

PERUBAHAN GARIS PANTAI DENGAN CITRA SATELIT DI KABUPATEN GIANYAR

Putu Aryastana¹⁾, I Gusti Agung Putu Eryani¹⁾, Kadek Windy Candrayana²⁾

1) Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Warmadewa

2) Mahasiswa Magister Teknik Sipil Program Pasca Sarjana Universitas Udayana

ABSTRAK

Perkembangan teknologi yang cukup cepat membuat arah studi monitoring dan analisa perubahan garis pantai lebih banyak menggunakan citra satelit penginderaan jauh. Pemanfaatan citra satelit dalam monitoring dan analisa perubahan garis pantai sudah banyak dilakukan, antara lain: Landsat, Quickbird, Allos dan IKONOS. Pada penelitian ini dilakukan analisa terhadap perubahan garis pantai dan laju erosi dengan dengan membandingkan 2 (dua) buah citra satelit yaitu data citra satelit SPOT 5 pada tahun 2009 memiliki resolusi spasial 10 m (multispectral) dan SPOT 6/SPOT 7 pada tahun 2015 yang memiliki resolusi hingga 1.5 m yang nantinya akan dilakukan koreksi dengan hasil pengamatan lapangan untuk kawasan pantai di Kabupaten Gianyar. Penelitian ini memberikan kontribusi kepada pemerintah daerah dan pemerintah pusat sebagai data dasar (data base) dalam pengambilan keputusan untuk penanganan kawasan pantai. Hasil analisa menunjukkan bahwa rata-rata perubahan garis pantai yang terjadi di Kabupaten Gianyar berdasarkan citra satelit SPOT tahun 2009 dan 2015 adalah sebesar 22.441 m. Rata-rata laju erosi pantai yang terjadi di Kabupaten Gianyar berdasarkan citra satelit SPOT tahun 2009 dan 2015 adalah sebesar 3.202 m/tahun..

Kata kunci: garis pantai, SPOT, citra satelit

1 PENDAHULUAN

Garis pantai didefinisikan sebagai batas antara darat dan permukaan air. Pada proses dinamis ada beberapa faktor yang mempengaruhi perubahan garis pantai, yaitu hidrologi, geologi, iklim dan vegetasi. Oleh karena itu perlu dilakukan pembaharuan terhadap peta perubahan garis pantai yang dilakukan secara terus-menerus. Pembaharuan ini diperlukan untuk mengetahui faktor pendorong dan informasi manajemen sumber daya pantai, perlindungan lingkungan pantai dan juga untuk perencanaan pengembangan yang berkelanjutan pada kawasan pantai (Guariglia, et al., 2006).

Pemetaan garis pantai dapat dilakukan dengan pengukuran lapangan secara langsung, analisa foto udara dan analisa pengideraan jauh atau citra satelit (Guariglia, et al., 2006). Perkembangan pemanfaatan citra satelit dalam analisa perubahan garis pantai sudah banyak digunakan. Citra satelit Quickbird tahun 2006 digunakan untuk menentukan perubahan garis pantai di Pantai Utara Semarang yang dipadukan dengan peta topografi tahun 1938 (Sudarsono, 2011). Parman, 2010 mendeteksi perubahan garis pantai di Pantai Utara Semarang Demak menggunakan citra satelit Landsat tahun 1998 dan citra Allos tahun 2006 dengan tingkat akurasi 93%. Muryani, 2010 menggabungkan data foto udara pankromatik tahun 1981, peta rupa bumi tahun 2000, citra satelit IKONOS tahun 2005 dan survey lapangan tahun 2009 untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan, perubahan garis pantai, serta dampak perubahan garis pantai terhadap kehidupan sosial masyarakat di sekitar muara Sungai Rejoso Kabupaten Pasuruan. Penggunaan data satelit Landsat (sensor MSS, TM dan ETM+) secara temporal dapat membantu untuk menganalisis perubahan tutupan lahan dan perubahan panjang pantai, abrasi dan akresi (Arief, Winarso, & Prayogo, 2011).

Pemanfaatan citra satelit Landsat juga dapat dipergunakan untuk melakukan monitoring perubahan garis pantai (Kasim, 2012).

Kabupaten Gianyar memiliki panjang pantai sekitar 20 km (Anonim, 2013), belum memiliki data perubahan garis pantai. Untuk mendapatkan data perubahan garis pantai dapat dilakukan dengan melakukan pengukuran secara periodik setiap tahunnya, namun hal ini memerlukan biaya yang cukup besar. Salah satu alternative untuk mengetahui perubahan garis pantai di Kabupaten Gianyar adalah dengan menggunakan citra satelit.

Penggunaan data citra satelit untuk monitoring perubahan garis pantai memiliki beberapa keuntungan, yaitu mampu memonitor cakupan wilayah yang luas (Kasim, 2012), mengurangi biaya jika dibandingkan dengan menggunakan pengukuran langsung, memerlukan waktu yang lebih pendek dalam menganalisa jika dibandingkan dengan pengukuran lapangan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan garis pantai dan rata-rata laju erosi di Kabupaten Gianyar berdasarkan citra satelit. Penelitian ini memberikan kontribusi kepada pemerintah daerah dan pemerintah pusat sebagai data dasar (data base) dalam pengambilan keputusan untuk penanganan kawasan pantai. Hasil analisa menunjukkan bahwa rata-rata perubahan garis pantai yang terjadi di Kabupaten Gianyar.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pantai dan Garis Pantai

Pantai adalah sebuah bentuk geografis yang terdiri dari pasir, dan terdapat di daerah pesisir. Daerah pantai menjadi batas antara daratan dan perairan laut. Panjang garis pantai ini diukur mengelilingi seluruh pantai yang merupakan daerah teritorial suatu negara. Kawasan Pantai merupakan suatu kawasan yang sangat dinamik terhadap perubahan, begitu pula dengan perubahan

garis pantainya. Perubahan garis pantai pantai adalah suatu proses tanpa henti (terus-menerus) melalui berbagai proses alam di pantai yang meliputi pergerakan sedimen, arus susur pantai (longshore current), tindakan ombak dan penggunaan lahan (Arief, Winarso, & Prayogo, 2011).

Garis pantai merupakan pertemuan antara pantai (daratan) dan air (lautan). Suatu tinggi muka air tertentu dipilih untuk menjelaskan posisi garis pantai, yaitu garis air tinggi (high water line) sebagai garis pantai dan garis air rendah (low water line) sebagai acuan kedalaman (Sudarsono, 2011). Penambahan dan pengurangan areal pantai tiap tahun dapat dihitung dan dipantau. Pada umumnya kebanyakan daerah pantai, perubahan alam terjadi lebih cepat dari pada perubahan alam di lingkungan yang lain kecuali di daerah-daerah yang mengalami gempa bumi, daerah banjir dan gunung api. Perubahan garis pantai ada dua macam, yaitu perubahan maju (akresi) dan perubahan mundur (abrasi). Garis pantai dikatakan maju apabila ada petunjuk adanya pengendapan dan atau pengangkatan daratan (emerge). Sedangkan garis pantai dikatakan mundur apabila ada proses abrasi dan atau penenggelaman daratan (sub merge) (Sudarsono, 2011).

2.2 Domain dan Proksi dalam Ekstrasi Fitur Garis Pantai

Pendokumentasian dan pemetaan perubahan lokasi suatu garis pantai maka dikenal beberapa proksi yang digunakan sebagai terminologi untuk menunjukkan fitur bagi batas darat-air. Beberapa proksi dalam memetakan perubahan sebuah garis pantai misalnya; garis vegetasi (vegetation line), garis basah dan/atau kering (wet-dry line), garis air pasang (High Water line, HWL) dan rerata tinggi air pasang (Mean High Water, MHW) (Morton & Miller, 2005; Harris et al, 2005; Fletcher, et al., 2010 dalam Kasim, 2012).

Selain berbagai proksi datum untuk terminologi batas darat-air secara vertikal tersebut, juga terdapat terminologi untuk batas horisontal untuk menunjukkan fitur areal batas darat-air berdasarkan gradasi feature masing-masing, misalnya terminologi fitur batas (line) untuk kawasan pantai dan pesisir yang memiliki keragaman fitur masing-masing. Gradasi feature bisa berbentuk areal (polygon) atau juga garis batas (line). Sebaliknya, gradasi tersebut bisa pula berjenis temporal, spasial atau gabungan keduanya. Adanya keragaman proksi datum (vertikal) dan keragaman gradasi feature bentang alam (horisontal) pada tiap lokasi penelitian maka sangat penting jika bekerja di lingkungan SIG untuk membuat batasan (domain) bagi berbagai terminologi tersebut.

2.3 Satelit Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah ilmu atau seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah atau gejala, dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat, tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau gejala yang akan dikaji (Sudarsono, 2011). Aplikasi teknologi satelit penginderaan jauh telah banyak digunakan dalam berbagai bidang disiplin ilmu pengetahuan, dan telah banyak satelit baik yang berorbit polar maupun geostationer (berada pada posisi yang terus-menerus di atas Bumi yang berorbit) (Arief, Winarso, & Prayogo, 2011). Karakteristik masing-masing satelit penginderaan jauh adalah sebagai berikut:

3. Satelit Landsat

Landsat (Land Satellites) merupakan satelit sumberdaya bumi yang paling sering digunakan. Satelit Landsat, dimulai dengan Landsat-4 MMS (Multi Spectral Scanner) dengan resolusi spasial 80 meter. Landsat-5 TM (Thematic Mapper) hingga satelit Landsat-7 ETM (Enhanced Thematic Mapper) dengan resolusi spasial 30 meter dan 15 meter (Arief, Winarso, & Prayogo, 2011).

4. Satelit Quickbird

Quickbird merupakan satelit penginderaan jauh yang diluncurkan pada tanggal 18 Oktober 2001 di California, U.S.A. Quickbird memiliki nilai resolusi, panchromatic sebesar 61 cm dan multispectral sebesar 2.44 meter (Syarifah, Sultoni, & Aula, 2016).

5. Satelit IKONOS

Satelit IKONOS adalah satelit resolusi tinggi yang dioperasikan oleh GeoEye berasal dari bawah Lockheed Martin Corporation sebagai Commercial Remote Sensing System (CRSS) satelit. Pada April 1994 Lockheed diberi salah satu lisensi dari US Department of Commerce untuk satelit komersial citra resolusi tinggi dengan resolusi spasial mencapai 1 meter (Syarifah, Sultoni, & Aula, 2016).

6. Satelit ALOS

ALOS (Advanced Land Observing Satellite) merupakan satelit penginderaan jauh Jepang yang memiliki resolusi spasial 2.5 m panchromatic dan 10 m multispectral (Syarifah, Sultoni, & Aula, 2016).

7. Satelit SPOT

SPOT merupakan sistem satelit observasi bumi yang mencitra secara optis dengan resolusi tinggi dan dioperasikan di luar angkasa. Satelit SPOT memiliki keunggulan pada sistem sensornya yang membawa dua sensor identik yang disebut HRVIR (haute resolution visibel infrared). Masing-masing sensor dapat diatur sumbu pengamatannya ke kiri dan ke kanan memotong arah lintasan satelit merekam sampai 7 bidang liputan dengan resolusi spasial antara 10 meter sampai 20 m (Syarifah, Sultoni, & Aula, 2016).

8. Satelit Worldview

Satelit WorldView-2 adalah satelit generasi terbaru dari digitalglobe yang diluncurkan pada tanggal 8 Oktober 2009. Citra satelit yang dihasilkan selain

memiliki resolusi spasial yang tinggi juga memiliki resolusi spectral yang lebih lengkap dibandingkan produk citra sebelumnya. Resolusi spasial yang dimiliki citra satelit WorldView-2 ini lebih tinggi, yaitu: 0.46 m – 0.5 m untuk citra pankromatik dan 1.84 m untuk citra multispektral. Citra multispektral dari WorldView-2 ini memiliki jumlah band sebanyak 8 band, sehingga sangat memadai bagi keperluan analisis-analisis spasial sumber daya alam dan lingkungan hidup (Syarifah, Sultoni, & Aula, 2016).

9. Satelit GeoEye

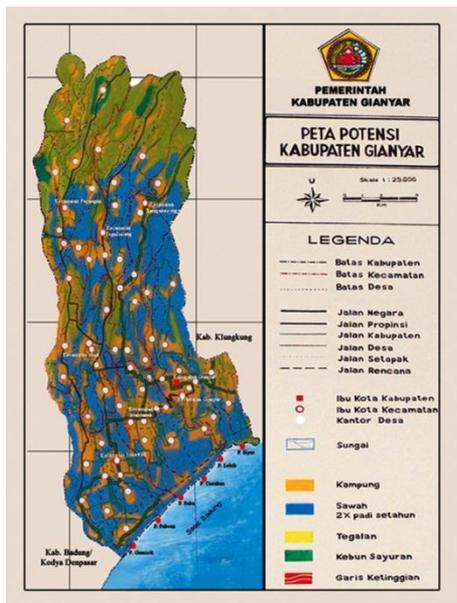
GeoEye merupakan Satelit pengamat Bumi yang pembuatannya disponsori oleh Google dan National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) yang diluncurkan pada 6 September 2008 dari Vandenberg Air Force Base, California, AS. Satelit ini mampu memetakan gambar dengan resolusi gambar yang sangat tinggi dan merupakan satelit komersial dengan pencitraan gambar tertinggi yang ada di orbit bumi saat ini. Satelit GeoEye memiliki resolusi spasial 0.41 m pankromatik dan 1.65 m multispektral (Syarifah, Sultoni, & Aula, 2016).

3 METODOLOGI

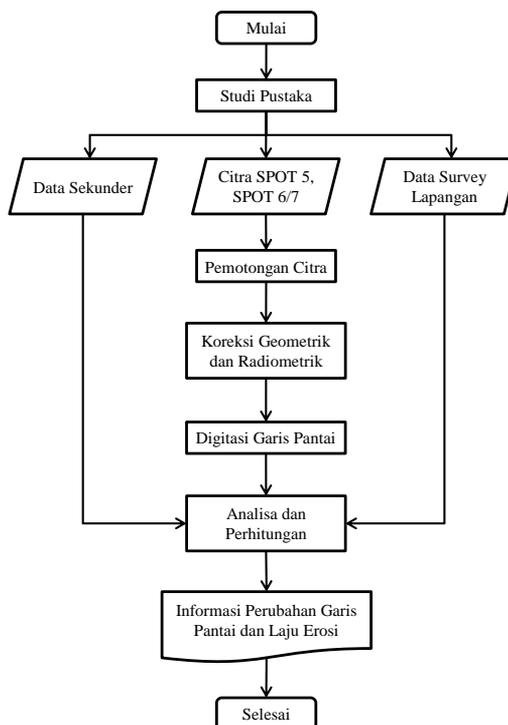
Lokasi penelitian dilaksanakan di sepanjang pantai di Kabupaten Gianyar, Provinsi Bali (Gambar 1). Data citra satelit yang digunakan adalah:

1. Citra SPOT 5 pada tahun 2009 memiliki resolusi spasial 10 m (multispectral).
2. Citra SPOT 6/SPOT 7 pada tahun 2015 yang memiliki resolusi hingga 1.5 m.

Alur analisa perubahan garis pantai dan rata-rata laju erosi di Kabupaten Gianyar dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 23. Lokasi Penelitian (Anonim, 2016)



Gambar 24. Alur Penelitian

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

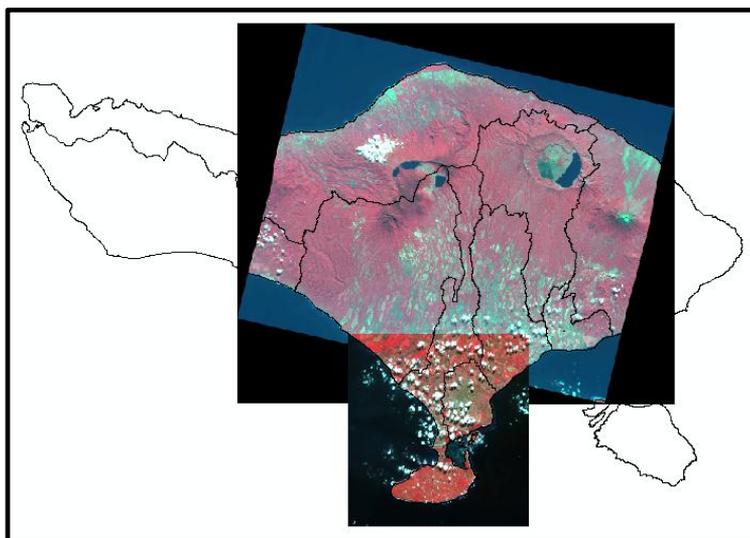
4.1 Pengadaan Citra Satelit

Data citra satelit yang digunakan adalah citra SPOT pada tahun 2009 dan tahun 2015.

1. Citra SPOT 5 pada tahun 2009 memiliki resolusi spasial 10 m (multispectral), yang merupakan

hasil pengambilan citra tanggal 14 Juni 2009 pukul 02:22:45 dan 02:22:53.

2. Citra SPOT 6/SPOT 7 pada tahun 2015 yang memiliki resolusi hingga 1.5 m, yang merupakan hasil pengambilan citra tanggal 8 Februari 2015 pukul 09:20:59.



Gambar 25. Citra SPOT 5 tahun 2009



Gambar 26. Citra SPOT 6/SPOT 7 tahun 2015

4.2 Proses dan Koreksi Citra Satelit

Proses dan koreksi data citra satelit terdiri dari koreksi radiometrik, pemotongan area citra satelit, koreksi orthorektifikasi, kombinasi band citra satelit, digitasi vektor, koreksi garis pantai dan verifikasi hasil citra.

1. Pemotongan Area Citra Satelit

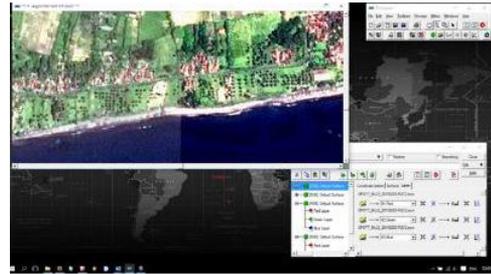
Pemotongan area citra satelit bertujuan untuk meringankan proses selanjutnya. Daerah yang tidak masuk dalam AOI (Area of Interest) akan berwarna hitam, sehingga perlu dibuang.



Gambar 27. Hasil Pemotongan Citra SPOT 5 tahun 2009

2. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik adalah proses penggabungan dan penyeragaman warna beberapa citra menjadi satu kesatuan baik secara digital maupun visual. Kondisi citra satelit yang masih mentah (raw data) diolah dengan menggunakan software ER-Mapper.



Gambar 28. Hasil Koreksi Radiometrik

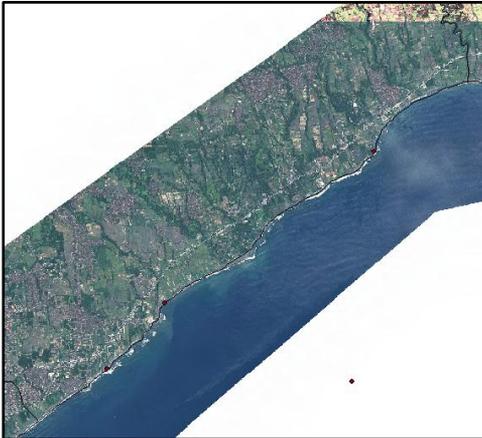
3. Koreksi Orthorektifikasi

Koreksi orthorektifikasi adalah proses memperbaiki citra satelit dari kesalahan-kesalahan geometris akibat variasi skala, sistem proyeksi kamera sentral, kesalahan terhadap kelengkungan bumi dan kesalahan akibat perbedaan permukaan bumi sehingga citra satelit dapat dikatakan terbebas dari kesalahan-kesalahan tersebut (orthogonal) yang memenuhi standart ketelitian.

Pada proses orthorektifikasi ini secara simultan dilakukan proses georeferencing sehingga seluruh pixel digital citra satelit memiliki sistem koordinat sesuai dengan GCP yang digunakan. Penempatan titik GCP (Ground Control Point) dengan distribusi merata pada bagian-bagian yang mudah dikenali dan dianggap tetap (tidak berubah) baik pada citra maupun pada peta, seperti ujung pulau, teluk perempatan jalan, dan sebagainya. Lokasi titik-titik Ground Control Point (GCP) mengacu pada pengukuran Benchmark (BM) yang disebar di Kabupaten Gianyar. Untuk resampling digunakan algoritma nearest neighbor. Pada algoritma ini diterapkan dengan hanya menempatkan kembali nilai piksel terdekat yang telah tergeser ke posisi baru. Selisih ketetapan nilai akurasi dan transformasi nilai ketelitian individual titik control disebut *Root Mean Square Error (RMSE)*.

Gambar 29. Data BM yang Digunakan di Kabupaten Gianyar

Nama Pantai	Kode BM	X	Y	Z
Gumicik	CP1	311497.44	9044446.31	5.010
Gumicik	CP2	311463.51	9044440.92	4.980



Gambar 30. Proses Koreksi Orthorektifikasi

4. Kombinasi Band Citra Satelit

Untuk memperoleh garis pantai maka pembagian band sesuai warna RGB adalah 321 dimana: Layer Merah (R): Band 3, Layer Hijau (G): Band 2, Layer Biru (B): Band 1.



Gambar 31. Komposisi Band Pada Citra Satelit

5. Digitasi Vektor

Tahapan setelah semua koreksi terhadap citra satelit SPOT untuk wilayah pesisir Pulau Bali adalah proses digitasi dengan menggunakan software ArcGIS. Citra SPOT yang digunakan sebagai drawing base di proses ini adalah citra satelit yang telah diproses pemisahan komposit band di wilayah daratan dan lautan.



Gambar 32. Hasil Digitasi Vektor citra SPOT tahun 2015

6. Koreksi Garis Pantai

Penggambaran garis pantai dengan menggunakan drawing base citra satelit membutuhkan beberapa koreksi. Ada beberapa tahapan koreksi yang harus dilakukan berdasarkan beberapa parameter, yaitu:

- Data *High Water Level* (HWL) kawasan.
- Data *High Water Level* (HWL) seluruh Benoa.
- Data pasang surut air laut saat pemotretan citra satelit.
- Data ukuran kelandaian (slope) wilayah pesisir/pantai Kabupaten Gianyar.

Parameter diatas digunakan dalam proses koreksi penggambaran garis

pantai dengan menggunakan pendekatan rumus:

$$Y = \left(Tk - \left(\frac{Tk}{Tb} - Tx \right) x \tan \phi \right)$$

dimana:

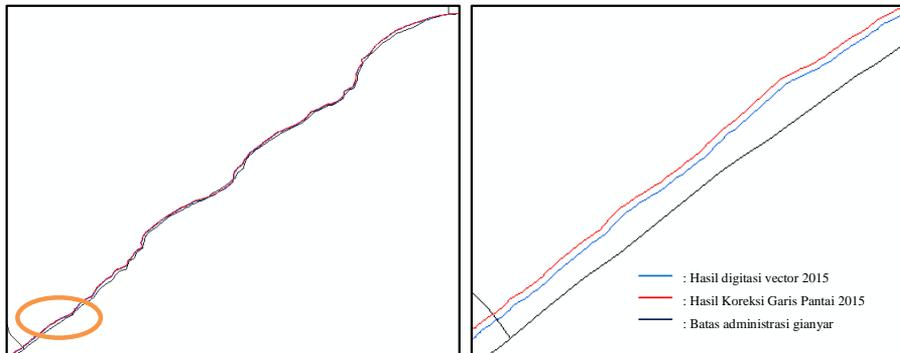
- Y : Koreksi garis pantai dalam satuan meter;
 Tk : HWL Kawasan dalam satuan meter;
 Tb : HWL Benoa dalam satuan meter
 Tx : Tinggi pasang surut gelombang laut dalam satuan meter;

Tan ϕ : Perbandingan slope di wilayah pesisir /pantai Kabupaten Gianyar

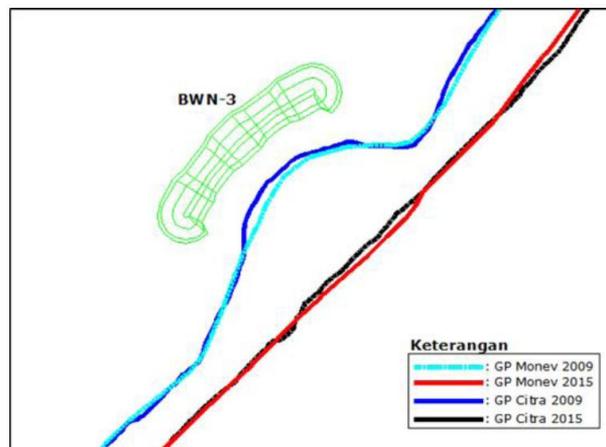
Hasil koreksi garis pantai dengan menggunakan citra SPOT tahun 2015 dapat dilihat pada Gambar 11.

7. Verifikasi Hasil Citra

Garis pantai hasil pengolahan citra 2009 dan 2015 diverifikasi terhadap seri data pengukuran yang dimiliki BWS-BP dan JICA. Seri data yang digunakan adalah seri pengukuran pantai Kuta tahun 2009 dan 2015. Hasil verifikasi garis pantai hasil citra dan garis pantai hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 12.



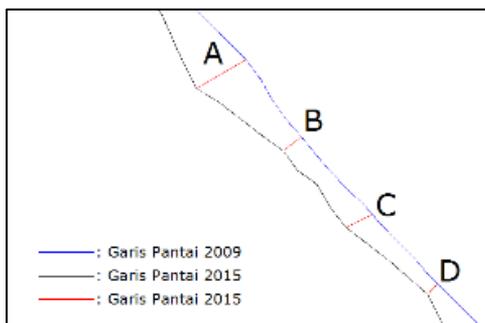
Gambar 33. Hasil Koreksi Garis Pantai tahun 2015



Gambar 34. Hasil Verifikasi Garis Pantai

4.3 Perubahan Garis Pantai dan Laju Erosi

Perhitungan perubahan garis pantai dan laju erosi per tahunnya didasarkan atas metode tumpang susun dari garis pantai hasil citra 2009 dan 2015. Dari overlay ini, dihitung panjang pantai yang berubah (erosi) dan laju perubahannya setiap tahunnya. Berikut adalah sample proses perhitungan panjang dan laju erosi.



Gambar 35. Sample Analisa Perubahan Garis Pantai

Berdasarkan gambar diatas, selanjutnya dihitung rerata dari garis A-B-C-D dan dibagi selisih tahun 2009-2015 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Perubahan Rerata} &= (A+B+C+D)/4 \\ &= 26.456 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju Erosi} &= \text{Perubahan Rerata}/7 \\ &= 26.456/7 \end{aligned}$$

$$= 0.59 \text{ m/tahun}$$

Dengan cara yang sama dihitung untuk seluruh ruas pantai di Kabupaten Gianyar sehingga diketahui perubahan garis pantai dan laju erosinya, seperti terlihat pada Tabel 1.

Kabupaten Gianyar memiliki panjang pantai 14.28 km (lihat Tabel 1). Rata-rata perubahan garis pantai yang terjadi di Kabupaten Gianyar berdasarkan citra satelit SPOT tahun 2009 dan 2015 adalah sebesar 22.441 m dan rata-rata laju erosi adalah 3.202 m/tahun. Pantai yang memiliki laju erosi yang cukup tinggi adalah Pantai Keramas dan Pantai Lebih. Pada Pantai Lebih, sejarah terjadinya erosi dimulai sejak tahun 2000 dimana kemunduran yang terjadi mencapai $\pm 100\text{m}$ yang menyebabkan beberapa rumah dan warung makan milik warga rusak bahkan hilang akibat erosi. Saat ini struktur revetment yang dibangun secara bertahap dari 2007 hingga 2012 secara fungsi telah mampu menahan laju erosi yang terjadi. Sedangkan pada Pantai Keramas, terdapat beberapa seawall yang dibangun swadaya oleh pemilik villa untuk melindungi propertinya. Beberapa seawall mengalami kerusakan akibat tidak berimbangnya dimensi seawall dengan tinggi gelombang yang terjadi. Berikut adalah kondisi di dua pantai tersebut.

Tabel 13. Perubahan Garis Pantai dan Laju Erosi Pantai

No	Nama Ruas Pantai	Desa	Panjang Garis Pantai 2015 (km)	Panjang Tererosi (km)	Perubahan Garis Pantai 2009-2015 (m)		Keterangan
					Perubahan (m)	Laju (m/thn)	
1	Siyut	Tulikup	1.12	0.955	15.323	2.19	Erosi
2	Lebih	Lebih	1.00	0.478	27.543	3.93	Erosi
3	Masceti	Medahan	2.55	2.006	26.456	3.78	Erosi
4	Keramas	Keramas	1.02	0.552	29.152	4.16	Erosi
5	Pering / Segara Wilis	Pering	1.29	0.673	19.916	2.85	Erosi
6	Saba	Saba	1.09	0.910	24.018	3.43	Erosi
7	Purnama	Sukawati	2.03	1.179	14.755	2.11	Erosi
8	Gumicik	Ketewel	3.32	3.095	25.004	3.57	Erosi
9	Gumicik	Batubulan	0.85	0.636	19.532	2.79	Erosi
Total			14.28	10.484			
Rerata					22.411	3.202	



Gambar 36. Kondisi Pantai Keramas (a) dan Lebih (b)

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rata-rata perubahan garis pantai yang terjadi di Kabupaten Gianyar berdasarkan citra satelit SPOT tahun 2009 dan 2015 adalah sebesar 22.441 m.
2. Rata-rata laju erosi pantai yang terjadi di Kabupaten Gianyar berdasarkan citra satelit SPOT tahun 2009 dan 2015 adalah sebesar 3.202 m/tahun.

5.2 Saran

Penggunaan citra satelit dengan resolusi yang lebih tinggi untuk mendapatkan keakuratan hasil.

6 DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2013, Maret 6). Retrieved Agustus 8, 2016, from [GIANYARKAB.GO.ID: http://www.gianyarkab.go.id/index.php/baca-berita/3578/Geografis](http://www.gianyarkab.go.id/)
- Anonim. (2016). Retrieved Juli 10, 2016, from https://www.google.co.id/search?q=peta+kabupaten+gianyar+bali&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj14ILr-_NAhUGEpQKHRwUD5EQ_AUICCGb&biw=1366&bih=667#imgrc=-vu-86qevldRwM%3A
- Arief, M., Winarso, G., & Prayogo, T. (2011). Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan Data Satelit Landsat di Kabupaten Kendal. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 8, 71-80.
- Fletcher, C., Romine, B., AS Genz, M. B., Dyer, M., Anderson, T., Lim, S., et al. (2010). *National Assessment of Shoreline Change: Historical Shoreline Changes in the Hawaiian Islands*. Virginia: US Dep Inter-USGS.
- Guariglia, A., Buonamassa, A., Losurdo, A., Saladino, R., Trivigno, M. L., Zaccagnino, A., et al. (2006). A Multisource Approach for Coastline Mapping and Identification of Shoreline Changes. *Annals of Geophysics*, 295-304.
- Harris, M., Brock, J., Nayegandhi, A., & Duffy, M. (2005). Extracting Shorelines from NASA Airborne Topographic Lidar-Derived Digital

- Elevation Models. United State: USGS Report.
- Kasim, F. (2011A). Penilaian kerentanan pantai menggunakan metode integrasi CVI-MCA dan SIG, studi kasus; garis pantai pesisir Utara Indramayu. Sekolah Pascasarjana IPB, Jurusan Ilmu Kelautan. Bogor: Sekolah Pascasarjana IPB.
- Kasim, F. (2012). Pendekatan Beberapa Metode dalam Monitoring Perubahan Garis Pantai Menggunakan Dataset Penginderaan Jauh Landsat dan SIG. *Jurnal Ilmiah Agropolitan*, 5(1), 620-623.
- Morton, R., & Miller, T. (2005). National assessment of shoreline Change: Part 2: Historical shoreline changes and associated coastal land loss along the U.S. Southeast Atlantic Coast. United State: USGS Report.
- Muryani, C. (2010). Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan SIG serta Dampaknya terhadap Kehidupan Masyarakat di Sekitar Muara Sungai Rejoso Kabupaten Pasuruan. *Forum Geografi*, 24(2), 173-182.
- Parman, S. (2010). Deteksi Perubahan Garis Pantai Melalui Citra Penginderaan Jauh di Pantai Utara Semarang Demak. *Jurnal Geografi*, 7(1), 30-38.
- Sudarsono, B. (2011). Inventarisasi Perubahan Wilayah Pantai dengan Metode Penginderaan Jauh (Studi kasus Kota Semarang). *Teknik*, 32(2), 162-169.
- Syarifah, S., Sultoni, R. A., & Aula, M. A. (2016, April 5). Retrieved Mei 18, 2016, from <http://saplanologi.blogspot.co.id/2016/04/karakteristik-satelit.html>
- Triatmodjo, B. (2007). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Winarso, G., Budhiman, S., & Judijanto. (2001). *The Potential Application of Remote Sensing Data for Coastal Study*. Proceeding on 22nd Asian Conference on Remote Sensing. Singapura: CRISP NUS and Asian Association on Remote Sensing.