

ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI DAN LAJU EROSI DI KOTA DENPASAR DAN KABUPATEN BADUNG DENGAN CITRA SATELIT SPOT

Putu Aryastana¹⁾, I Made Ardantha¹⁾, Ni Komang Ayu Agustini¹⁾

1) Jurusan Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Denpasar, Bali

Email: aryastanaputu@yahoo.com

ABSTRAK

Analisa perubahan garis pantai dan laju erosi pantai sudah banyak menggunakan citra satelit. 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 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 untuk kawasan pantai di Kota Denpasar dan Kabupaten BulelengKabupaten Buleleng. Penelitian ini memberikan kontribusi kepada pemerintah daerah dan pemerintah pusat sebagai data dasar (data base) dalam pengambilan keputusan untuk penanganan kawasan pantai. Rata-rata perubahan garis pantai yang terjadi di Kota Denpasar adalah sebesar 7.46 m, sedangkan rata-rata perubahan garis pantai yang terjadi di Kabupaten Badung adalah sebesar 13.75 m. Rata-rata laju erosi pantai yang terjadi di Kota Denpasar adalah sebesar 1.07 m/tahun, sedangkan rata-rata laju erosi pantai yang terjadi di Kabupaten Badung adalah 1.96 m/tahun.

Kata kunci: Badung, Denpasar, garis pantai, satelit

ABSTRACT

Analysis of coastline changes and coastal erosion as more using satellite data Satellite data that is often used in monitoring studies and analysis of coastline changes are Landsat, Quickbird, Allos dan IKONOS. The aim of study is to determine an average of coastline change and average of coastal erosion in coastal area of Denpasar city and Badung regency by using two kind satellite are SPOT 5 in 2009 has a spatial resolution of 10 m (multispectral) and SPOT 6/7 in 2015 has a spatial resolution 1.5 m. This research contributes to local government and central government as a database in decision making for coastal area management. The result of analysis shows the average of coastline change in Denpasar City is 7.46 m and in Badung Regency is 13.75 m. The average rate of coastal erosion in Denpasar is 1.07 m/year and in Badung Regency is 1.96 m/year.

Key word: Badung, Denpasar, coastline, satellite

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).

Studi penggunaan citra satelit dalam monitoring, analisa dan prediksi perubahan garis pantai sudah banyak dilakukan. 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%. Penggunaan Citra Landsat serta Digital Shoreline Analisis Sistem (DSAS) untuk menganalisis perubahan garis pantai di Ramsar Turki (Kuleli, Guneroglu, Karsli, & Dihkan, 2011). Landsat MMS, Landsat TM dan SPOT-4 digunakan untuk memperkirakan perubahan yang terjadi kawasan pantai antara Damietta Nile branch dan Port-Said pada 1973 sampai 2007 (El-Asmar & Hereher, 2011).

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). Citra Landsat antara tahun 2000 dan 2014 digunakan untuk mengevaluasi rata-rata perubahan posisi garis pantai setiap tahun di El Saler Valencia, Spanyol (Caballer, García, Pascual, Beser, & Vázquez, 2016).

Citra satelit Quickbird tahun 2006 digunakan untuk menentukan perubahan garis pantai di Pantai Utara Semarang yang dipadukan dengan peta topografi tahun 1938

(Sudarsono, 2011). Kombinasi antara foto udara dan citra satelit (IKONOS, Quickbird, Worldview2 dan Geoeye-1) digunakan dalam interpretasi perubahan garis pantai di Wotje Atoll, Pulau Marshall (Ford, 2013).

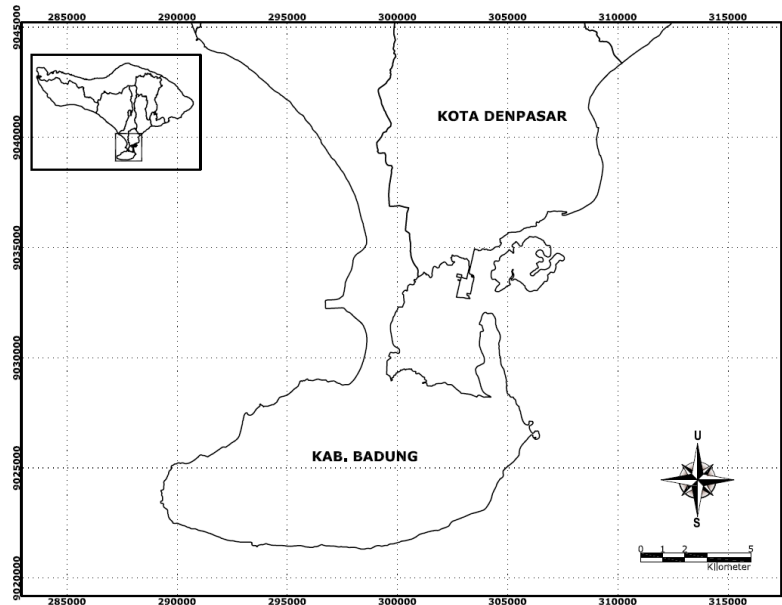
Penggabungan data foto udara pankromatik tahun 1981, peta rupa bumi tahun 2000, citra satelit IKONOS tahun 2005 dan survey lapangan tahun 2009 untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan, perubahan garis pantai, serta dampak perubahan garis pantai terhadap kehidupan sosial masyarakat di sekitar muara Sungai Rejoso Kabupaten Pasuruan (Muryani, 2010). Visalatchi & Chandar, 2012 menggunakan satelit India yang bernama LISS III dan LISS IV dalam menganalisis pemetaan tata guna lahan dan perubahan garis pantai di Pantai Tuticorin yang terletak di Tamilnadu India.

Citra SPOT digunakan mengevaluasi perubahan garis pantai di Progreso, Yucatán, México (Rubio, Huntley, & Russell, 2015). Satelit SPOT juga mampu dipergunakan dalam menganalisis perubahan garis pantai dan laju erosi di Kabupaten Gianyar (Aryastana, Eryani, & Candrayana, 2016). Citra satelit SPOT 5 tahun 2009 dan SPOT 6 tahun 2015 dipergunakan untuk menganalisis perubahan garis pantai dan laju erosi di Kabupaten Buleleng (Aryastana, Ardhantha, Nugraha, & Candrayana, 2017)

Nilai perubahan garis pantai dan laju erosi pantai dapat diperoleh dengan melakukan pengukuran secara periodik setiap tahunnya, namun hal ini memerlukan biaya yang cukup besar. Penggunaan data citra satelit untuk monitoring perubahan garis pantai memiliki beberapa keuntungan, yaitu mampu memonitor cakupan wilayah yang luas, mengurangi biaya jika dibandingkan dengan menggunakan pengukuran langsung, memerlukan waktu yang lebih pendek dalam menganalisa jika dibandingkan dengan pengukuran lapangan (Kasim, 2012). Analisa citra satelit merupakan salah satu alternatif untuk mengetahui perubahan garis pantai di Kabupaten Badung dan Kota Denpasar.

2. AREA STUDI

Area studi dilaksanakan di sepanjang pantai di Kota Denpasar dan Kabupaten Badung, Provinsi Bali (Gambar 1).



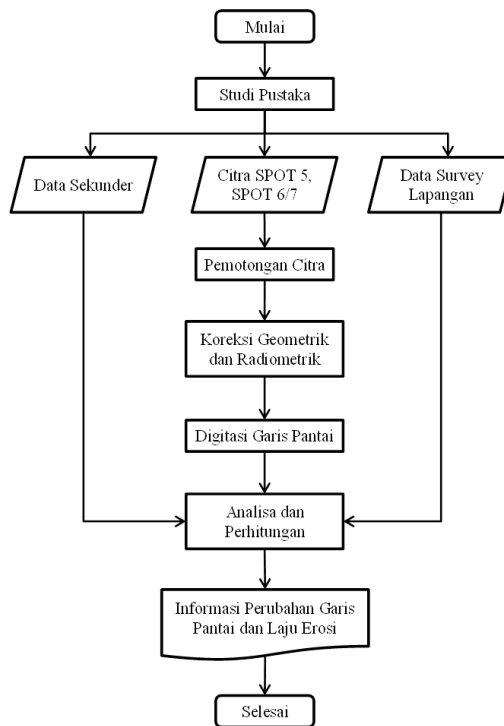
Gambar 1. Area Studi

3. METODOLOGI

Analisa perubahan garis pantai dan laju erosi dilakukan 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 pada tahun 2015 memiliki resolusi hingga 1.5 m yang nantinya akan dilakukan koreksi dengan hasil pengamatan lapangan. Detail citra satelit yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

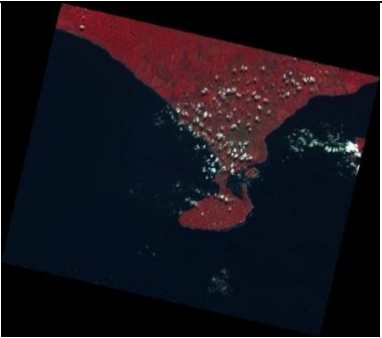

Metode ekstraksi garis pantai yang digunakan adalah dengan on screen digital (Winarso, Budhiman, & Judijanto, 2001), karena metode

ini adalah metode terbaik walaupun membutuhkan waktu yang cukup lama. Selama melakukan interpretasi visual diperhatikan dan diamati kedudukan garis pantai, terutama kemungkinan adanya kenampakan daratan yang masih basah karena pengaruh pasang surut dan dibandingkan dengan garis pantai hidrografi (high sea level) dan garis rendah pada kontur 0 meter (Arief, Winarso, & Prayogo, 2011). Secara sistematis alur analisa perubahan garis pantai dan laju erosi pantai dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur Analisis Perubahan garis Pantai dan Laju Erosi Pantai

Tabel 1. Citra Satelit yang Digunakan

No	Jenis Citra	Resolusi (m)	Tanggal Pemotretan Citra	Tampilan Citra
1	SPOT 5	10	14-06-2009 pukul 02:22:53	
2	SPOT 6	1.5	1-7-2015 pukul 09:18:29	

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

a. 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.

b. Koreksi radiometrik

Koreksi radiometrik merupakan pemrosesan gambar digital untuk meningkatkan nilai kecerahan. Tujuan utama penerapan koreksi radiometrik adalah mengurangi pengaruh kesalahan atau ketidakkonsistenan nilai kecerahan gambar yang dapat membatasi kemampuan seseorang untuk menafsirkan atau memproses secara kuantitatif dan

menganalisis citra (Stow, 2017). Kondisi citra satelit yang masih mentah (*raw data*) diolah dengan menggunakan software ER- Mapper.

c. Koreksi geometrik

Koreksi geometrik dilakukan untuk memperbaiki ketidakkonsistenan antara koordinat lokasi data citra dengan koordinat lokasi sebenarnya. Beberapa jenis koreksi geometrik meliputi koreksi sistem, presisi, dan medan. Koreksi geometrik diperlukan untuk menghilangkan distorsi geometrik (Dave, Joshi, & Srivastava, 2015). Koordinat sebenarnya di lapangan menggunakan Bench Mark (BM) yang tersebar di Kota Denpasar dan Kabupaten Badung (Tabel 2).

Tabel 2. Data BM yang Digunakan di Kota Denpasar dan Kabupaten Badung

Nama Pantai	Kode BM	X	Y	Z
Brawa-Canggu	BC-6	296646.91	9039673.56	5.663
Brawa-Canggu	BC-7	296606.96	9039765.07	4.591
Brawa-Canggu	BC-8	295987.61	9040678.54	7.355
Brawa-Canggu	BC-9	295270.22	9041434.12	6.637
Brawa-Canggu	BC-11	293766.80	9042685.71	7.199
Brawa-Canggu	BC-12	293260.00	9043110.51	6.936
Nusadua-Geger	BG-13	305933.39	9026926.05	5.210
Nusadua-Geger	BG-14	305497.36	9025867.91	5.800
Nusadua-Geger	BG-15	304698.89	9024805.97	6.540
Kutuh (Pandawa)	KTH-1	300784.63	9021887.88	7.293
Kutuh (Pandawa)	KTH-2	300946.52	9022009.99	7.312
Kuta-Seminyak	BMN-1	298333.91	9034890.52	4.876
Kuta-Seminyak	TBM-8	298566.60	9035370.85	5.536
Kuta-Seminyak	TBM-9	298562.50	9035462.40	5.957
Kuta-Seminyak	PK-65B	298243.27	9036868.22	5.075
Kuta-Seminyak	BM-12	298186.45	9037175.93	6.779
Kuta-Seminyak	TP-18	296976.37	9039203.34	5.865
Nusa Dua-Tanjung	BMND	305893.78	9026904.92	5.205
Nusa Dua-Tanjung	P0	306102.70	9026595.79	4.763
Nusa Dua-Tanjung	P1	305938.26	9026756.58	4.904
Nusa Dua-Tanjung	TG12	305559.43	9027700.71	4.447
Nusa Dua-Tanjung	TP2	305927.88	9027017.53	3.567
Nusa Dua-Tanjung	TP3	305730.02	9027040.74	3.092
Nusa Dua-Tanjung	TU	305330.12	9028119.68	4.292
Kelan-Kedongan	BMKK-1	298425.97	9031576.65	4.332
Sanur	TP1	309082.05	9037477.39	1.941
Sanur	TP1A	309082.63	9037477.14	1.986
Sanur	TP2	309141.64	9037765.73	4.515

Nama Pantai	Kode BM	X	Y	Z
Sanur	BM-0	308899.60	9040726.71	4.545
Sanur	TP16A	309311.00	9038518.76	4.247

Sumber: BWS-BP, 2015

d. Digitasi vektor

Tahapan setelah semua koreksi terhadap citra satelit SPOT untuk wilayah pantai Kota Denpasar dan Kabupaten Badung adalah proses digitasi. Citra SPOT yang digunakan sebagai drawing base di proses ini adalah citra satelit yang telah diproses pemisahan komposit band di wilayah daratan dan lautan.

e. Koreksi Garis Pantai

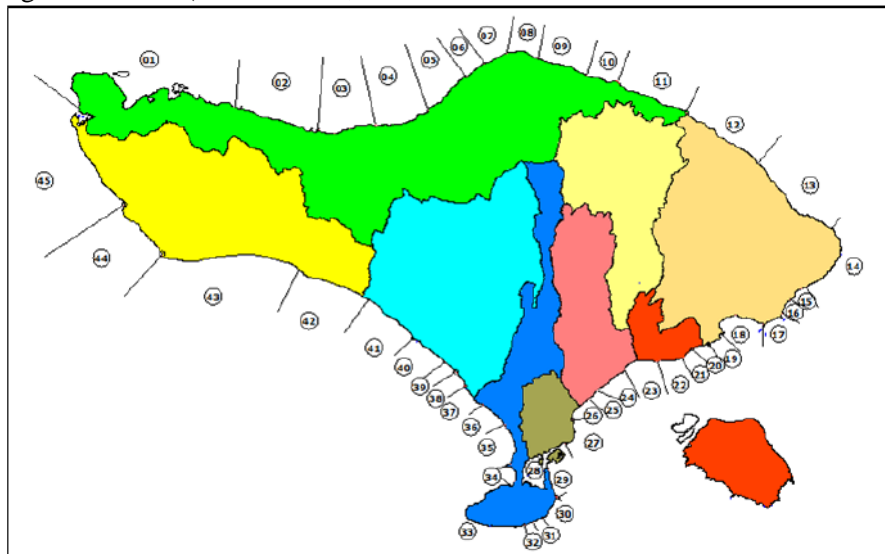
Perubahan garis pantai dipengaruhi oleh pasang surut. Garis air bergeser ke posisi garis pantai berdasarkan garis pasang surut berdasarkan teori segitiga. Proses pergeseran dan perhitungan kemiringan bawah dilakukan dengan perhitungan sectional (Thieler et al., 2009

di Liu, Huang, Qiu, & Fan, 2013). Jarak bergeser, Y, diperkirakan oleh persamaan (Aryastana, Eryani, & Candrayana, 2016).

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

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 \emptyset : Perbandingan slope di wilayah pesisir /pantai Kota Denpasar dan Kabupaten Badung



Gambar 3. Peta Pembagian Slope di Pulau Bali
(Sumber: BWS-BP, 2015)

Tabel 3. Daftar Nilai HWL pada Ruas Lokasi di Kota Denpasar dan Kabupaten Badung

Nomor Ruas	Kota/Kabupaten	Slope	HWL
26	Denpasar	1 : 10	2.60
27	Denpasar	1 : 10	2.60
28	Denpasar	1 : 15	2.60
29	Badung	1 : 11	2.60

30	Badung	1 : 11	2.60
31	Badung	1 : 1	2.60
32	Badung	1 : 12	2.60
33	Badung	1 : 1	2.60
34	Badung	1 : 19	2.60
35	Badung	1 : 26	2.60
36	Badung	1 : 19	2.60

Sumber: BWS-BP, 2015

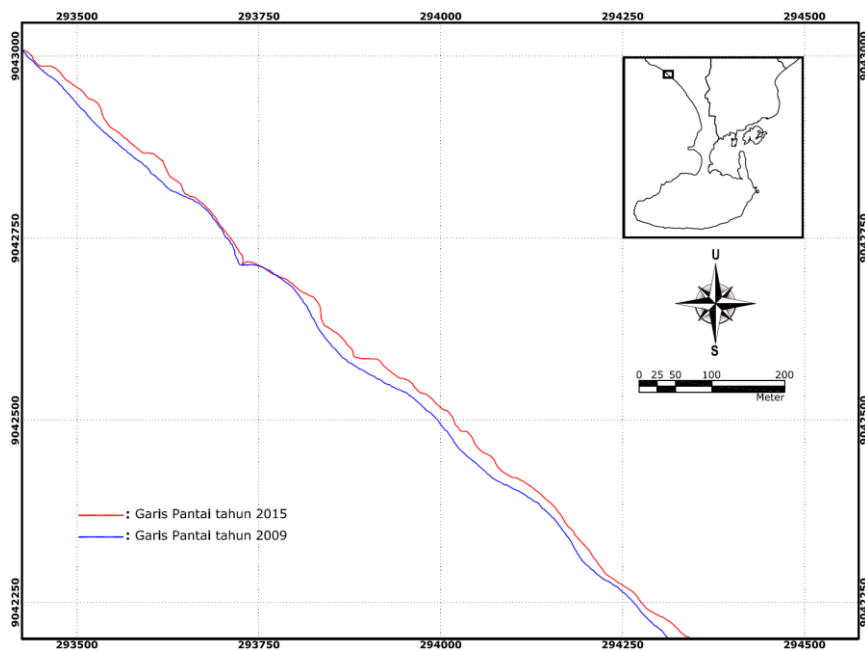
Tabel 4. Koreksi Garis Pantai Citra Tahun 2009

Ruas	Tanggal Citra	Jam Citra	HWL (m)	HWL Benoa (m)	Pasut (m)	Slope	Koreksi (m)
26	14-06-2009	02:22:53	2.60	2.60	1.90	10	7.00
27	14-06-2009	02:22:53	2.60	2.60	1.90	10	7.00
28	14-06-2009	02:22:53	2.60	2.60	1.90	15	10.50
29	14-06-2009	02:22:53	2.60	2.60	1.90	11	7.70
30	14-06-2009	02:22:53	2.60	2.60	1.90	11	7.70
31	14-06-2009	02:22:53	2.60	2.60	1.90	1	0.70
32	14-06-2009	02:22:53	2.60	2.60	1.90	12	8.40
33	14-06-2009	02:22:53	2.60	2.60	1.90	1	0.70
34	14-06-2009	02:22:53	2.60	2.60	1.90	19	13.30
35	14-06-2009	02:22:53	2.60	2.60	1.90	26	18.20
36	14-06-2009	02:22:53	2.60	2.60	1.90	19	13.30

Tabel 5. Koreksi Garis Pantai Citra Tahun 2015

Ruas	Tanggal Citra	Jam Citra	HWL (m)	HWL Benoa (m)	Pasut (m)	Slope	Koreksi (m)
26	01-07-2015	09:18:29	2.60	2.60	2.40	10	2.00
27	01-07-2015	09:18:29	2.60	2.60	2.40	10	2.00
28	01-07-2015	09:18:29	2.60	2.60	2.40	15	3.00
29	01-07-2015	09:18:29	2.60	2.60	2.40	11	2.20

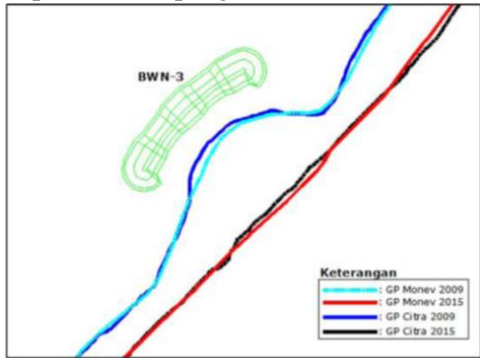
30	01-07-2015	09:18:29	2.60	2.60	2.40	11	2.20
31	01-07-2015	09:18:29	2.60	2.60	2.40	1	0.20
32	01-07-2015	09:18:29	2.60	2.60	2.40	12	2.40
33	01-07-2015	09:18:29	2.60	2.60	2.40	1	0.20
34	01-07-2015	09:18:29	2.60	2.60	2.40	19	3.80
35	01-07-2015	09:18:29	2.60	2.60	2.40	26	5.20
36	01-07-2015	09:18:29	2.60	2.60	2.40	19	3.80



Gambar 4. Garis Pantai Hasil Pengolahan Citra 2009 dan 2015

f. Verifikasi 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. Berikut adalah hasil verifikasi garis pantai hasil citra dan garis pantai hasil pengukuran:



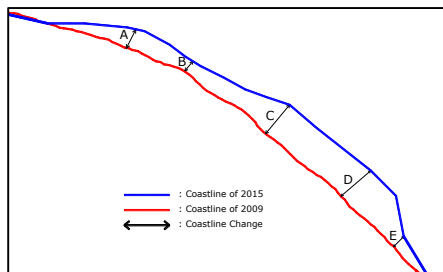
Gambar 5. Hasil Verifikasi Garis Pantai Hasil Citra Terhadap Garis Pantai Hasil Pengukuran

(Sumber: Aryastana, Eryani, & Candrayana, 2016)

g. Analisis Perubahan Garis Pantai

Analisa perubahan garis pantai dihitung berdasarkan metode overlapping dari tahun 2009 dan 2015 (Gambar 3). Berdasarkan Gambar 5, panjang perubahan garis pantai disimbolkan dengan huruf A, B, C, D dan E. Rata-rata panjang perubahan garis pantai (CR) setiap kawasan pantai dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$CR = (A+B+C+D+E)/5$$



Gambar 6. Metode Perhitungan Rata-Rata Perubahan garis Pantai

(Sumber: Aryastana, Ardantha, Nugraha, & Candrayana, 2017)

Tabel 6. Rata-Rata Perubahan Garis Pantai di Kota Denpasar

No	Desa	Rata-Rata Perubahan Garis Pantai (m)
1	Kesiman Kerthalangu	28.44
2	Kesiman Petilan	14.41
3	Sanur Kaja	12.02
4	Sanur	8.20
5	Sanur Kauh	0.00
6	Sidakarya	0.00
7	Sesetan	0.00
8	Pedungan	0.00
9	Pemogan	0.00
10	Serangan	11.51
Rata-Rata		7.46

Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa rata-rata perubahan garis pantai yang terjadi di Kota Denpasar berdasarkan data citra satelit SPOT tahun 2009 dan tahun 2015 adalah 7.46 m. Panjang rata-rata perubahan garis pantai terbesar terletak di kawasan pantai Tantu Padanggalak desa Kesiman Kerthalangu yaitu sebesar 28.44 m, sedangkan yang terendah adalah di kawasan pantai Benoa yaitu sebesar 0.00 m. Tidak terdapatnya perubahan garis pantai di kawasan pantai Benoa ini dikarenakan kondisi pantai yang merupakan pantai bermangrove yang merupakan kawasan wilayah Taman Usaha Rakyat Ngurah Rai (TAHURA).

Tabel 7. Rata-Rata Perubahan Garis Pantai di Kabupaten Badung

No	Desa	Rata-Rata Perubahan Garis Pantai (m)
1	Tanjung Benoa	13.48
2	Benoa	9.19
3	Kutuh	14.39
4	Unggasan	7.24
5	Pecatu	0.00
6	Jimbaran	7.73
7	Kedonganan	18.12
8	Tuban	19.72
9	Kuta	15.74
10	Legian	19.32
11	Seminyak	22.09
12	Kerobokan Kelod	25.72
13	Tibubeneng	15.80
14	Canggu	14.36
15	Buduk	4.52
16	Pererenan	15.07
17	Cemagi	11.31
Rata-Rata		13.75

Berdasarkan Tabel 7 dapat diketahui bahwa rata-rata perubahan garis pantai yang terjadi di Kabupaten Badung berdasarkan data citra satelit SPOT tahun 2009 dan tahun 2015 adalah 13.75 m. Panjang rata-rata perubahan garis pantai terbesar terletak di kawasan pantai Brawa desa Kerobokan Kelod yaitu sebesar 25.72 m, sedangkan yang terendah adalah di kawasan pantai pecatu yaitu sebesar 0.00 m. Tidak terdapatnya perubahan garis pantai di kawasan pantai Pecatu, karena merupakan kawasan pantai tebing karang.

h. Analisis Laju Erosi Pantai

Laju erosi dihitung berdasarkan rata-rata perubahan garis pantai pada suatu kawasan pantai yang kemudian rata-rata berdasarkan tahunnya, seperti persamaan di bawah ini:

$$\text{Laju Erosi} : \text{CR}/(2015-2009) = \text{CR}/7$$

Hasil perhitungan laju erosi pada kawasan pantai di Kota Denpasar dan Kabupaten Badung dapat dilihat ada tabel di bawah ini:

Rata-rata laju erosi di Kota Denpasar adalah 1.07 m/tahun (Tabel 8). Laju erosi terbesar terletak di kawasan pantai Tangtu Padanggalak yaitu sebesar 4.06 m/tahun, sedangkan yang terendah adalah di kawasan pantai Benoa yaitu sebesar 0.00 m/tahun yang merupakan kawasan hutan mangrove.

Tabel 8. Laju Erosi Pantai di Kota Denpasar

No	Desa	Rata-Rata Perubahan Garis Pantai (m)	Rata-Rata Laju Erosi (m/tahun)
1	Kesiman Kerthalangu	28.44	4.06
2	Kesiman Petilan	14.41	2.06
3	Sanur Kaja	12.02	1.72
4	Sanur	8.20	1.17
5	Sanur Kauh	0.00	0.00
6	Sidakarya	0.00	0.00
7	Sesetan	0.00	0.00
8	Pedungan	0.00	0.00
9	Pemogan	0.00	0.00
10	Serangan	11.51	1.64
Rata-Rata		7.46	1.07

Rata-rata laju erosi Kabupaten Badung adalah 1.96 m/tahun (Tabel 9). Laju erosi terbesar terletak di kawasan pantai Brawa desa Kerobokan Kelod yaitu sebesar 3.67

m/tahun, sedangkan yang terendah adalah di kawasan pantai Pecatu yaitu sebesar 0.00 m/tahun.

Tabel 9. Laju Erosi Pantai di Kabupaten Badung

No	Desa	Rata-Rata Perubahan Garis Pantai (m)	Rata-Rata Laju Erosi (m/tahun)
1	Tanjung Benoa	13.48	1.93
2	Benoa	9.19	1.31
3	Kutuh	14.39	2.06
4	Unggasan	7.24	1.03
5	Pecatu	0.00	0.00
6	Jimbaran	7.73	1.10
7	Kedonganan	18.12	2.59
8	Tuban	19.72	2.82
9	Kuta	15.74	2.25
10	Legian	19.32	2.76
11	Seminyak	22.09	3.16
12	Kerobokan Kelod	25.72	3.67
13	Tibubeneng	15.80	2.26
14	Cangu	14.36	2.05
15	Buduk	4.52	0.65
16	Pererenan	15.07	2.15
17	Cemagi	11.31	1.62
Rata-Rata		13.75	1.96

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

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

1. Rata-rata perubahan garis pantai yang terjadi di Kota Denpasar berdasarkan citra satelit SPOT tahun 2009 dan 2015 adalah sebesar 7.46 m, sedangkan rata-rata perubahan garis pantai yang terjadi di Kabupaten Badung adalah sebesar 13.75 m.
2. Rata-rata laju erosi pantai yang terjadi di Kota Denpasar berdasarkan citra satelit SPOT tahun 2009 dan 2015 adalah sebesar 1.07 m/tahun, sedangkan rata-rata laju erosi pantai yang terjadi di Kabupaten Badung adalah 1.96 m/tahun.

b. Saran

Untuk mendapatkan keuratan hasil perlu digunakan citra satelit dengan resolusi tinggi (0,5 m), dengan teknik pemisahan *Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI)* dan *Maximum Likelihood (ML)*.

6. DAFTAR PUSTAKA

Arief, M., Winarso, G., & Prayogo, T. (2011). Kajian Perubahan Garis

- Pantai Menggunakan Data Satelit Landsat di Kabupaten Kendal. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 8, 71-80.
- Aryastana, P., Ardantha, I., Nugraha, A. E., & Candrayana, K. W. (2017). Coastline Changes Analysis in Buleleng Regency By Using Satellite Data. *The 1st Warmadewa University International Conference On Architecture And Civil Engineering*. Denpasar: Warmadewa Press.
- Aryastana, P., Eryani, I. A., & Candrayana, K. W. (2016). Perubahan Garis Pantai dengan Citra Satelit di Kabupaten Gianyar. *PADURAKSA*, 5(2), 70-81.
- Aryastana, P., Eryani, I. G., & Candrayana, K. W. (2016). Perubahan Garis Pantai dengan Citra Satelit di Kabupaten Gianyar. *PADURAKSA*, 5(2), 70-81.
- BWS-BP. (2015). *Studi Updating Abrasi Pantai Provinsi Bali*. Denpasar: Balai Wilayah Sungai Bali-Penida.
- Caballer, J. A., García, E. S., Pascual, J. E., Beser, A. A., & Vázquez, J. P. (2016). Evaluation of Annual Mean Shoreline Position Deduced from Landsat Imagery as a Mid-term Coastal Evolution Indicator. *Marine Geology*(372), 79-88.
- Dave, C. P., Joshi, R., & Srivastava, S. (2015). A Survey on Geometric Correction of Satellite Imagery. *International Journal of Computer Applications*, 116(12), 24-27.
- El-Asmar, H., & Hereher, M. (2011). Change Detection of The Coastal Zone East of The Nile Delta. *Environ Earth Sci*(62), 769-777.
- Ford, M. (2013). Shoreline Changes Interpreted from Multi-temporal Aerial Photographs and High Resolution Satellite Images: Wotje Atoll, Marshall Islands. *Remote Sensing of Environment*(135), 130-140.
- 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*, 49(1), 295-304.
- 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.
- Kasim, F. (2012). Some Approaching Methods in Coastline Change Monitoring Using Remote Sensing Dataset of Landsat and GIS. *Jurnal Ilmiah Agropolitan*, 5(1), 620-635.
- Kuleli, T., Guneroglu, A., Karsli, F., & Dihkan, M. (2011). Automatic Detection of Shoreline Change on Coastal Ramsar Wetlands of Turkey. *Ocean Engineering*(38), 1141-1149.
- 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.
- Rubio, G. G., Huntley, D., & Russell, P. (2015). Evaluating Shoreline Identification Using Optical Satellite Images. *Marine Geology*(359), 96-105.
- Stow, D. A. (2017). *Radiometric Correction of Remotely Sensed Data*. San Diego: San Diego State University.
- Sudarsono, B. (2011). Inventarisasi Perubahan Wilayah Pantai dengan Metode Penginderaan Jauh (Studi kasus Kota Semarang). *Teknik*, 32(2), 162-169.

Visalatchi, & Chandar, R. (2012). Land Use and Land Cover Mapping and Shore Line Changes Studies in Tuticorin Coastal Area Using Remote Sensing. *International Journal of Advanced Earth Science and Engineering*, 1(1), 1-12.