garis pantai terlama dengan garis pantai terkini. Hasil tumpang-susun perubahan garis pantai 26 tahun terakhir, yaitu antara Tahun 1988 dan Tahun 2014 seperti disajikan pada Gambar 4. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4, sebagian besar pantai Pulau Bengkalis bagian utara mengalami perubahan yang menunjukkan terjadinya abrasi dengan tingkat abrasi yang bervariasi. Tingkat abrasi yang paling besar terjadi pada ujung pulau bagian barat. Abrasi pantai juga terjadi di ujung pulau bagian selatan. Pada kurun waktu tersebut, pantai Pulau Bengkalis juga mengalami akresi atau sedimentasi. Proses akresi terjadi pada sisi selatan Pantai Bengkalis bagian barat.



Gambar 4. Pantai Pulau Bengkalis yang mengalami abrasi dan akresi pada kurun waktu tahun 1988 - 2014

Pada Gambar 5. disajikan historis perubahan garis pantai Pulau Bengkalis bagian barat pada tahun 1988, 2000, 2004, 2010, dan 2014. Sedangkan pada Tabel 2. disajikan luasan area yang mengalami abrasi dan akresi pada interval tahun-tahun tersebut. Seperti ditunjukkan pada Tabel 2, luasan area Pantai Pulau Bengkalis yang mengalami abrasi rata-rata per tahun mengalami peningkatan dengan rata-rata 26 tahun terakhir adalah 59.02 ha/tahun. Sedangkan tingkat akresi yang terjadi relatif cukup konstan dengan rata-rata 26 tahun terakhir adalah 16.45 ha/tahun. Pada kurun waktu dari tahun 2000 hingga 2004 terjadi laju akresi yang paling besar, yaitu 35.31 ha/tahun. Dari

analisis ini juga didapatkan bahwa, pada kurun waktu 26 tahun terakhir Pantai Pulau Bengkalis telah mengalami abrasi seluas 1,504.93 ha dan terjadi akresi seluas 419.39. Dengan demikian pengurangan wilayah daratan yang terjadi di Pulau Bengkalis sebesar 1,085.54 ha atau rata-rata 42.57 ha/tahun.



Gambar 5. Pantai Pulau Bengkalis bagian Barat yang mengalami laju abrasi dan akresi paling tinggi pada kurun waktu tahun 1988 – 2014

Tabel 2. Laju abrasi dan akresi pantai Pulau Bengkalis Tahun 1988 - 2014

Periode	Abrasi		Akresi	
	Luas (ha)	Rata-rata (ha/tahun)	Luas (ha)	Rata-rata (ha/tahun)
Juli 1988 - Maret 2000	543.16	46.56	136.52	11.70
Maret 2000 – Juli 2004	187.86	43.35	153.00	35.31
Juli 2004 – Jan 2010	399.66	72.67	68.57	12.47
Jan 2010 – Jan 2014	374.24	93.56	61.29	15.32
Rata-rata		59.02		16.45
Jumlah	1 504.93		419.39	

Pada Gambar 6. ditunjukkan foto pantai Pulau Bengkalis bagian barat, tepatnya di Desa Meskom diambil tahun 2009 yang mengalami abrasi sangat parah. Pantai Pulau Bengkalis bagian utara yang mayoritas tanahnya merupakan tanah gambut sangat mudah mengalami abrasi terutama yang tidak terlindung oleh pohon mangrove. Abrasi ini kecenderungannya akan terus berlanjut jika tidak dilakukan penanganan secara struktural.

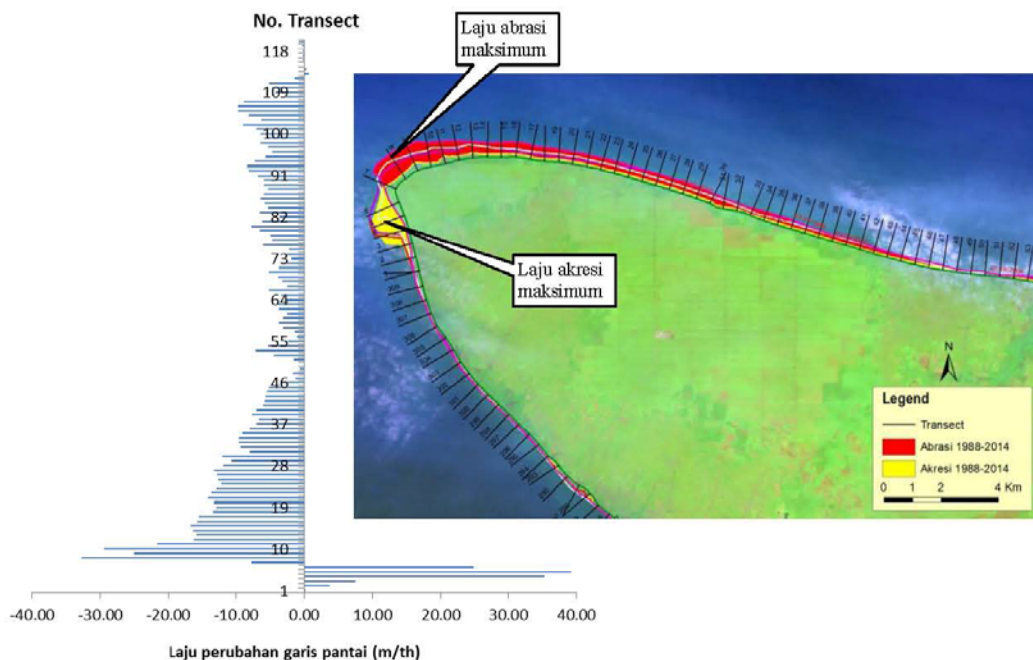


Gambar 6. Kondisi Pantai Pulau Bengkalis bagian Barat (Desa Meskom) Tahun 2009

Laju Abrasi dan Akresi Pantai

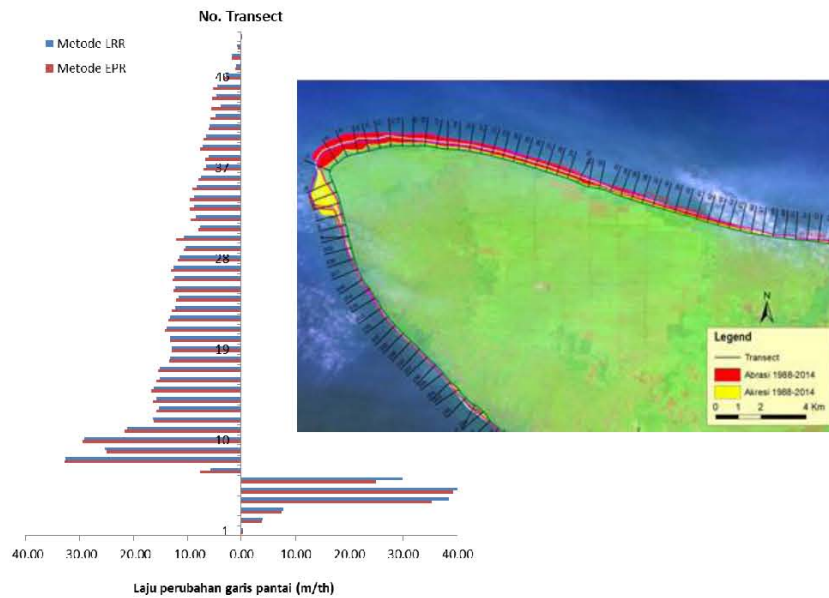
Dalam rangka untuk mengetahui laju abrasi dan laju akresi pantai yang lebih detail, maka dilakukan analisis lebih lanjut dengan menggunakan perangkat lunak DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*). Analisis dilakukan terhadap perubahan garis pantai untuk lima tahun data pencatatan, yaitu tahun 1988, 2000, 2004, 2010, dan 2014. Sebagai referensi terhadap perubahan garis pantai untuk masing-masing tahun tersebut, dibuat garis dasar (*baseline*) yang sejajar dengan garis pantai. Selanjutnya dibuat garis transek (*transect*) yang tegak lurus dengan garis dasar untuk membagi pias-pias garis pantai dengan interval tiap 500 m. Laju perubahan garis pantai dianalisis dengan pendekatan statistik *End-Point Rate* (EPR) dan *Linear Regression Rates* (LRR).

Pada Gambar 7. disajikan hasil analisis perubahan garis pantai Pulau Bengkalis bagian utara dengan metode EPR, sedangkan pada Gambar 8. disajikan perbandingan hasil analisis perubahan garis pantai antara metode EPR dan metode LRR. Hasil analisis menunjukkan bahwa laju abrasi yang paling maksimum terjadi di Pantai Utara Bengkalis bagian barat, yaitu di sekitar transek no 8 seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Laju abrasi yang terjadi di lokasi tersebut adalah 32.75 m/th berdasar metode EPR dan 32.53 berdasar metode LRR. Laju abrasi yang terjadi semakin ke timur kecenderungannya semakin mengecil kemudian sedikit membesar kembali di ujung timur Pulau Bengkalis. Tidak seperti proses abrasi yang terjadi di sepanjang pantai utara Pulau Bengkalis dengan laju abrasi yang bervariasi, proses akresi pantai hanya terjadi di ujung barat pantai Pulau Bengkalis, dengan panjang pantai yang mengalami akresi kurang lebih 3 km. Laju akresi yang terbesar terjadi di sekitar transek nomor 5, yaitu 39.21 m/tahun berdasar metode EPR dan 44.52 m/tahun berdasar metode LRR.



Gambar 7. Laju perubahan garis pantai Pulau Bengkalis bagian utara Metode EPR

Secara umum hasil perhitungan laju perubahan garis pantai baik menggunakan metode EPR maupun metode LRR tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Perbedaan yang terjadi menunjukkan bahwa metode LRR cenderung sedikit lebih *under estimate*. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Genz, dkk., (2007).



Gambar 8. Perbandingan hasil analisis laju perubahan garis pantai dengan metode EPR dan LRR

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan

Penelitian tentang analisis laju abrasi pantai Pulau Bengkalis dengan menggunakan data satelit ini menghasilkan kesimpulan sebagaimana diuraikan berikut ini.

1. Sebagian besar pantai utara Pulau Bengkalis mengalami abrasi dengan tingkat abrasi yang bervariasi. Secara keseluruhan, rata-rata laju abrasi yang terjadi dalam kurun waktu 26 tahun terakhir adalah sebesar 59 ha/tahun. Pantai utara Bengkalis bagian barat merupakan pantai yang mengalami abrasi paling parah, dengan laju abrasi sekitar 32.5 m/tahun.
2. Proses akresi terjadi hanya di sebagian kecil pantai Pulau Bengkalis, yaitu di bagian baratnya saja. Pada kurun waktu 26 tahun terakhir telah terjadi akresi dengan laju 16.5 ha/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa, pulau Bengkalis mengalami pengurangan luas daratan yang cukup besar yaitu rata-rata 42.5 ha/tahun.
3. Analisis laju abrasi dengan menggunakan pendekatan statistik *End Point Rate* dan *Linear Regression Rate* memberikan kecenderungan yang tidak jauh berbeda. Relatif

kecil perbedaan yang terjadi menunjukkan bahwa metode LRR cenderung sedikit lebih *under estimate*.

Rekomendasi

Penelitian ini merupakan penelitian awal yang dilakukan untuk mengidentifikasi dan menginvestigasi kemungkinan terjadinya abrasi pantai di Pulau Bengkalis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di sepanjang pantai utara Bengkalis khususnya di sisi bagian barat telah terjadi abrasi dengan laju yang relatif cukup cepat. Di sepanjang pantai tersebut direkomendasikan untuk segera ditanggulangi agar kejadian abrasi tidak berlanjut di tahun-tahun berikutnya yang akan menyebabkan berkurangnya luas daratan Pulau Bengkalis.

REFERENSI

- 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
- Asmar H.M., dan Hereher M. E., 2010, *Change detection of the coastal zone east of the Nile Delta using remote sensing*, Environ Earth Sci, Springer, DOI 10.1007/s12665-010-0564-9.
- Chand P., dan 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*, INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOMATICS AND GEOSCIENCES, Volume 1, No 3, 2010, ISSN 0976 – 4380.
- Faizal Kasim, 2012, Pendekatan Beberapa Metode dalam Monitoring Perubahan Garis Pantai Menggunakan Dataset Penginderaan Jauh Landsat dan SIG, *Jurnal Ilmiah Agropolitan*, Volume 5 Nomor 1 April 2012, ISSN 2089-0036.
- Genz, A.S., Fletcher, C.H., Dunn, R.A., Frazer, L.N., and Rooney, J.J., 2007, The predictive accuracy of shoreline change rate methods and alongshore beach variation on Maui, Hawaii: *Journal of Coastal Research*, v. 23, n. 1, pp. 87-105.
- Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L., and Ergul, Ayhan, 2009, *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0-An ArcGIS extension for calculating shoreline change*: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278. *current version 4.3
- Van, T. T., Binh T. T., 2009, *Application of Remote Sensing for shoreline Change Detection in Cuu Long Estuary*, Vietnam National University Journal of Science, Earth Science, 25 (2009) 217-222. Ho Chi Minh City.