

# KERENTANAN PESISIR TERHADAP PERUBAHAN IKLIM DI TIMUR LAUT PROVINSI BALI

(Coastal Vulnerability Against Climate Change in Northeastern Bali Province)

Aprizon Putra<sup>1</sup>, Semeidi Husrin<sup>1</sup>, Try Al Tanto<sup>1</sup>, Roka Pratama<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Loka Penelitian Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir Balitbang KP - Kementerian Kelautan dan Perikanan

<sup>2</sup>Program Studi Magister Teknik Kelautan Institut Teknologi Bandung

Jl. Raya Padang-Painan Km 16 Padang, Sumatra Barat

E-mail : aprizonputra@gmail.com

Diterima (received): 20 Februari 2015 ; Direvisi (revised): 25 April 2015; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 28 Mei 2015

## ABSTRAK

Secara garis besar, morfologi pesisir timur laut Bali dikategorikan sebagai "Mountainous Coast" yaitu pesisir yang terbentuk dari aktivitas gunung api Tersier-Resen dari gunung Agung (3.142 mdpl). Sungai-sungai yang bermuara umumnya bersifat sub radial karena pengaruh gelombang dan arus laut lebih dominan dari arus sungai, maka beberapa sungai mengalir sejajar dengan garis pantai (spit) sebelum bermuara ke laut. Pengaruh endapan sungai dan gunung api menyebabkan pesisir timur laut Bali memiliki sedimen pasir hitam, kerakal dan bongkah yang terbentuk oleh proses-proses vulkanik. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui zona wilayah pesisir yang rentan terhadap perubahan iklim di timur laut Bali. Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan Indeks Kerentanan Pesisir (IKP) dimana data-data yang digunakan terdiri dari data geospasial dan data oseanografi yang diolah menjadi angka-angka secara kuantitatif. Hasil analisa data penelitian menunjukkan, pesisir timur laut Bali dikategorikan sebagai wilayah dengan kerentanan pesisir sedang – sangat tinggi, dimana dari 20 titik pengamatan dengan panjang garis pantai  $\pm 60$  km memperlihatkan hasil IKP untuk Profil 3 dan 9 memiliki kerentanan sangat tinggi ( $> 4$ ), sedangkan untuk Profil 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, dan 20 memiliki kerentanan tinggi (3 – 4), dan Profil 10, 15 memiliki kerentanan sedang (2 – 3).

**Kata kunci:** kerentanan pesisir, perubahan iklim, timur laut Bali

## ABSTRACT

In general, morphology of the northeastern coast of Bali is categorized as "Mountainous Coast" which is a coastal that was formed by volcanic activity Tersier-Resen from Mount Agung (3.142 mdpl). The rivers that empties to the sea generally in a sub radial form due to the influence of waves and ocean currents are more dominant than the rivers, hence several rivers flowi parallelly toward the coastline (spit) before emptying into the sea. Effect of stream sediment and volcanic cause the northeastern coastal Bali contains black sand sediment, gravel and boulders were formed by volcanic processes. The purpose of this study was to determine the coastal zone areas in the Northeastern Bali that are vulnerable to climate change. The method used was a Coastal Vulnerability Index (CVI) where the data used consisted of geospatial and oceanographic data that were processed into quantitative figures. Results of analyses shows that the northeastern coastal Bali categorized as coastal regions with moderate to very high vulnerability. Among the 20 observation points along  $\pm 60$  kms coastline, the CVI in Profile 3 and 9 show a very high vulnerability ( $> 4$ ), while CVI at Profile 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19 and 20 show high vulnerability (3 – 4), and CVI at Profile 10, 15 show moderate vulnerabilities (2 – 3).

**Keywords:** Coastal Vulnerability, Climate Change, Northeastern Bali

## PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi bencana yang sangat besar terkait dengan perubahan iklim di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. Sebagai langkah mitigasi wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil, pemerintah telah menetapkan target pencapaian wilayah konservasi laut sebesar 20 juta hektar pada tahun 2020. Pada tahun 2013, Kementerian Kelautan dan Perikanan menargetkan luas wilayah konservasi laut seluas 3,64 juta hektar di 21 lokasi. Kementerian Kelautan dan Perikanan juga menargetkan rencana zonasi wilayah pesisir

dan pulau-pulau kecil di 45 lokasi di Indonesia (Gellwyn, 2012).

Wilayah pesisir Indonesia memiliki potensi sumber daya yang cukup besar. Untuk mengoptimalkan pemanfaatan potensi sumber daya di wilayah tersebut dan menjadikan sektor ini sebagai *prime mover* pembangunan ekonomi nasional, diperlukan upaya percepatan dan terobosan dalam pembangunan kelautan dan perikanan yang didukung dengan kebijakan politik dan ekonomi serta iklim sosial yang kondusif. Masalah yang terkait sumber daya pesisir di Indonesia diantaranya adalah masih kurangnya

kegiatan penelitian dan penerapan IPTEK yang terkait dengan sumber daya pesisir beserta kerentanannya (Djalal, 2007).

Upaya perlindungan, pelestarian, dan pemanfaatan sumber daya pesisir di Indonesia sesuai dengan ketentuan yang terdapat dalam Pasal 28 UU 27/2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil yang menyebutkan bahwa pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil meliputi kegiatan perencanaan, pemanfaatan, pengawasan, dan pengendalian terhadap interaksi manusia dalam memanfaatkan sumber daya pesisir dan pulau-pulau kecil serta proses alamiah secara berkelanjutan dalam upaya meningkatkan kesejahteraan masyarakat dalam menjaga keutuhan Negara Kesatuan Republik Indonesia (Idris, 2009).

Dampak dari perubahan iklim terhadap kehidupan manusia meliputi hampir seluruh aspek, baik secara langsung maupun tidak langsung. Perubahan iklim dapat memicu beberapa bahaya alam di lingkungan laut dan pesisir yang diidentifikasi dan dikaji oleh *Working Group I of The Intergovernmental Panel on Climate Change (WG1-IPCC)* sebagai 1) Kenaikan temperatur air laut, 2) Peningkatan frekuensi dan intensitas kejadian cuaca ekstrim, 2) Perubahan pola variabilitas iklim alamiah yang menimbulkan bahaya lanjutan berupa perubahan pola curah hujan, aliran sungai, angin dan arus laut, dan 3) Kenaikan muka air laut (Hadad, 2010).

Setiawan (2012) menambahkan, kondisi tersebut dapat saling mempengaruhi satu dengan lainnya di suatu wilayah dan berpotensi mengalami berbagai ancaman yang dipicu oleh perubahan iklim. Pengaruh perubahan iklim terhadap bahaya yang akan timbul di wilayah pesisir dan laut berupa badai yang mempengaruhi curah hujan dan limpasan permukaan, badai yang terkait dengan angin dan tekanan, serta perubahan muka laut. Perubahan tersebut kemudian akan sangat berpengaruh terhadap 1) suplai sedimen, 2) gelombang, 3) arus laut, dan 4) perubahan muka air laut. Sedangkan faktor eksternal yang tidak terkait langsung dengan perubahan iklim adalah pasang surut dan tsunami, di mana pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda angkasa luar terutama bulan dan matahari, sedangkan tsunami ditimbulkan oleh aktivitas tektonik, vulkanik, longsor bawah laut, dan hantaman dari benda luar angkasa ke Bumi (meteor). Akan tetapi, seluruh elemen tersebut perlu ditinjau dalam menganalisa ancaman yang berpotensi terjadi di wilayah pesisir dan laut.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui zona wilayah pesisir yang rentan terhadap perubahan iklim mengingat wilayah pesisir timur laut Bali merupakan wilayah padat penduduk dimana sebagian besar aktivitas penduduknya berpusat di pesisir. Zonasi kerentanan pesisir timur laut Bali ini diharapkan bisa menjadi acuan dalam rencana tata ruang wilayah pesisir di Provinsi Bali.

## METODE

Pesisir timur laut Bali merupakan Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 573 di Selat Lombok, dan juga merupakan salah satu tujuan wisata utama di Bali seperti pantai Tulamben dengan keberadaan Situs Kapal USAT Liberty sebagai lokasi penyelaman (Ridwan dkk, 2013). Secara astronomis pesisir timur laut Bali berada pada posisi 8°6'4.08 - 8°20'40 S dan 115°17'15 - 115°40'25 E dengan panjang garis pantai ± 60 km dan terdiri dari 4 kecamatan (Kecamatan Kubu, Kecamatan Abang di Kabupaten Karang Asem, Kecamatan Kintamani di Kabupaten Bangli dan Kecamatan Tejakula di Kabupaten Buleleng), dan 21 Desa pesisir (**Gambar 1**). Secara topografi, pesisir timur laut Bali memiliki topografi dinamis berupa dataran, perbukitan, dan pegunungan (termasuk gunung Agung 3.142 mdpl) (Husrin dkk, 2014).

Metode penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini sama dengan yang digunakan oleh Remieri et al (2011). Metode yang digunakan yaitu secara kuantitatif, di mana data-data yang digunakan (**Tabel 1**) kemudian diolah menjadi angka-angka yang menunjukkan kriteria Indeks Kerentanan Pesisir (IKP). Ramdhan dkk (2012) memodifikasi penelitian ini menggunakan teknik analisa spasial dengan melakukan tumpang susun (*overlay*) dari data geospasial. Pada diagram alir penelitian (**Gambar 2**) data yang digunakan untuk penelitian adalah data geospasial, serta data oseanografi digunakan sebagai indikator terjadinya kenaikan muka air laut sebagai akibat dari perubahan iklim.

Untuk mengetahui lokasi wilayah penelitian dilakukan dengan mengambil koordinat wilayah penelitian. Selain itu dilakukan wawancara dengan penduduk, wisatawan dan pemerintah setempat untuk mengetahui keadaan lokasi wilayah penelitian. Selanjutnya data geospasial dan data oseanografi di analisa untuk menghitung nilai *Indeks Kerentanan Pesisir (IKP)*, metode ini juga digunakan oleh *European Environment Agency* untuk menganalisa kerentanan pesisir terhadap perubahan iklim di Eropa (Remieri et al, 2011).

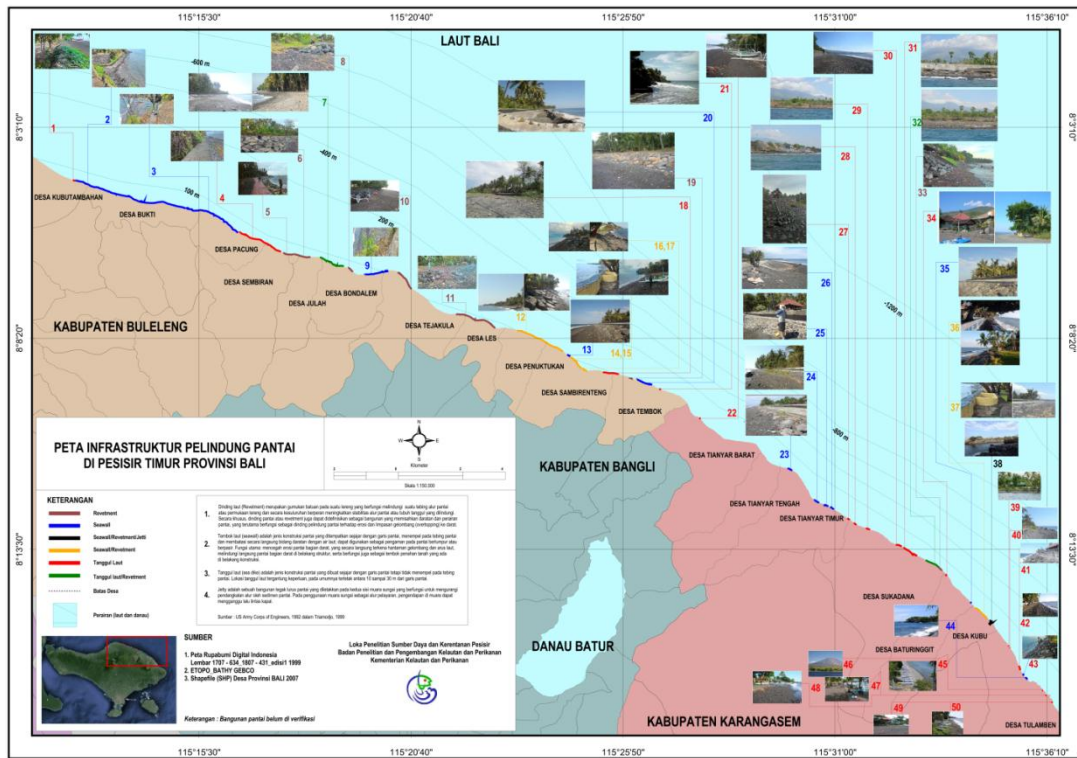
$$IKP = \sum (w_1x_1) + (w_2x_2) + (w_3x_3) + (w_4x_4)$$

Keterangan:

- IKP = Indeks Kerentanan Pesisir
- $w^1$  = Perubahan Garis Pantai
- $w^2$  = Kemiringan Pantai
- $w^3$  = Tinggi Gelombang
- $w^4$  = Pasang Surut
- $x^1$  = Bobot Perubahan Garis Pantai
- $x^2$  = Bobot Kemiringan Pantai
- $x^3$  = Bobot Tinggi Gelombang
- $x^4$  = Bobot Pasang Surut

(Remieri et al, 2011).

Nilai-nilai yang didapat dari perhitungan tersebut kemudian diklasifikasikan menurut tingkat kerentanan pesisir sebagaimana dalam **Tabel 2**.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (Sumber: Husrin dkk, 2014).

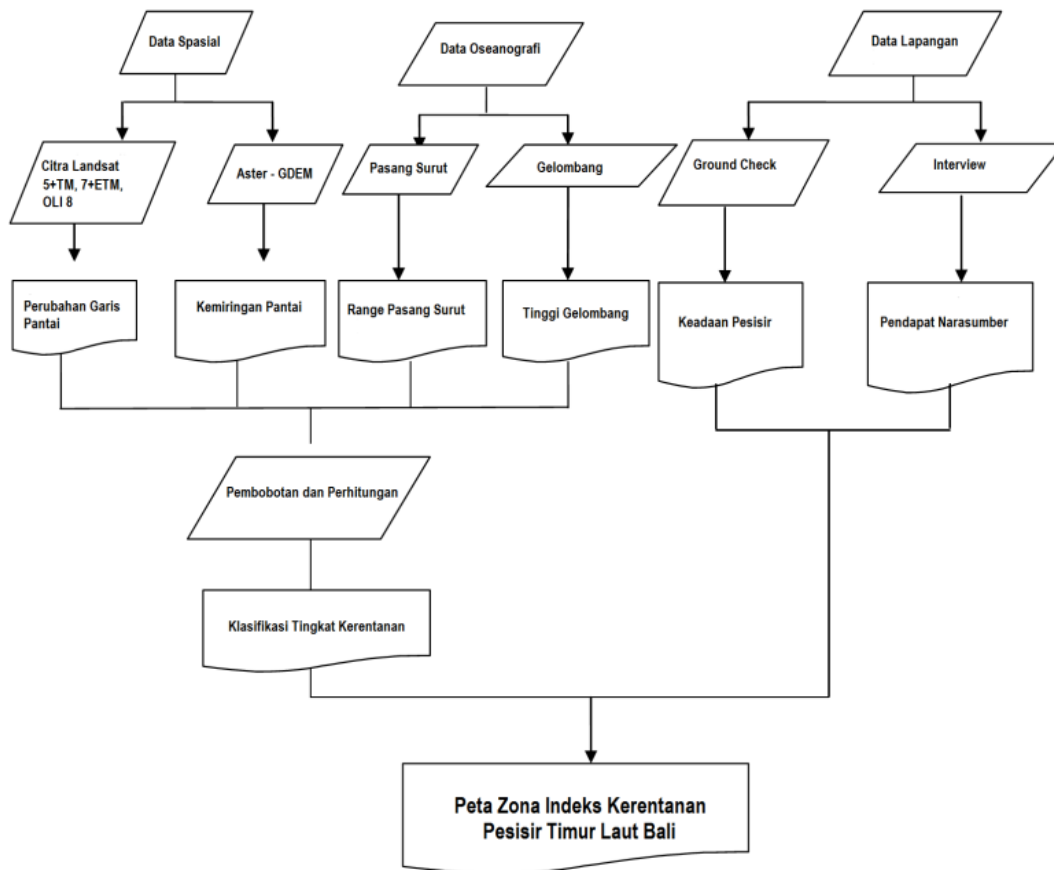
Tabel 1. Data penelitian.

No	Jenis Data	Seri Citra dan skala	Sumber
1	Citra Landsat	5+TM tahun 1989 7+ETM tahun 1995, 1997, 2003, 2005, 2009 OLI 8 tahun 2013	<a href="http://earthexplorer.usgs.gov/">http://earthexplorer.usgs.gov/</a>
2	Peta RBI lembar 1707-634 dan 1807-431	Skala 1:25000	Bakosurtanal, 1999
3	Data DEM Aster GDEM	-	<a href="http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/">http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/</a>
4	Pasang Surut	-	Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)
5	Tinggi Gelombang	-	<a href="http://www.ecmwf.int/">http://www.ecmwf.int/</a>

Tabel 2. Klasifikasi Indeks Kerentanan Pesisir (IKP).

No	Variabel	X	W				
			SR	R	S	T	ST
1	Garis Pantai	0.25	> 2.0 akresi	1.0 - 2.0 akresi	-1.0 - 1.0 Stabil	-1.0 - -2.0 abrasi	< -2.0 abrasi
2	Kemiringan pantai	0.35	>10	6 - 9.9	4 - 5.9	2 - 3.9	< 2
3	Tinggi Gelombang	0.29	<0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	> 2
4	Pasang surut	0.11	<0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	> 2

Keterangan : SR (Sangat Rendah), R (Rendah), S (Sedang), T (Tinggi) dan ST (Sangat Tinggi).  
 Sumber : Remieri et al. (2011).



**Gambar 2.** Diagram alir penelitian.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Garis Pantai**

Perubahan garis pantai tertinggi di Timur laut Bali yaitu -0.68 m/th di Desa Kubu dan terendah -11 m/th di Desa Tembok. Sedangkan akresi terjadi di Desa Les yaitu 1.21 m/th (**Tabel 3** dan **Gambar 3**).

Abrasi yang terjadi disebabkan karena hampasan gelombang pada dinding batuan penyusun pantai, sehingga membentuk daratan pantai yang landai dan sempit. Dasar laut berpasir

vulkanik dan adanya arus yang kuat sewaktu-waktu dapat menyebabkan penggerusan di wilayah pesisir.

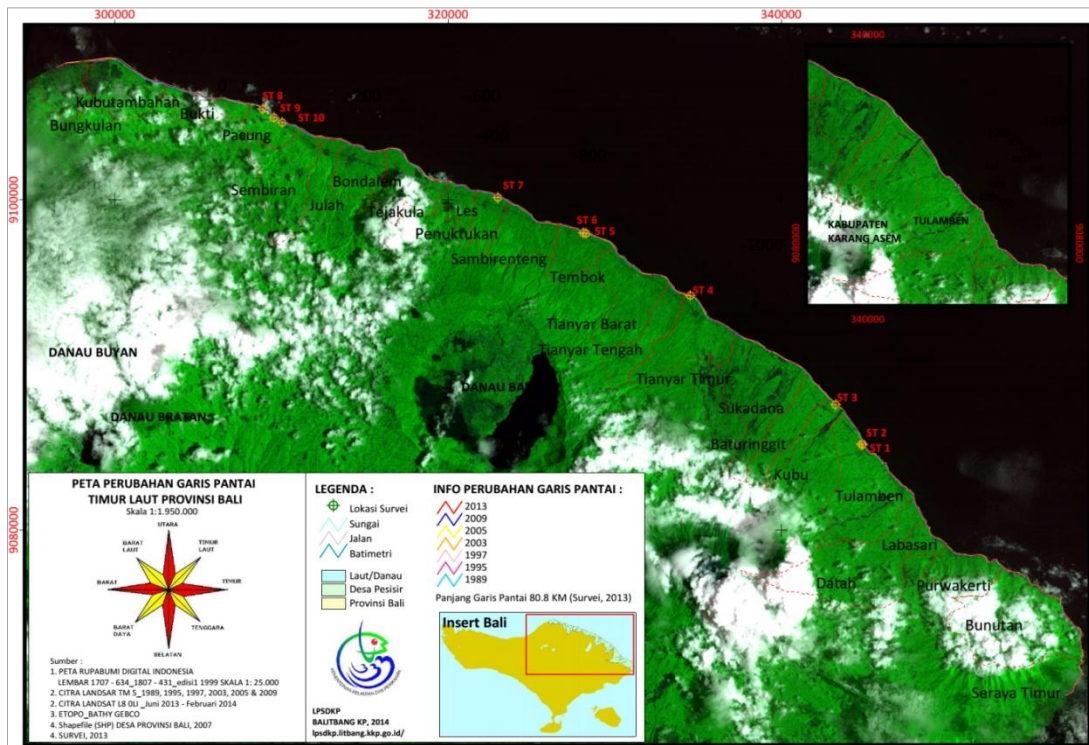
Berdasarkan analisa luas wilayah pesisir yang terkena abrasi (**Tabel 4**) yakni sebesar 417.69 m<sup>2</sup> dimana wilayah yang terkena abrasi merata pada tiap-tiap Desa pesisir di timur laut Bali. Sedangkan luas wilayah pesisir yang terkena akresi seluas 16.05 m<sup>2</sup>, ini terjadi di Desa Les. Pantai Tulamben sampai Pacung umumnya memiliki pantai landai serta berbatu, sedikit berpasir, dan berpasir hitam sehingga begitu datang gelombang besar dari arah laut, pantai tersebut gampang terkikis atau tererosi.

**Tabel 3.** Hasil analisis perubahan garis pantai.

No	1989	1995	1997	2003	2005	2009	2013	m/th	Ket
1	-66.69	-16.44	-8.58	-1.18	-1.56	-1.73	-1.88	-0.50	Abrasi
2	-61.05	-20.04	-2.41	-5.36	-1.41	-2.07	-1.44	-0.40	Abrasi
3	-61.06	-30.09	-4.60	-5.92	-0.31	-2.34	30.72	-0.68	Abrasi
4	-54.65	-9.69	-25.34	24.12	-15.75	-0.54	-0.85	-0.37	Abrasi
5	-47.53	43.86	-74.40	23.19	-15.01	-9.34	-8.24	-0.11	Abrasi
6	-20.68	-10.88	-19.43	10.63	4.67	8.06	7.70	-0.30	Abrasi
7	87.75	0.34	0.40	0.14	0.29	0.23	0.35	1.21	Akresi
8	-9.15	-0.13	-0.12	-0.06	-0.37	-0.26	1.31	-0.13	Abrasi
9	-2.00	12.37	-0.22	-0.24	-1.48	0.33	-0.13	-0.18	Abrasi
10	-8.12	-0.92	-0.30	-0.43	-0.65	3.78	-0.17	-0.13	Abrasi
Jml	-243.1	-31.62	-135.0	44.89	-31.58	-3.88	27.37	-1.60	Abrasi

**Tabel 4.** Hasil analisis luas abrasi/akresi.

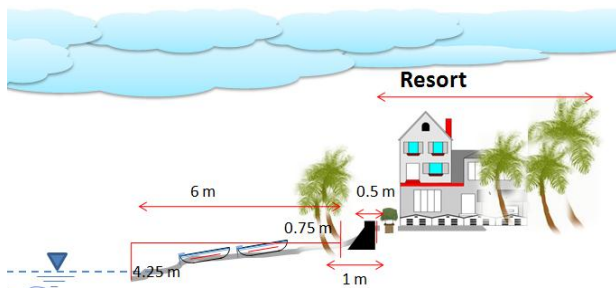
Tahun	1989	1995	1997	2003	2005	2009	2013
Abrasi (m <sup>2</sup> )	128.49	512.47	412.49	359.33	830.69	435.55	417.69
Akresi (m <sup>2</sup> )	62.59	10.55	10.55	26.82	41.27	5.29	16.05



Gambar 3. Peta perubahan garis pantai.

### Kemiringan Pantai

Kemiringan pantai dari Desa Bunutan ke Desa Tulamben (Profil 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20), Desa Kubu (Profil 1), Desa Tejakula (Profil 8), Desa Tembok (Profil 10) relatif sangat rendah dengan kemiringan  $> 10$ . Kecuali untuk Profil 15 di Desa Tulamben (Pura) yang memiliki cliff (*rock coast*) relatif sangat tinggi dengan kemiringan  $< 2$ . Kemiringan pantai dari Desa Tembok (Profil 11, 12), Desa Sembiran sampai Desa Pacung (Profil 4,5,6,7), serta Desa Tianyar (Profil 2) relatif rendah dengan kemiringan 6 - 9,9 dan Desa Tianyar Barat (Profil 3) serta Desa Les (Profil 9) relatif sedang dengan kemiringan 4 - 5,9 berada di (Gambar 4).



Gambar 4. Visualisasi kemiringan pantai Profil 3 di Desa Tianyar Barat.

### Tinggi Gelombang

Gelombang laut yang dibawa oleh angin, sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin, durasi angin serta panjang pembentukan gelombang (*fetch*). Dengan kondisi ini menyebabkan perbedaan

karakteristik gelombang yang terjadi pada bulan Januari dan bulan Agustus. Sedangkan tinggi gelombang maksimum umumnya terjadi pada bulan Desember. Data tinggi gelombang diperoleh dari *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)*. Tinggi rata-rata gelombang signifikan di Bali mencapai nilai maksimum sekitar 2,0 - 2,5 m di Utara dan 2,5 - 3,0 m di Selatan. Artinya bagian Selatan Bali termasuk Selat Lombok mendapat hantaman langsung energi gelombang dari arah laut lepas Samudera Hindia (dari Selatan). Gelombang yang lebih tinggi sekitar 2,5 m sampai 3 m terbentuk di Selatan Bali dan di Utara Pulau Nusa Penida saat gelombang datang dari arah Tenggara.

### Pasang Surut

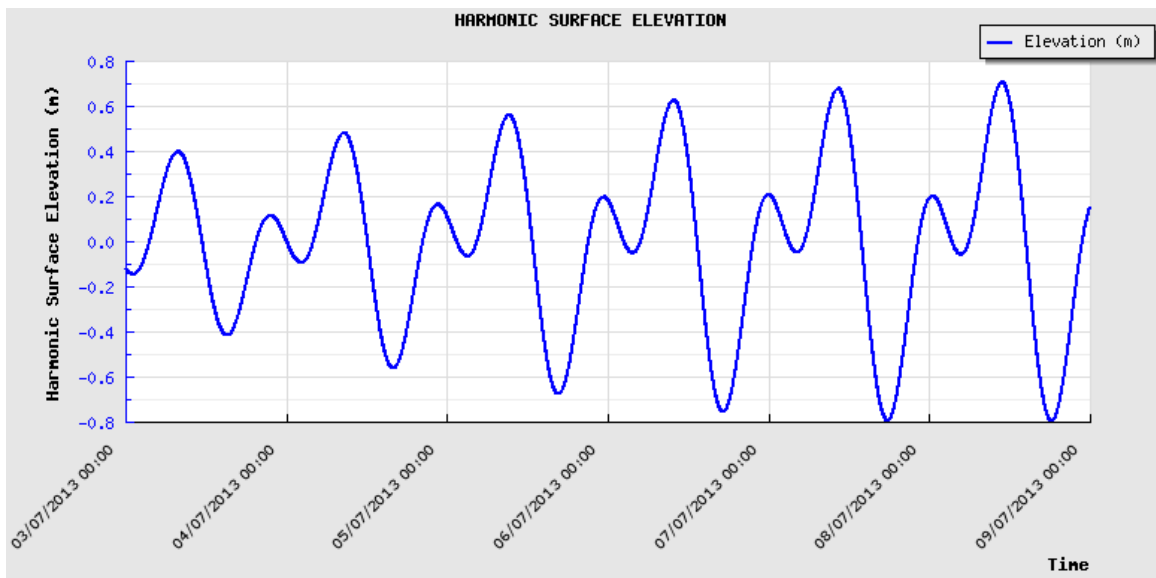
Kondisi pasang surut di pesisir timur laut Bali memiliki tipe *mixed semi diurnal* (harian ganda campuran). Berdasarkan hasil peramalan pasang surut stasiun peramalan terdekat yaitu di stasiun Gondol Bali Utara tanggal 3 - 8 Juli 2013, dimana pada tanggal 3 Juli 2012 mempunyai *high water* 0,3939 m pada pukul 07:48 WITA dan *low water* - 0,1446 m pada pukul 01:06 WITA seperti terlihat pada Gambar 5.

Data pasang surut yang terukur oleh alat *Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)* diperoleh dari pengukuran tekanan yang dikonversi secara otomatis ke dalam satuan meter. Data pasang surut yang terukur oleh ADCP memiliki durasi selama 26,9 hari dimulai pada tanggal 29 Agustus 2013 jam 9.10 WITA hingga tanggal 25 September 2013 jam 6.40 WITA dengan data interval 10 menit. Selanjutnya analisa data menggunakan perangkat

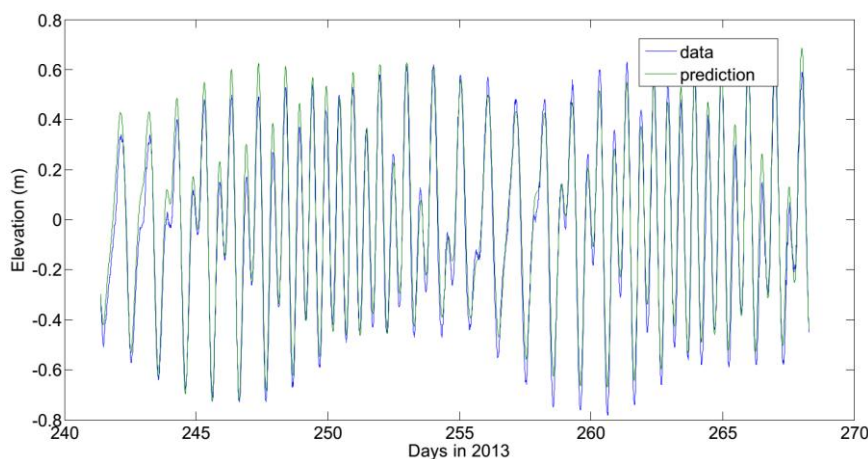
T\_TIDE (Pawlowicz *et al.* 2002). T\_TIDE merupakan sebuah paket program pengolahan pasang surut dengan "metoda least square" yang ditulis dalam MATLAB sehingga sangat praktis untuk menampilkan hasil-hasilnya.

**Gambar 6** memperlihatkan hasil analisa data pasang surut di mana hasil analisa (prediksi) nampak mendekati data sebenarnya dengan tingkat keterwakilan hingga 96,5%. Konstituen pasang surut yang dominan adalah O1, K1, M2, S2, SK3, M4, S4, 2MS6 dan M8. Berdasarkan bilangan formzahl ( $F_z=0.822$ ), sifat pasang surut di timur laut Bali adalah pasang surut campuran cenderung ganda (*Mixed predominantly semi diurnal*). Dari hasil pengamatan pasang surut tersebut dapat dihitung komponen-komponen pasang surut (*tidal constituents*) yang dipakai untuk meramalkan elevasi pasang surut di wilayah sekitarnya.

Analisa pasang surut dilakukan untuk memperoleh elevasi muka air dan dilakukan dengan urutan 1) menguraikan komponen pasang surut, 2) meramalkan fluktuasi muka air akibat pasang surut, dan 3) menghitung elevasi muka air. Penguraian komponen pasang surut akan menghasilkan besaran amplitudo dan fase untuk setiap komponen. Metoda yang biasa digunakan untuk menguraikan komponen pasang surut adalah metode kuadrat terkecil (*Least Square*). Metode ini menggunakan prinsip bahwa kesalahan peramalan harus sekecil-kecilnya, sehingga jumlah selisih kuadrat antara peramalan dengan data pengamatan harus minimum.



**Gambar 5.** Hasil peramalan pasang surut tanggal 3 - 8 Juli 2013 di Stasiun Gondol Bali Utara.



**Gambar 6.** Pasang surut di timur laut Bali.

**Indeks Kerentanan Pesisir (IKP)**

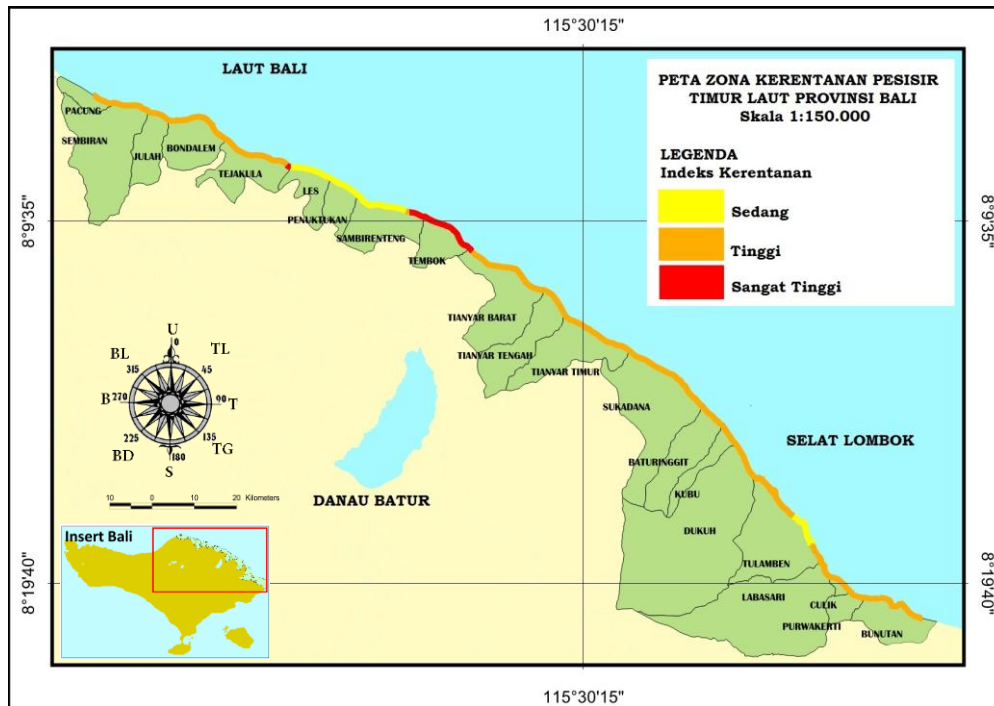
Hasil analisa kerentanan pesisir di 20 titik pengamatan memperlihatkan kerentanan pesisir untuk Profil 3 dan 9 di Desa Tembok, Desa Sambirenteng dan Desa Tejakula memiliki kerentanan sangat tinggi terhadap bencana pesisir

dengan nilai indeks 4. Sedangkan untuk Profil 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19 dan 20 di Desa Pacung, Desa Sembiran, Desa Julah, Desa Bondalem, Desa Tejakula, Desa Tianyar Barat, Desa Tianyar Timur, Desa Tianyar Tengah, Desa Baturinggit, Desa Kubu, Desa Sukadana, Desa Dukuh, Desa Tulamben, Desa Labasari, Desa Culik,

Desa Purwakerti serta Desa Bunutan memiliki kerentanan tinggi terhadap bencana pesisir dengan nilai indeks 3 – 4, dan untuk Profil 10 dan 15 di Desa Les, Desa Penuktukan serta Desa Tulamben memiliki kerentanan sedang terhadap bencana wilayah pesisir dengan nilai indeks 2 – 3 (**Gambar 7 dan Tabel 5**).

Secara keseluruhan, pesisir timur laut Bali dikategorikan sebagai wilayah dengan kerentanan tinggi. Rata-rata mengalami abrasi dengan derajat yang berbeda-beda, ini merupakan salah satu

indikasi kemungkinan tingginya abrasi akibat *cross-shore transport* di mana sebagian besar pasir hilang terdeposisi ke bagian laut yang lebih dalam pada saat badai laut. Fenomena *longshore transport* juga ditemui karena tingginya abrasi di beberapa tempat setelah wilayah lainnya yang bersebelahan ditambah/dibangun bangunan pelindung pantai. *Longshore transport* di wilayah ini tinggi karena karakteristik angin/gelombang yang cenderung dominan dari arah timur dan tenggara.



**Gambar 7.** Peta Zona Kerentanan Pesisir di timur laut Bali.

**Tabel 5.** Hasil analisa Indeks Kerentanan Pesisir (IKP).

Profil	Koordinat		$W^1 * X^1$	$W^2 * X^2$	$W^3 * X^3$	$W^4 * X^4$	IKR	Keterangan
	Latitude	Longitude						
1	8°15'14.08	115°34'47.05	1.25	0.7	0.22	1.45	3.6	Tinggi
2	8°11'31.08	115°29'53.04	1.25	0.7	0.22	1.45	3.6	Tinggi
3	8°10'26.04	115°27'49.00	1.25	1.05	0.22	1.45	4.0	Sangat Tinggi
4	8° 6'17.08	115°17'42.00	1.25	0.7	0.22	1.45	3.6	Tinggi
5	8° 6'15.55	115°17'34.32	1.25	0.7	0.22	1.45	3.6	Tinggi
6	8° 6'12.07	115°17'29.20	1.25	0.7	0.22	1.45	3.6	Tinggi
7	8° 6'4.08	115°17'15.04	1.25	0.7	0.22	1.45	3.6	Tinggi
8	8° 6'40.06	115°20'5.02	1.25	0.35	0.22	1.45	3.3	Tinggi
9	8° 8'2.05	115°22'39.06	1.25	1.05	0.22	1.45	4.0	Sangat Tinggi
10	8° 8'5.09	115°22'46.09	0.25	0.35	0.22	1.45	2.3	Sedang
11	8° 9'18.05	115°26'0.01	1.25	0.35	0.22	1.45	3.3	Tinggi
12	8° 9'20.01	115°26'5.07	1.25	0.35	0.22	1.45	3.3	Tinggi
13	8°17'32.05	115°36'29.09	1.25	0.35	0.22	1.45	3.3	Tinggi
14	8°17'49.03	115°36'48.06	1.25	0.35	0.22	1.45	3.3	Tinggi
15	8°18'35.08	115°37'17.08	0.75	0.35	0.22	1.45	2.8	Sedang
16	8°18'51.09	115°37'26.07	1.25	0.35	0.22	1.45	3.3	Tinggi
17	8°20'0.08	115°38'29.02	1.25	0.35	0.22	1.45	3.3	Tinggi
18	8°20'5.03	115°39'12.07	1.25	0.35	0.22	1.45	3.3	Tinggi
19	8°20'18.08	115°39'35.09	1.25	0.35	0.22	1.45	3.3	Tinggi
20	8°20'40.09	115°40'25.08	1.25	0.35	0.22	1.45	3.3	Tinggi

## KESIMPULAN

Berdasarkan survei lapangan dan analisa data geospasial dan oseanografi dapat disimpulkan bahwa secara umum kerentanan pesisir timur laut Bali disebabkan oleh penggunaan lahan yang terlalu dekat dengan garis pantai serta litologi daerah yang tersusun oleh endapan aluvial serta didominasi oleh batuan vulkanik aglomerat, tuff, lava dan ignimbrite hasil kegiatan Gunung Agung (3.142 mdpl) dan tinggi gelombang signifikan mencapai 2,0 - 2,5 m di Utara dan 2,5 – 3,0 m di Selatan. Artinya bagian Selatan pulau Bali termasuk Selat Lombok mendapat hantaman langsung energi gelombang angin dari arah laut lepas Samudera Hindia (dari Selatan). Secara keseluruhan, pesisir timur laut Bali dikategorikan sebagai wilayah dengan kerentanan tinggi. Hanya Desa Les, Desa Penuktukan dan Desa Tulamben yang memiliki kerentanan sedang terhadap bencana wilayah pesisir.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Kepala Loka Penelitian Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir, yang telah memberikan dorongan penuh bagi kami dalam melaksanakan penelitian kerentanan pesisir menggunakan DIPA APBN Tahun 2014. Kami juga menghaturkan banyak terima kasih bagi semua pihak yang telah membantu proses administrasi, penyediaan data-data penelitian dan juga pihak yang membantu kami di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

Djalal, H. (2007). Peninggalan Bawah Air dan Kaitannya dengan Hukum Kelautan. National Consultative

- Meeting on Management of Underwater Cultural Heritage, Bogor.
- Gellwyn, J. (2012). Ekonomi Biru Menjadi Arah Kebijakan Pembangunan Perikanan. Siaran Pers.
- Hadad, I. (2010). Perubahan Iklim dan Pembangunan Berkelanjutan: Sebuah Pengantar. *Jurnal Prisma*, 29(2), 3-23.
- Husrin, S., Putra, A., Sofyan, H., Ridwan, N.N.H., Pratama, R., Meilano, I., Yuanita, N., & Subrata, M. (2014). Kajian Lingkungan Pesisir dan Sistem Perlindungan Pantai di Bali Timur. Laporan Teknis Kegiatan Penelitian. Loka Penelitian Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir. Balitbang KP. Padang.
- Idris, I. (2009). Kebijakan DKP Mendukung Wisata Bahari Berkelanjutan. Workshop Pengembangan Wisata Bahari Kapal Tenggelam dan Pengembangan Wisata Terpadu di Pulau Owi. Jakarta.
- Ramdhan, M., Husrin, S., Sudirman, N., & Tanto, T.A. (2012). Pemetaan Indeks Kerentanan Pesisir Terhadap Perubahan Iklim di Sumatra Barat dan Sekitarnya. *Jurnal Segara*, 8(2), 107-115.
- Ramieri, E., Hartley, A., Barbanti, A., Santos, F.D., Laihonen, P., Marinova, N. and Santini, M. (2011). Methods for Assessing Coastal Vulnerability to Climate Change. ETCCCA Background Paper. European Environment Agency, Copenhagen (DK).
- Ridwan, N.N.H., Kusumah, G., Husrin, S., Pranowo, W.S., Widagti, N., Siwi, W.E., Tenaya, W.G., Ilham., & Setyadi A. (2013). Analisis Kerentanan dan Dampak Perubahan Iklim Terhadap Potensi Kawasan Konservasi Maritim di kab. Karang Asem Bali. Laporan Teknis Kegiatan Penelitian. Loka Penelitian Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir. Balitbang KP. Padang.
- Pawlowicz, R., Beardsley, B., and Lentz, S. (2002). Classical Tidal Harmonic Analysis Including Error Estimates in MATLAB using T\_TIDE. *Journal Computers and Geosciences* 28, 929-937.
- Setiawan, B. (2012). 7.239 Hektare Hutan Mangrove di Brebes Rusak Parah. Cited in <http://m.suaramerdeka.com>. [15 Januari 2014].