



PEMETAAN KERAWANAN TSUNAMI DI KECAMATAN PELABUHANRATU KABUPATEN SUKABUMI

Bayu Surya Pramana

Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Kota Sukabumi

Email: nuansasegara88@gmail.com

Naskah diterima : 23 Maret 2015, direvisi : 24 April 2015 , disetujui : 25 Mei 2015

Abstract

Pelabuhanratu sub-district located in the southern part of West Java has the tsunami disaster vulnerability is high, because the South region of West Java directly adjacent to the zone plate's movement and in the Indian Ocean. So that this region is very vulnerable to an earthquake that occurred under the sea, earthquake phenomenon is largely a high potential for the occurrence of the tsunami disaster. This article will explain the vulnerability of the tsunami in the District Pelabuhanratu, through the application of GIS and field survey which will be known the factors causing the high value of the vulnerability, the potential damage, and tsunami evacuation locations in District Pelabuhanratu. Subdistrict Pelabuhanratu indicate that value or category of vulnerability tsunami in the District Pelabuhanratu dominated by the 46% category Rawan, Rawan Enough 19% and 17% Highly Prone. With these conditions, the District of Pelabuhanratu categorized as tsunami-prone area.

Keywords: *mapping vulnerability; tsunami*

Abstrak

Kecamatan Pelabuhanratu yang berada di bagian Selatan Jawa Barat mempunyai tingkat kerawanan bencana tsunami yang tinggi, dikarenakan wilayah Selatan Jawa Barat berbatasan langsung dengan zona pergerakan lempeng dunia dan Samudera Hindia yang dalam. Sehingga wilayah ini sangat rentan terjadi gempa bumi yang terjadi di bawah laut. Fenomena gempa tersebut sebagian besar berpotensi tinggi terhadap terjadinya bencana tsunami. Artikel ini akan memaparkan tingkat kerawanan bencana tsunami di Kecamatan Pelabuhanratu, melalui aplikasi Sistem Informasi Geografi (SIG) dan survey lapangan yang akan diketahui faktor penyebab tingginya nilai kerawanan, potensi kerusakan, dan lokasi evakuasi bencana tsunami di Kecamatan Pelabuhanratu. Kecamatan Pelabuhanratu menunjukkan bahwa nilai atau kategori kerawanan bencana tsunami di wilayah Kecamatan Pelabuhanratu didominasi oleh 46% kategori Rawan, 19% Cukup Rawan dan 17% Sangat Rawan. Dengan kondisi tersebut maka wilayah Kecamatan Pelabuhanratu dikategorikan sebagai daerah yang rawan bencana tsunami.

Kata kunci: pemetaan kerawanan; tsunami

Pengutipan: Pramana, B., S. (2015). Pemetaan Kerawanan Tsunami di Kecamatan Pelabuhanratu Kabupaten Sukabumi. *SOSIO DIDAKTIKA: Social Science Education Journal*, 2(1), 2015, 76-92. doi:10.15408/sd.v2i1.1383

Permalink/DOI: <http://dx.doi.org/10.15408/sd.v2i1.1383>

A. Pendahuluan

Tsunami adalah perpindahan masa air dari kecepatan yang tinggi di lautan dalam dengan tinggi gelombang yang rendah, tetapi ketika mencapai perairan yang dangkal dan hampir mencapai daratan, kecepatan gelombangnya mulai menurun akan tetapi ketinggian gelombangnya meningkat.¹

Gelombang tsunami ini terjadi karena disebabkan oleh beberapa faktor, seperti gempa bumi, letusan gunung api bawah laut, longsoran besar di dasar laut dan akibat benturan benda langit (meteor). Dari beberapa kejadian tsunami yang pernah terjadi di permukaan bumi, hampir 90% diakibatkan oleh gempa bumi di dasar laut²

Gelombang tsunami di tengah lautan luas tidak terasa bahkan tidak teramati, seperti ayunan gelombang laut yang lembut. Akan tetapi gelombang ini menjelma sebagai gelombang ganas yang mampu menghantam semua benda yang ada di hadapannya setelah mencapai daratan. Bencana ini kerap mengancam wilayah yang mempunyai tatanan geologi di sekitar pergerakan lempeng bumi yang aktif. Seperti halnya Indonesia, "*tatanan geologinya telah menempatkan negara ini pada rangkaian Cincin Api Pasifik (Ring Of Fire)*".³ Tatanan geologi tersebut telah menempatkan geografis Indonesia sebagai negara kepulauan yang sebagian besar luas wilayahnya adalah lautan, yang mempunyai garis pantai terpanjang kedua di dunia.

Hal tersebut telah menempatkan posisi Indonesia sebagai salah satu negara yang berada pada peringkat atas sebagai negara yang menyimpan potensi yang besar terhadap fenomena gempa bumi yang rentan terhadap terjadinya bencana tsunami. Selain karena pergerakan lempeng aktif itu sendiri yang berada di dasar samudera yang menimbulkan bencana gempa tektonik, tatanan geologi tersebut juga menyebabkan Indonesia mempunyai beberapa gunung api bawah laut yang dapat menimbulkan gempa vulkanik secara tiba-tiba dan sama-sama menyimpan potensi tinggi terjadinya tsunami bila kedua gempa ini terjadi di dasar perairan Indonesia.

Rangkaian lempeng bumi yang labil dari sisi barat Sumatera menuju selatan Jawa hingga ke timur Indonesia dan berputar ke utara melalui Nusa Tenggara, Maluku dan diteruskan ke Sulawesi telah menuliskan ceritanya pada lembaran-lembaran kisah sejarah geologi Indonesia dalam kolom catatan rangkaian tsunami "*sejak tahun 1990 yang telah terjadi sedikitnya 11 kali bencana tsunami yang digolongkan sebagai gelombang tsunami terbesar yang terjadi di sepanjang garis pantai Negara Indonesia*".⁴ Terutama bencana tsunami yang melanda Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam (NAD) pada 26 Desember 2004, kemudian diikuti tsunami yang melanda pulau Nusakambangan dan Pangandaran pada 17 Juli 2006, wilayah Bengkulu pada 12 September 2007 dan terakhir pada tanggal 25 Oktober 2010 tsunami kembali menghantam Kepulauan Mentawai di Sumatera Barat.⁴

Salah satu dari sekian banyak pantai yang menyimpan potensi besar kerawanan tsunami di Indonesia adalah pantai selatan Jawa yang dilalui pergerakan lempeng aktif bumi, yaitu Pantai Pelabuhanratu. Pelabuhanratu merupakan suatu kawasan di selatan Jawa Barat yang merupakan zona pengangkatan akibat dari aktivitas lempeng bumi. Pada awal abad 20, Pelabuhanratu mengalami pemekaran wilayah dan menjadi ibukota Kabupaten Sukabumi. Semua pusat pemerintahan DT II Sukabumi dialihkan ke wilayah ini. Dari segi ekonomi, memang sangat menguntungkan karena dapat meningkatkan laju perekonomian masyarakat di pelosok Kabupaten Sukabumi. Tidak hanya karena Sumber daya alam yang melimpah dan luas wilayahnya yang besar, tetapi pemekaran itu pun bertujuan untuk pengembangan pariwisata Pantai Pelabuhanratu yang menjadi primadona wisata Sukabumi. Hal itu menyebabkan terjadinya pemusatan penduduk, dengan kata lain terjadi peningkatan kepadatan penduduk di wilayah tersebut.

Tidak hanya itu, Kecamatan Pelabuhanratu mempunyai topografi yang beraneka ragam, mulai dari dataran rendah sampai perbukitan dengan kepadatan penduduk yang relatif tinggi di sepanjang daratan rendah yang berada di sepanjang pantai. Faktor-faktor tersebut merupakan faktor utama pemicu tingginya

¹ Yunus, M. Rusli, dkk. (2005). *Gempa bumi dan Tsunami Tingkat SMP&SMA*. Jakarta: Badan Geologi Indonesia.

² Malik, Yakub. dan Nanin Trianawati S. (2009). *Gempa Bumi dan Tsunami*. Bandung: Buana Nusantara.

³ Yunus, M. Rusli, dkk. (2005). *Gempabumi dan Tsunami Tingkat SMP&SMA*. Jakarta: Badan Geologi Indonesia.

⁴ Yunus, M. Rusli, dkk. (2005). *Gempabumi dan Tsunami Tingkat SMP&SMA*. Jakarta: Badan Geologi Indonesia. hal. 35

kerawanan bencana tsunami di wilayah ini, yang semakin hari terus meningkat. Apalagi tingkat pengetahuan penduduk yang masih minim tentang tingkat bahaya dan karakteristik bencana tsunami yang mengancam wilayah tempat tinggal mereka selama ini.

Selain dari segi penduduk yang menghuni wilayah itu yang rentan terhadap banyaknya korban jiwa yang akan ditimbulkan, potensi kerawanan bencana tsunami yang tinggi di wilayah ini juga disebabkan karena karakteristik garis pantai yang dimiliki kawasan ini. Morfologi pantai yang berada pada pusat cekungan teluk dengan kondisi garis pantai cekung dan mempunyai muara sungai besar telah memberikan sumbangsih yang besar terhadap peningkatan kerawanan bencana tsunami di wilayah ini.

Rangkaian peristiwa gempa bumi bawah laut yang terus menerus terjadi di pantai selatan Jawa dan sulitnya memprediksi kapan terjadinya gempa, masih menjadi mimpi buruk dan bom waktu yang terus menghantui wilayah pantai selatan Jawa Barat, khususnya Pelabuhanratu yang suatu saat dapat meledak tanpa bisa kita prediksi sebelumnya. Hal itu mengingatkan sampai detik ini teknologi tercanggih yang dimiliki manusia pada abad ini masih belum mampu memprediksi kapan terjadinya gempa bumi dan tsunami.

Fenomena bencana tsunami tidak dapat kita kaji hanya dari satu aspek keruangan, tetapi harus mengkaji dan menganalisis seluruh aspek keruangan. Kerawanan bencana tsunami mempunyai tingkat permasalahan atau faktor-faktor yang relatif sangat kompleks. Hal itu dikarenakan semua aspek keruangan mempunyai saling keterkaitan dalam menentukan tinggi rendahnya kerawanan bencana tsunami.

B. Tinjauan Pustaka

1. Pengertian Tsunami

Tsunami adalah gelombang laut yang terjadi akibat adanya perubahan bentuk dasar laut secara tiba-tiba dan ini dapat diakibatkan oleh gempa bumi, letusan gunung berapi, atau longsor. Tsunami juga bisa ditimbulkan oleh kegiatan gunung berapi di bawah permukaan

laut. Tsunami berasal dari bahasa Jepang yang berarti gelombang ombak lautan.

2. Proses Terjadinya Tsunami

Di lautan dalam, dengan kecepatan tsunami yang kuat dapat bergerak 700 km/jam. Tsunami bergerak ratusan kilometer per jam di Samudera dengan tinggi gelombang hanya 1 meter. Semakin dalam laut, semakin cepat gelombang tsunami merambat. Namun, ketika memasuki perairan dangkal dekat daratan, kecepatan tsunami melambat dan kekuatan serta ketinggian gelombang bertambah. Tingginya gelombang tsunami saat menghantam pantai dapat mencapai hingga 30 meter.

3. Klasifikasi Tsunami

a. Tsunami Atmosfer

Merupakan gelombang yang menyerupai tsunami yang ditimbulkan oleh tekanan atmosfer berlaju cepat yang bergerak di atas laut dangkal pada kecepatan yang hampir sama dengan kecepatan gelombang, sehingga memungkinkan keduanya beriring.

b. Tsunami Lokal

Merupakan tsunami yang berasal dari suatu sumber tsunami yang letaknya tidak jauh dan dampak destruktif yang ditimbulkannya terbatas hanya pada pantai dalam radius 100 km dari sumbernya.

c. Mikrotsunami

Tsunami yang memiliki *amplitude* demikian kecil, sehingga untuk mengamatinya diperlukan alat dan tidak mudah mendeteksinya secara kasatmata.

d. Tsunami Lintas Samudera

Tsunami yang menimbulkan kehancuran berskala luas, tidak hanya di daerah sekitar sumber gempa, melainkan juga lintas samudera.

e. Paleotsunami

Tsunami yang terjadi pada zaman dahulu sebelum adanya catatan sejarah atau tidak ada laporan pengamatan tertulis. Penelitian *paleotsunami* didasarkan kepada identifikasi, pemetaan dan bukti berupa endapan-endapan tsunami yang ditemukan di daerah-daerah pantai, dan korelasinya dengan endapan-endapan

tsunami yang ditemukan di daerah-daerah lain secara lokal, regional, atau di seberang ceruk samudera.

f. Tsunami Regional

Tsunami yang dapat menghancurkan suatu wilayah geografis tertentu, umumnya dalam radius 1.000 Km dari sumbernya. Tsunami regional adakalanya berdampak sangat terbatas dan bersifat lokal pada wilayah di luarnya.

g. Teletsunami (Tsunami Jauh)

Tsunami yang berasal dari sumber yang letaknya jauh, biasanya lebih dari 1.000 Km. Tsunami ini berawal dari tsunami lokal yang menyebabkan kehancuran besar di dekat sumbernya, kemudian gelombang-gelombangnya menjalar melintasi seberang ceruk samudera dengan energi yang cukup kuat sampai menimbulkan tambahan korban dan kehancuran di pantai-pantai yang letaknya lebih jauh dari 1.000 Km dari sumbernya.

4. Parameter Tsunami

a. Kecepatan Tsunami

Tsunami akan membentuk seri gelombang dengan kecepatan tertentu. Dengan menggunakan prinsip hukum kekekalan energi, maka cepat rambat gelombang laut akibat tsunami dapat dihitung berdasarkan persamaan $V = \sqrt{g \cdot h}$. v = Kecepatan rambat gelombang, g = percepatan gravitasi bumi, h = kedalaman laut.

Tabel 1. Cepat rambat gelombang laut akibat tsunami pada beberapa kedalaman laut

No.	Kedalaman laut (meter)	Cepat Rambat gelombang (km/jam)
1.	7.000	943
2.	5.000	797
3.	3.000	617
4.	1.000	356
5.	500	252
6.	100	113
7.	50	80
8.	10	38

Sumber : Yunus, M. Rusli (2005: 30)⁵

b. Tinggi Tsunami (Run Up)

Tinggi rendahnya gelombang tsunami tergantung pada besar atau kecilnya energi

penyebab terjadinya tsunami karena sesar naik ketika gempa bumi terjadi. Pada saat tsunami mendekati garis pantai dan daratan, bagian dasar laut yang dangkal, berfungsi mengerem atau mengurangi kecepatan rambat gelombang bagian bawah. Semakin mendekati pantai, kecepatan gelombang air laut bagian bawah semakin lambat, sedangkan kecepatan gelombang bagian atas masih relatif cepat. Pada keadaan itu, tinggi gelombang laut atau amplitudo semakin tinggi dan panjang gelombang semakin pendek. Semakin cepat terjadi gesekan antara gelombang dengan dasar pantai, maka semakin lambat kecepatan rambat gelombang bagian bawah, tetapi tinggi amplitudo gelombang atas akan semakin besar.

Tabel 2. Cepat Rambat Gelombang Laut Akibat Tsunami Pada Beberapa Ketinggian Genangan di darat

No.	Ketinggian Genangan	Cepat Rambat Gelombang
1.	15 Meter	44 (Km/Jam)
2.	12 Meter	39 (Km/Jam)
3.	10 Meter	36 (Km/Jam)
4.	8 Meter	32 (Km/Jam)
5.	6 Meter	28 (Km/Jam)
6.	4 Meter	23 (Km/Jam)
7.	2 Meter	16 (Km/Jam)
8.	1 Meter	11 (Km/Jam)

Sumber : Yunus, M. Rusli (2005: 30)⁶

c. Jarak Landaan

Gelombang air laut akibat tsunami dapat mencapai jauh ke daratan dari garis pantai. Hal ini disebabkan oleh :

- Sungai dengan ciri lurus, dalam dan lebar yang bermuara di laut, menyebabkan gelombang kan mudah masuk dengan kecepatan tinggi.
- Pantai yang landai, tanpa penghalang alami seperti pohon besar berakar kuat dan dalam.

Sebagai contoh, tsunami yang melanda Kota Banda Aceh melalui Sungai Krueng Raya, sehingga landaan gelombang air laut mencapai lebih kurang 5 km dari garis pantai.

d. Intensitas Tsunami

Intensitas tsunami menggambarkan tinggi gelombang di darat dan tingkat kerusakan

⁵ Yunus, M. Rusli, dkk. (2005). *Gempabumi dan Tsunami Tingkat SMP&SMA*. Jakarta: Badan Geologi Indonesia. hal, 30

⁶ Yunus, M. Rusli, dkk. (2005). *Gempabumi dan Tsunami Tingkat SMP&SMA*. Jakarta: Badan Geologi Indonesia. hal. 30

yang diakibatkannya, diperkenalkan oleh G. Papadopoulos dan F. Imamura pada tahun 2001 yang membagi intensitas tsunami dalam skala I hingga XII. Pembagian tersebut diuraikan dalam tabel 3.

C. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kecamatan Pelabuhanratu terletak pada $106^{\circ}30'46,379''\text{BT}$ - $106^{\circ}37'55,098''\text{BT}$ dan

$06^{\circ}55'30,416''\text{LS}$ - $07^{\circ}1'51,614''\text{LS}$. Secara administratif, wilayah penelitian berada di Kecamatan Pelabuhanratu, yang terdiri dari 1 kelurahan dan 7 desa, yaitu Kelurahan Pelabuhanratu, Desa Buniwangi, Tonjong, Cibodas, Citepus, Cikadu, Citarik dan Pasirsuren (Katalog BPS Kab. Sukabumi, 2009:26).

Tabel 3. Skala intensitas tsunami G. Papadopoulos dan F. Imamura

Intensitas	Tinggi Gelombang	Keterangan landaan Tsunami
I	-	Tidak teramati
II	-	Hampir tidak terasa oleh semua orang di kapal kecil. Tidak teramati di pantai. Tidak ada dampak dan tidak membahayakan
III	-	Terasakan oleh sebagian orang di kapal kecil. Teramati oleh sebagian orang di pantai. Tidak ada dampak dan tidak membahayakan
IV	-	Terasa oleh semua orang di kapal kecil dan sedikit orang di kapal besar. Teramati oleh sebagian orang di pantai. Kapal kecil bergerak sedikit ke arah darat. Tidak membahayakan.
V	1 meter	Terasa oleh semua orang di kapal besar dan teramati di pantai. Sebagian kecil orang ketakutan dan lari ke tempat yang lebih tinggi. Kapal-kapal kecil bergerak cepat ke darat, beberapa diantaranya bertabrakan dengan yang lainnya dan terbalik. Pasir terendapkan pada tempat tertentu. Terjadi banjir pada lahan yang tidak berpenghalang dekat pantai.
VI	2 meter	Banyak orang ketakutan dan lari ke tempat yang lebih tinggi. Sebagian kapal kecil terhempas ke darat, saling bertabrakan dan terbalik. Kerusakan dan banjir pada sebagian bangunan kayu. Sebagian besar bangunan masih bertahan.
VII	4 meter	Sebagian orang ketakutan dan lari ke tempat yang lebih tinggi. Kapal-kapal kecil rusak. Sebagian kapal besar terhempas ke darat. Benda-benda berbagai ukuran terhempas dan terapung. Meninggalkan lapisan pasir dan bongkahan. Sebagian kecil rakit hanyut. Banyak bangunan kayu rusak dan sebagian kecil hanyut.
VIII	6 meter	Semua orang ketakutan dan lari ke tempat yang lebih tinggi, sebagian kecil hanyut. Sebagian besar kapal kecil rusak dan hanyut. Sebagian kecil kapal besar terhempas ke darat dan bertabrakan satu sama lainnya. Benda-benda besar terapung. Erosi mengotori daerah pantai. Terjadi banjir luas. Sebagian besar rakit hanyut, sebagian kecil lainnya rusak. Sebagian besar bangunan kayu hanyut dan hancur. Banyak bangunan beton rusak.
IX	8 meter	Banyak orang hanyut. Sebagian besar kapal kecil hancur dan hanyut. Banyak kapal besar terhempas ke darat, sebagian kecil diantaranya hancur. Erosi luas mengotori pantai. Terjadi amblasan tanah setempat. Sebagian besar rakit hanyut dan rusak.
X	12 meter	Umumnya panik, sebagian besar orang hanyut. Sebagian kapal besar terhempas ke darat. Bongkah kecil dasar laut terbawa ke darat. Mobil hanyut, terjadi amblasan di banyak tempat. Bangunan permanen rusak, tembok penahan gelombang di pantai hancur.
XI	16 meter	Sarana kehidupan lumpuh. Gelombang balik menyeret mobil dan benda-benda lainnya ke laut. Bongkah-bongkah besar dasar laut terbawa ke darat.
XII	32 meter	Semua bangunan permanen rusak. Beberapa bangunan dengan konstruksi beton bertulang masih dapat bertahan.

Sumber : Yunus, M. Rusli

Berdasarkan kepada peta administratif Kabupaten Sukabumi yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik dan bekerjasama dengan Badan Perencanaan Daerah Kabupaten Sukabumi Tahun 2009, yang menjadi batas wilayah Kecamatan Pelabuhanratu adalah sebagai berikut :

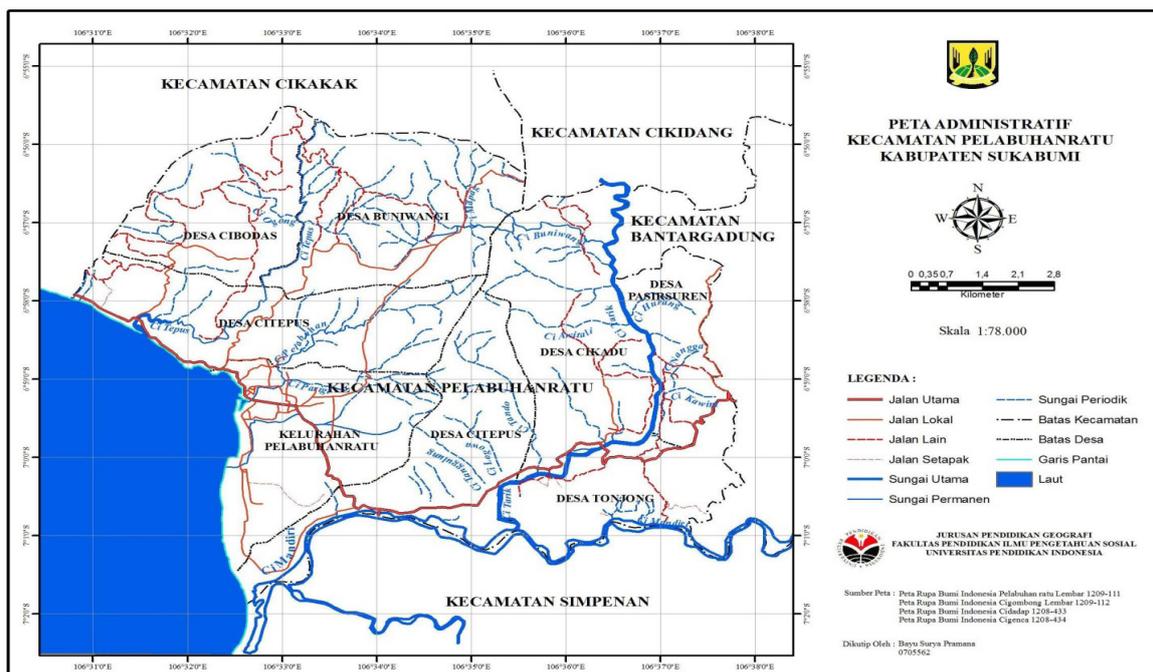
1. Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Cikidang dan Cikakak.
2. Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Bantar Gadung dan Warung Kiara.
3. Sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Simpenan.
4. Sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Cikakak dan Samudera Hindia.

Berdasarkan data dari Stasiun Meteorologi Maranginan tahun 1996-2005, curah hujan di Kabupaten Sukabumi berkisar antara 2500-5000 mm/tahun dengan curah hujan tertinggi pada bulan Desember-Februari dan terendah pada bulan Agustus. Dengan temperatur rata-rata di Kabupaten Sukabumi antara 23,9° -24,4°C, temperatur maksimum tahunan antara 27,9° – 32,1° C. Temperatur rata-rata tahunan berkisar antara 23,7° - 24,6° C. Hasil pengukuran pusat penelitian Kimia-LIPI pada bulan September 2006 terlihat bahwa parameter kualitas udara seperti partikulat (TSP, PM 10, PM2,5), SO₂, NO₂, Pb, dan intensitas kebisingan masih di bawah ambang baku mutu yang ditetapkan

sesuai dengan Peraturan Pemerintah No 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara dan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No KEP. 48/MENLH/11/1996 tentang Tingkat kebisingan. Masih dalam sumber yang sama mengemukakan bahwa nilai salinitas Teluk Pelabuhanratu 31-34 0/00, kawasan Ujung Genteng 31,5-33,0 0/00 dan oksigen terlarut 6,8-8,6 mg/l dengan rata-rata 7,7 mg/l (Studi Lokasi Budidaya Laut di pantai Selatan Jawa Barat, Pusat Penelitian Kelautan LAPI-ITB, 2000). Berdasarkan kisaran nilai salinitas dan oksigen terlarut, terlihat bahwa perairan tersebut merupakan perairan yang mempunyai daya dukung terhadap aktivitas budidaya ikan dan dalam kisaran normal salinitas air laut. Bentuk Lahan pada daerah Pelabuhanratu dan sekitarnya dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain litologi penyusun dan proses-proses eksogen di daerah tersebut. Berdasarkan kondisi geomorfologi dan kemiringan lereng yang disusun berdasarkan klasifikasi yang diberikan Van Zuidam, maka daerah penelitian diklasifikasikan menjadi 5 satuan bentuk lahan yaitu, antara lain :

1. Satuan Morfologi Pedataran.
2. Satuan Morfologi Pedataran Bergelombang Sangat Landai.
3. Satuan Perbukitan Bergelombang Lemah/Landai.

Gambar 1. Peta Administratif Kecamatan Pelabuhanratu



4. Satuan Perbukitan bergelombang Sedang/agak Curam.
5. Satuan Perbukitan Bergelombang Kuat/curam.

Berdasarkan hasil penelitian geologi regional oleh A.C Effendi, Kusnama, B. Hermanto (1998) dan Sukamto (1975) daerah penelitian yang meliputi wilayah Pelabuhanratu dan sekitarnya ditempati satuan dengan uraian sebagai berikut :

Aluvium (Qa), Aluvium dan Endapan Pantai (Qha), Andesit (Qpa), Breksi Gunung Api (Qpv), Endapan Undak Muda (Qpyt), Breksi Gunung Api (Qvb), Lava Gunung (Qvi),

Endapan Lebih Tua (Qvpo, Endapan Lebih Muda (Qvpy), Lahar, Breksi Tufan dan Lapili (Qvsb), Tuf (Qvt), Bahan Gunung Api (Tpv), Formasi Benteng (Tmbe), Anggota Breksi Formasi Cantayan (Tmcb), Formasi Cimandiri (Tmcm), Anggota Cikarang Formasi Jampang (Tmjc), Formasi Jampang (Tmjv), Anggota Tuf dan Breksi Formasi Jampang (Tmjt), Formasi Lengkong (Tmle), Sedimentasi Muara Cimandiri, Formasi Batuasih (Toba), Anggota Batugamping Formasi Rajamandala (Toml), Formasi Rajamandala (Torm), Formasi Walet (Tow), Format Rajamandala (Tomr), Format Nyalindung (Tmn), Anggota Batu Gamping Formasi Nyalindung (Tmnl).

D. Faktor Penyebabkan Wilayah Kecamatan Pelabuhan Ratu Dikatakan Sebagai Daerah Rawan Tsunami.

Berdasarkan kepada faktor-faktor yang menyebabkan tingginya tingkat kerawanan tsunami, maka faktor-faktor yang menentukan kerawanan tsunami di Kecamatan Pelabuhanratu adalah sebagai berikut:

1. Jarak dari Sumber Penyebab Tsunami

Berdasarkan pernyataan yang dikutip dari berbagai sumber, mengemukakan bahwa gelombang tsunami terjadi karena disebabkan oleh beberapa faktor, seperti gempa bumi, letusan gunung api bawah laut, longsoran besar di dasar laut dan akibat jatuhnya benda langit (meteor). Akan tetapi "*dari beberapa kejadian tsunami yang pernah terjadi di permukaan bumi, hampir 90% diakibatkan oleh gempa bumi di dasar*

laut"⁷ Melihat kenyataan itu, maka gempa bumi memberikan andil yang paling besar dalam menciptakan bencana tsunami di dunia, khususnya di Indonesia.

Merujuk pada pemaparan di atas, maka tingginya intensitas gempa bumi semakin meningkatkan kerawanan bencana tsunami di suatu wilayah. Berdasarkan data yang diperoleh dari lembaga Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi menyebutkan bahwa wilayah sukabumi sering mengalami gempa bumi, bahkan termasuk wilayah yang aktif tingkat kegempaan di Pulau Jawa. Gempa bumi yang terjadi di wilayah ini bersumber dari zona subduksi di laut dan sesar aktif Ci Mandiri di darat. Zona subduksi ini terjadi akibat benturan lempeng Samudera Hindia-Australia dengan lempeng Benua Eurasia. Gempa bumi yang ditimbulkan dari zona subduksi ini berpotensi mengakibatkan bencana tsunami apabila mekanismenya disebabkan oleh sesar naik dan sesar turun.

Berdasarkan data dari International Seismological Center (ISC) mulai tahun 1964 hingga 2000 menyebutkan bahwa gempa bumi yang bersumber di darat dengan kedalaman kurang dari 100 km merupakan akibat dari pergeseran sistem sesar aktif yang dipicu akibat tumbukan antar lempeng di zona subduksi. Sedangkan gempa bumi yang bersumber di darat dengan kedalaman lebih dari 100 km di wilayah Sukabumi disebabkan akibat aktivitas zona subduksi. Dari sejarah kegempaan di wilayah Sukabumi, ternyata gempa bumi yang terjadi di wilayah ini berada pada skala MMI dari V-VII dengan magnitudo gempa lebih dari 4,0 SR.

Berdasarkan hasil pengukuran pada peta pusat gempa bumi merusak wilayah Jawa Barat (PVG, 2006) dengan skala batang 1 : 75 mm atau dapat diinterpretasikan dengan skala 1 : 7.500.000 menyebutkan bahwa Wilayah pantai Pelabuhanratu mempunyai jarak 225 Km dari Zona Subduksi di Samudera Hindia.

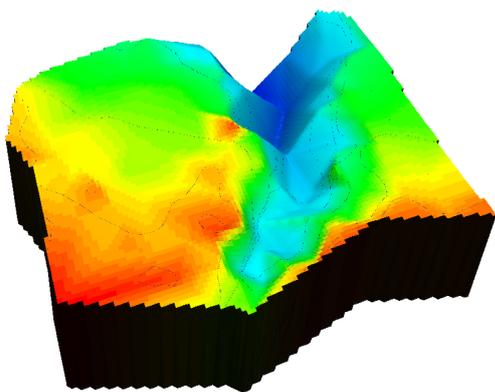
2. Morfologi dan Elevasi Dasar Laut

Sebagaimana diketahui bahwa kecepatan tsunami akan menurun signifikan setelah gelombang tersebut mendekati pantai, hal ini

⁷ Malik, Yakub. dan Nanin Trianawati S. (2009). *Gempa Bumi dan Tsunami*. Bandung: Buana Nusantara. Hal 51

menunjukkan bahwa bentuk dasar laut daerah pantai dapat mempengaruhi perilaku gelombang tsunami yang sedang merambat menuju wilayah pantai. Begitu juga dengan “*adanya perbukitan di sekitar garis pantai akan memfokuskan energi tsunami*”⁸ UNDP menunjukkan bahwa bentuk pengaruh dari menurunnya pantai secara tajam akan mampu memperkecil energi gelombang tsunami yang menghempas menuju pantai.

Kondisi morfologi dasar laut di sekitar teluk dan Kecamatan Pelabuhanratu mempunyai morfologi yang beragam. Dimulai dari morfologi pantai yang dangkal meskipun relatif sedikit kemudian langsung berbatasan dengan laut dalam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Kondisi morfologi dasar laut teluk Pelabuhanratu dilihat dari daratan Kecamatan Pelabuhanratu

Dari data di atas, sangat nampak bahwa morfologi dasar laut di sekitar Teluk Pelabuhanratu lebih banyak didominasi oleh lereng yang curam dan wilayah laut dalam. Kondisi tersebut akan mengakibatkan laju atau cepat rambat gelombang tsunami di sekitar Teluk Pelabuhanratu terutama yang menuju pantai di Kecamatan Pelabuhanratu akan sangat tinggi. Sehingga apabila terjadi tsunami di wilayah Teluk Pelabuhanratu, gelombang tsunami akan lebih cepat sampai apabila dibandingkan dengan wilayah-wilayah di sekitarnya. Tentunya, apabila pengetahuan mitigasi bencana masyarakat di Kecamatan Pelabuhanratu rendah, sedangkan cepat rambat gelombang tsunami tinggi, akan mengakibatkan waktu evakuasi yang rendah dan

⁸ Hajar, Moch. (2006). *Pemetaan Tingkat Kerawanan Bencana Tsunami menggunakan Data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi (SIG) Studi Kasus: Kota Padang*. Skripsi Sarjana pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB: tidak diterbitkan. Hal. 25

ancaman korban jiwa akan semakin meningkat.

Ancaman sumber tsunami di sekitar Teluk Pelabuhanratu tidak hanya dari zona subduksi saja, melainkan juga dari terusan patahan Mentawai. Seperti diketahui bahwa di Samudera Hindia sebelah Selatan pulau Jawa terdapat Palung Jawa yang sangat curam dengan ketinggian lereng 2500 km dan terdapat patahan Mentawai yang hampir bersambung dengan patahan di sekitar selatan Pulau Jawa. Bila terjadi gempa di patahan Mentawai yang masih tergolong aktif, akan ada kemungkinan hal itu akan mengganggu kestabilan lereng di sepanjang terusan patahan Mentawai, dan apabila sampai roboh akan menimbulkan terjadinya tsunami

3. Bentuk Garis Pantai

Menurut National Tsunami Hazard Mitigation Program menjelaskan bahwa teluk, inlet, sungai, perbukitan lepas pantai, pulau-pulau dan kanal-kanal pengendalian banjir dapat memberikan berbagai pengaruh yang dapat menyebabkan kerusakan yang lebih besar dari yang diperkirakan. Daerah-daerah selat dan teluk (pantai yang menghadap laut) akan menyebabkan gelombang mengalami refleksi yang memfokuskan energi gelombang tsunami yang sedang berjalan ke arahnya sehingga energi gelombang tsunami tersebut terakumulasi pada cekungan tersebut dan mampu meningkatkan ketinggian gelombang tsunami yang sampai di pantai.⁹

4. Sungai Dan Kanal Pengendalian Banjir

Kecamatan Pelabuhanratu mempunyai muara sungai yang cukup lebar dan dalam, yaitu Sungai Ci Mandiri. Keberadaan sungai atau kanal pengendali banjir dapat meningkatkan tingkat kerawanan tsunami. Muara Sungai Ci Mandiri, yang merupakan sungai yang cukup besar, mempunyai lebar sekitar 17 meter di musim kemarau dan sekitar 30 meter pada musim hujan.

Gelombang air laut akibat tsunami dapat mencapai jauh ke daratan dari garis pantai. Hal ini disebabkan oleh sungai dengan ciri lurus, dalam dan lebar yang bermuara di laut, menyebabkan gelombang akan mudah masuk dengan kecepatan tinggi. Sebagai contoh,

⁹ *Ibid.*, h.10

tsunami yang melanda kota Banda Aceh melalui sungai Krueng Raya, sehingga landaan gelombang air laut mencapai lebih kurang 5 kilometer dari garis pantai¹⁰

Tidak hanya Sungai Ci Mandiri yang bermuara di Pantai Kecamatan Pelabuhanratu, tetapi ada beberapa sungai lain yang juga bermuara di pantai Kecamatan Pelabuhanratu, baik dengan skala besar maupun kecil, seperti Ci Tepus, Ci Parigi, Ci Pelabuhan dan sungai-sungai kecil lainnya.

5. Pulau-Pulau Penghalang

Berdasarkan hasil identifikasi dari Peta Bathimetri Teluk Pelabuhanratu, kita akan menemukan bahwa tidak terdapat pulau-pulau penghalang yang dapat menghalang dan meminimalisir dampak dari terjadinya bencana tsunami di Pelabuhanratu. Keberadaan pulau-pulau penghalang sangat membantu meminimalisir dampak tsunami, karena dapat menjadi buffer zona alami penahan gelombang. Seperti yang dikemukakan masyarakat di daerah Cilacap ketika wawancara saat Praktek Kerja Lapangan Jurusan Pendidikan Geografi tahun 2008 lalu menyebutkan bahwa pada saat terjadi tsunami di Pangandaran, gelombang yang sampai ke daerah pantai Cilacap hanya mencapai ketinggian gelombang \pm 1-2 meter saja. Hal itu dikarenakan gelombang terhalang dahulu oleh mangrove dan pulau Nusakambangan.

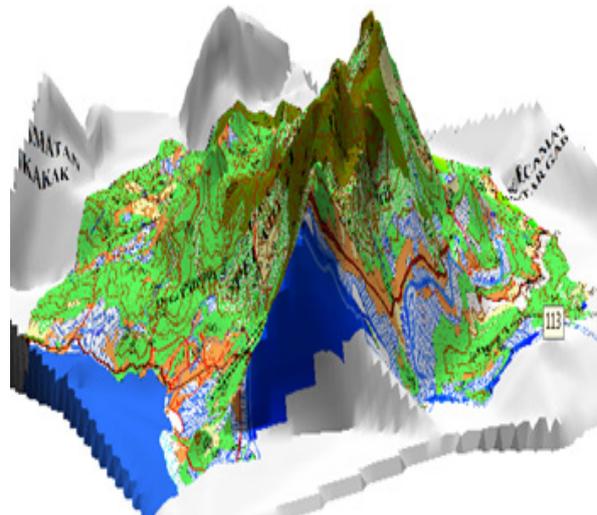
6. Topografi Daratan Pesisir

Berdasarkan hasil penelitian Dyah Marganingrum dari Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, menyebutkan bahwa karakteristik pantai Selatan Jawa Barat dikelompokkan kedalam 5, yaitu pantai berpasir, pantai bertebing, berbakau dan berterumbu dan bangunan pantai. Dari kelima zona tadi, wilayah Kecamatan Pelabuhanratu termasuk ke dalam golongan pantai berpasir dan pantai bertebing. Pantai berpasir tersusun oleh sedimen berukuran pasir halus sampai kasar, berwarna putih keabuan dan abu-abu kehitaman sampai hitam, pemilahan yang buruk dengan bentuk butir menyudut sampai membundar tanggung. Garis pantainya lurus, paras muka pantai sempit berkisar 5-15 meter dengan kemiringan 5-10%. Di belakang pantai ini mempunyai morfologi

¹⁰ *Op. Cit.*, Malik, Yakub dan Nanin Trianawati S

yang terjal sebagai ciri khas pantai pegunungan dengan relief dari sangat kasar sampai halus. Sedangkan pantai bertebing merupakan jenis pantai yang agak mendominasi wilayah pantai Selatan Jawa Barat, yakni sekitar 37, 61% dari total panjang pantai atau sekitar 149, 70 Km dari 398,05 Km.¹¹

Untuk lebih jelasnya dapat diidentifikasi dari peta kemiringan lereng Kecamatan Pelabuhanratu, seperti pada gambar topografi 3D dan Peta Kemiringan Lereng Kecamatan Pelabuhanratu di bawah ini :

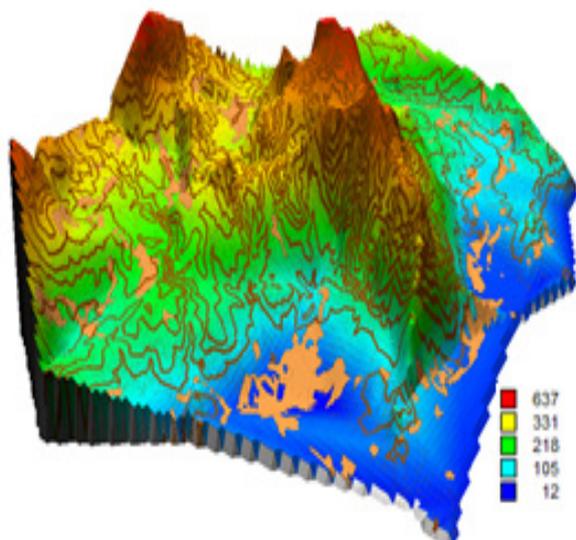


Gambar 5. Topografi 3D Kecamatan Pelabuhanratu dilihat dari Kecamatan Simpenan

7. Elevasi Daratan Pesisir

Semakin tinggi letak suatu kawasan maka semakin aman dari terpaan gelombang tsunami. Aprianti menyatakan bahwa dengan mengacu pada gelombang tsunami dengan ketinggian 20 meter yang pernah melanda NAD, maka berdasarkan kriteria ketinggian, Aceh dibagi kedalam 4 zona yaitu zona sangat berbahaya pada ketinggian dibawah ketinggian 7 meter, ketinggian 7-12 meter merupakan zona berbahaya, zona cukup aman berada pada ketinggian di atas 25 meter. Persebaran pemukiman di Kecamatan Pelabuhanratu berada pada wilayah pantai dengan elevasi kurang dari 50 meter, seperti pada gambar 5.

¹¹ Delinom, Robert M. (2007). "Tinjauan Karakteristik Wilayah Pantai Utara dan Pantai Selatan Jawa Barat dalam Rangka Pengelolaan Kawasan Pesisir Terpadu", dalam *Sumber Daya Air di Wilayah Pesisir & Pulau-Pulau Kecil di Indonesia*. Jakarta: LIPI Press. Hal. 59-61



Gambar 6. Topografi 3D letak pemukiman penduduk di Kecamatan Pelabuhanratu

Sumber : Hasil Analisis 3D Map Info

Dari gambar 3D di atas maka kita dapat mengidentifikasi bahwa sebagian besar pemukiman terpusat di wilayah dengan ketinggian kurang dari 105 meter atau lebih khusus berada di ketinggian 12 mdpl. Hal itu sangat mempengaruhi tingkat kerawanan bencana tsunami apabila terjadi gelombang tsunami yang melanda Kecamatan Pelabuhanratu.

8. Ekosistem Pesisir

Ekosistem pesisir terutama mangrove dan hutan pantai mempunyai peranan penting sebagai *greenbelt* pelindung pantai dalam mereduksi energi gelombang tsunami. Tidak hanya itu, keberadaan ekosistem mangrove di wilayah pesisir mempunyai sistem perakaran yang dapat merendam ombak, arus serta menahan sedimentasi.

Tidak hanya mangrove dan hutan pantai lainnya, keberadaan terumbu karang pun sangat efektif dalam merendam gelombang tsunami. Dari beberapa ekosistem tersebut, baik mangrove maupun terumbu karang, kedua-duanya tidak dimiliki oleh pantai di Kecamatan Pelabuhanratu. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya pantai berbakau dijumpai di beberapa tempat di sepanjang pantai Selatan Jawa Barat, yaitu di Kabupaten Cianjur dengan persebaran yang sangat terbatas di Kecamatan Cibintaro, Bojong Salawe, sedikit

di Teluk Pangandaran dan Desa Majingklak di sekitar muara Ci Tandui Kabupaten Ciamis. Pada umumnya kondisi mangrove di sini masih sangat baik kecuali di teluk Ciamis. Panjang pantai berbakau di pantai Selatan Jawa Barat adalah sekitar 19,01 Km, atau 4, 77 % dari total garis pantai.

Selain dilihat dari keberadaan ekosistem mangrove, ekosistem yang lain yang ikut merendam gelombang laut/tsunami adalah terumbu karang. Masih dalam sumber yang sama, menyebutkan bahwa pantai dengan dasar Terumbu Karang atau pantai berterumbu di jumpai di Kabupaten Sukabumi, yaitu Kecamatan Ciemas, Ujung Genteng, Cibungur. Di Kabupaten garut terdapat di Kecamatan Bungbulang, Pamajalan dan Pameungpeuk. Adapun di Kabupaten Ciamis di jumpai di Kecamatan Kalipucang sebelah Barat Majingklak. Umumnya jenis terumbu karang pada pantai berterumbu adalah jenis karang tepi (*fringing reef*) memanjang sepanjang Pantai.

Dari hasil identifikasi di atas, sangat jelas terlihat bahwa wilayah pantai di Kecamatan Pelabuhanratu tidak mempunyai ekosistem mangrove ataupun terumbu karang yang berfungsi sebagai *greenbelt* atau *buffer zona area* penahan atau peredam gelombang tsunami. Mengingat keberadaan ekosistem ini cukup penting, maka dapat dikatakan bahwa wilayah ini mempunyai kerawanan cukup tinggi terhadap bencana Tsunami.

9. Jarak Dari Garis Pantai

Pada kasus tsunami yang melanda Aceh terlihat bahwa semua infrastruktur yang dibangun dalam jarak 1 km dari garis pantai telah hancur tersapu oleh tsunami sehingga rata dengan tanah. Bahkan menurut Diposaptono dan Budiman, di sekitar daerah sebelah selatan kota Meulaboh gelombang tsunami dapat menerobos ke wilayah darat sejauh 8 kilometer dari garis pantai, meskipun jarak pantai dari sumber gempa cukup jauh yakni 149 kilometer. Oleh karena itu, pembangunan pemukiman harus melihat jarak dari garis pantai dan disesuaikan dengan jauh dekatnya penetrasi gelombang tsunami ke arah darat.

Berdasarkan pemaparan di atas kemudian di bandingkan dengan peta Pemukiman Kecamatan

Pelabuhanratu, maka akan dihasilkan bahwa pemukiman di Kecamatan tersebut terpusat di wilayah pantai dan berada tidak jauh dari garis pantai, seperti nampak pada Gambar 6.

10. Penggunaan Lahan

Berdasarkan hasil identifikasi dari peta penggunaan lahan di Kecamatan Pelabuhanratu terdapat beberapa penggunaan lahan, yaitu Pemukiman, Perkebunan, Ladang, Sawah Tadah Hujan, Sawah Irigasi, Hutan, Semak Belukan, Tanah kosong, Pasir Pasang Surut.

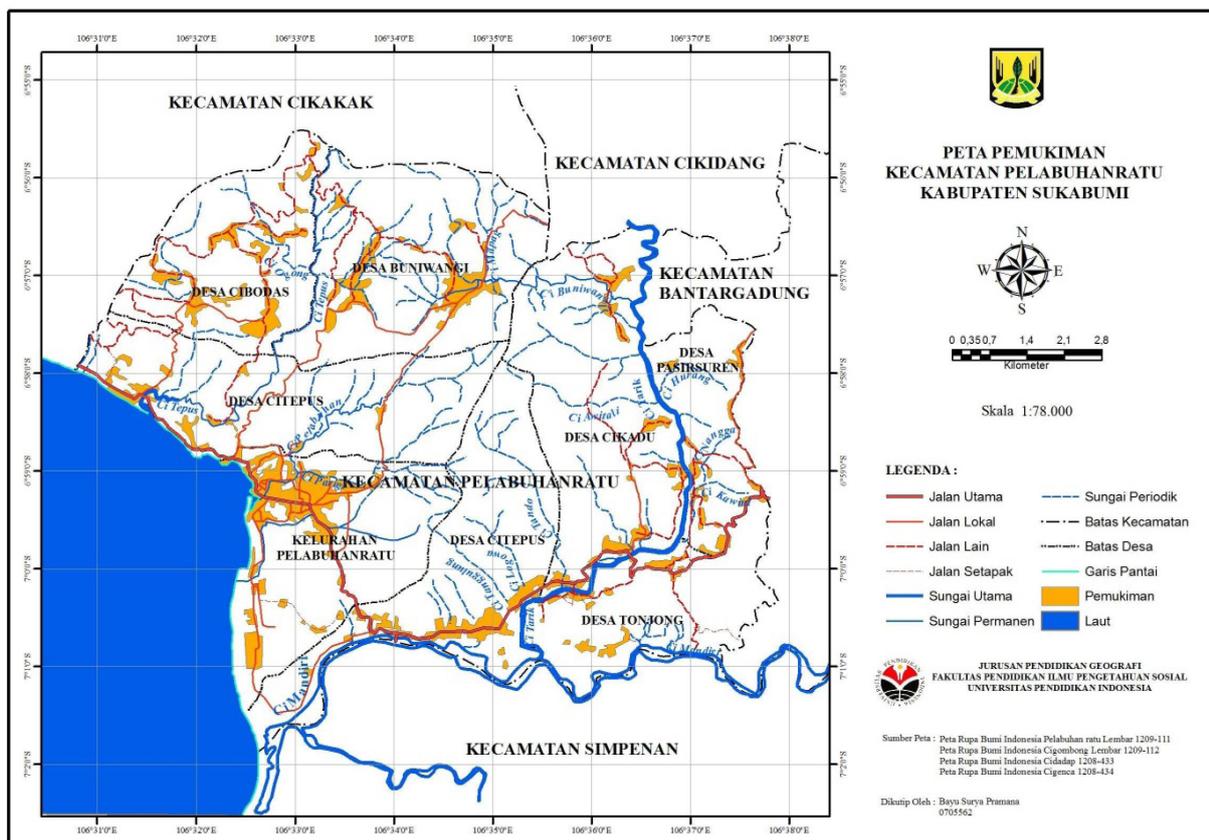
Struktur penggunaan lahan yang berada di bawah ketinggian 50 meter merupakan penggunaan lahan yang rentan terkena dampak dari gelombang tsunami. Penggunaan lahan yang dimaksud adalah semua penggunaan lahan yang ada di sana, akan tetapi penggunaan lahan yang paling rentan terkena dampak dari gelombang tsunami adalah pemukiman. Berdasarkan peta penggunaan lahan Kecamatan Pelabuhanratu dibawah ini, dapat diidentifikasi bahwa sebagian besar pemukiman dan Sawah berada dekat dengan pantai dan berada pada ketinggian kurang dari 50 mdpl. Hal itu akan

sangat riskan apabila terjadi bencana tsunami di Kecamatan Pelabuhanratu.

E. Potensi Kerusakan yang di Timbulkan Apabila Terjadi Tsunami Di Kecamatan Pelabuhan Ratu

Tinggi rendahnya potensi kerusakan yang diakibatkan oleh gelombang tsunami yang melanda Kecamatan Pelabuhanratu didasarkan kepada ketinggian maksimum genangan tsunami. Faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya gelombang tsunami diabaikan, seperti gaya gesek antara dasar gelombang dengan kekasaran permukaan rambatan gelombang, gaya dorong dan cepat rambat tsunami. Data ketinggian maksimum genangan gelombang tsunami pada penelitian ini diperoleh dan didasarkan kepada ketinggian kontur hasil interpretasi dari Peta Kontur Kecamatan Pelabuhanratu yang di-overlay-kan dengan Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Pelabuhanratu dengan skala 1 : 25.000. Dari hasil interpretasi tersebut dapat diperoleh data luas kerusakan tsunami pada beberapa wilayah yang mempunyai ketinggian 12,5 mdpl; 25 mdpl; 37,5 mdpl dan 50 mdpl.

Gambar 6.1. Peta Pemukiman Kecamatan Pelabuhanratu Kabupaten Sukabumi



Tabel 4.1. Persentase kerusakan akibat tsunami pada wilayah dengan ketinggian 12,5 mdpl

PENGGUNAAN LAHAN	LUAS AREA KERUSAKAN (Km ²)	TOTAL AREA KERUSAKAN (Km ²)	% LUAS KERUSAKAN
Pemukiman	42448,45		15,36798875
Hutan	1530,75		0,554190996
Ladang	7582,50		2,745159710
Sawah Irigasi	23912,50		8,657254410
Kebun	62950,76	276213,4375	22,790622740
Sawah Tadah Hujan	104102,87		37,689286930
Semak-Belukar	1816,50		0,657643602
Pasir Pasut	15980,00		5,785381097
Tanah Kosong	15889,10		5,752471764

Sumber: Interpretasi dan analisis Peta Penggunaan Laban Kecamatan Pelabuhanratu Kabupaten Sukabumi

Tabel 4.2. Tingkat kerusakan akibat tsunami pada ketinggian 25 mdpl

PENGGUNAAN LAHAN	LUAS AREA KERUSAKAN (Km ²)	TOTAL AREA KERUSAKAN (Km ²)	% LUAS KERUSAKAN
Pemukiman	91379,00000		24,550783070
Hutan	1530,75000		0,411266387
Ladang	18393,17500		4,941691739
Sawah Irigasi	32353,50000		8,692410292
Kebun	67403,61375	372204,0138	18,109319420
Sawah Tadah Hujan	117159,67500		31,477273400
Semak-Belukar	10262,50000		2,757224431
Pasir Pasut	15980,00000		4,293344351
Tanah Kosong	17741,80000		4,766686909

Sumber : Interpretasi dan Analisis Peta Penggunaan Laban Kecamatan Pelabuhanratu Kabupaten Sukabumi.

Tabel 4.3. Persentase Kerusakan Akibat Tsunami Pada Wilayah Dengan Ketinggian 12,5 mdpl

PENGGUNAAN LAHAN	LUAS AREA KERUSAKAN (Km ²)	TOTAL AREA KERUSAKAN (Km ²)	% LUAS KERUSAKAN
Pemukiman	98860,6500		22,070827550
Hutan	1530,7500		0,341742840
Ladang	20572,8750		4,592933349
Sawah Irigasi	38237,6250		8,536622277
Kebun	116942,7525	447924,5275	26,107691210
Sawah Tadah Hujan	126828,1500		28,314624950
Semak-Belukar	10607,7500		2,368200299
Pasir Pasut	15980,0000		3,567565297
Tanah Kosong	18363,9750		4,099792236

Sumber : Interpretasi dan Analisis Peta Penggunaan Laban Kecamatan Pelabuhanratu Kabupaten Sukabumi.

no.	Wilayah Sampel	Pengaruhkatan					
		Sangat Aman	Aman	Cukup Aman	Cukup Rawan	Rawan	Sangat Rawan
1	Kelurahan Pelabuhanratu	0	0	0	10	41	2
2	Desa Citarik	0	0	0	5	14	6
3	Desa Citepus	0	0	0	5	11	9

Sumber : Hasil perhitungan Instrumen Penelitian Tahun 2011

Wilayah Sampel	Pengaruhkatan					
	Sangat Aman	Kelas Aman	Cukup Aman	Cukup Rawan	Rawan	Sangat Rawan
Kecamatan Pelabuhanratu	0	0	0	20	66	17

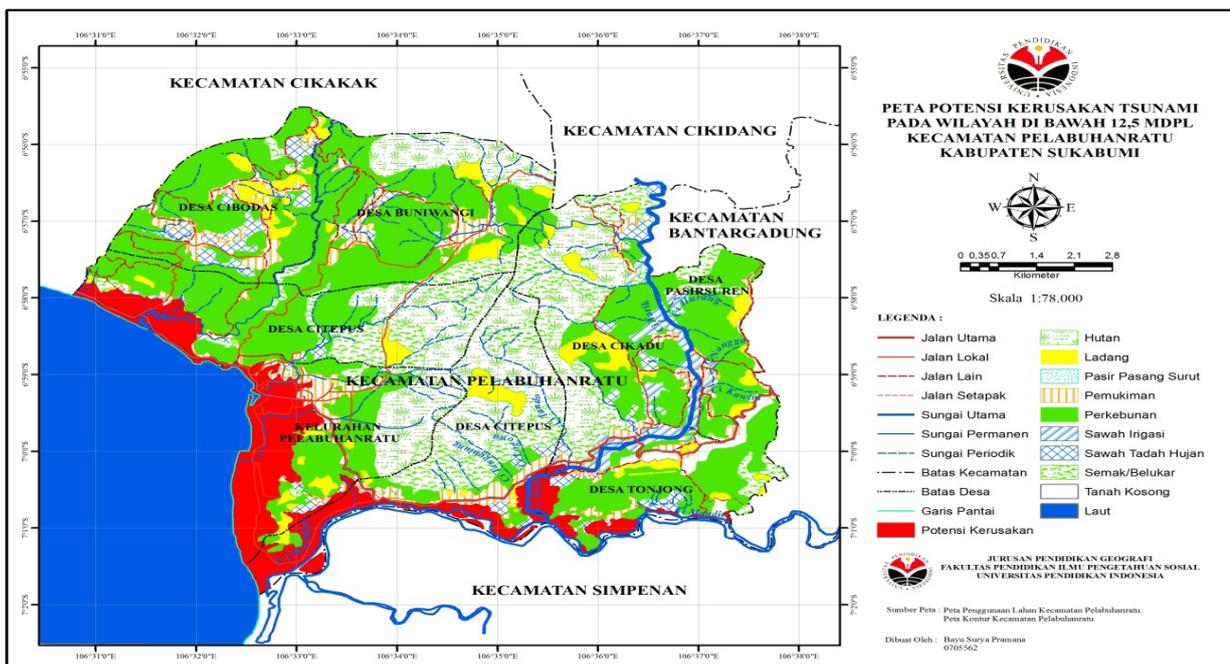
Sumber : Hasil perhitungan Instrumen Penelitian Tahun 2011

Tabel 4.4. Persentase kerusakan akibat tsunami pada wilayah dengan ketinggian 12,5 mdpl

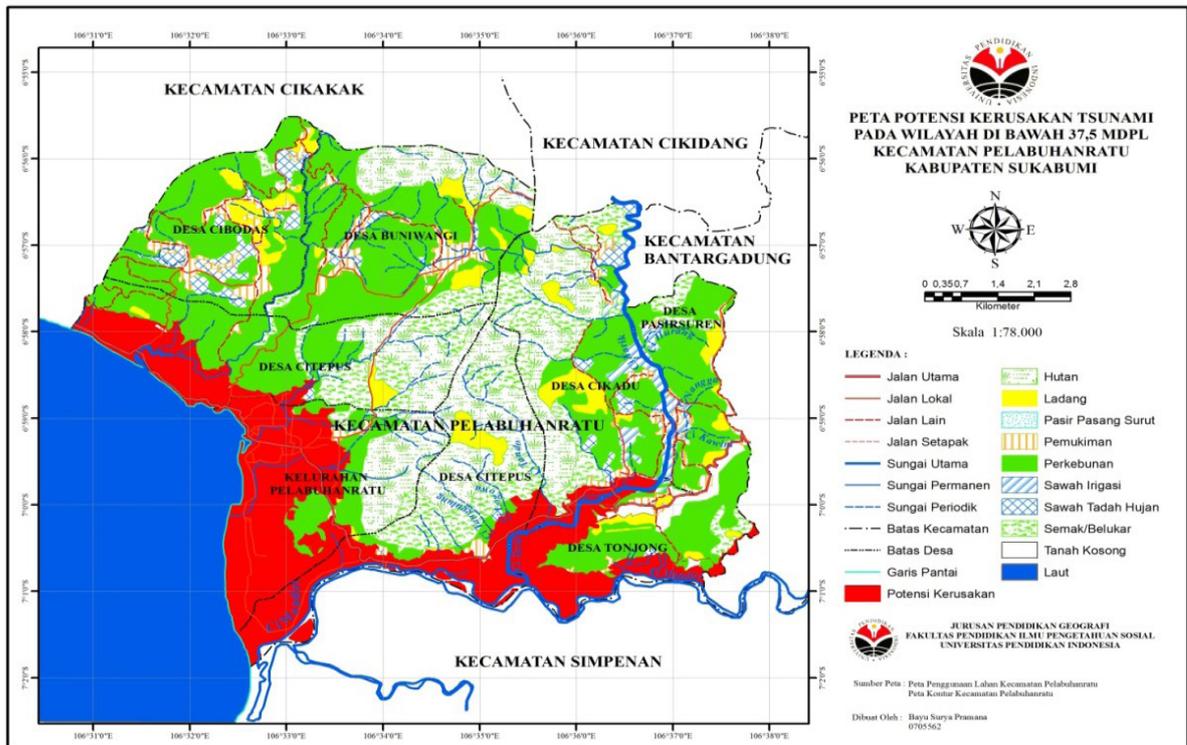
PENGGUNAAN LAHAN	LUAS AREA KERUSAKAN (Km ²)	TOTAL AREA KERUSAKAN (Km ²)	% LUAS KERUSAKAN
Pemukiman	108171,3750	534395,0425	20,241837290
Hutan	1530,7500		0,286445397
Ladang	23688,7750		4,432820875
Sawah Irigasi	47491,0000		8,886871364
Kebun	165492,5250		30,968199900
Sawah Tadah Hujan	134371,6250		25,144624170
Semak-Belukar	17228,0175		3,223835577
Pasir Pasut	15980,0000		2,990297201
Tanah Kosong	20440,9750		3,825068231

Sumber : Interpretasi Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Pelabuhanratu Kabupaten Sukabumi.

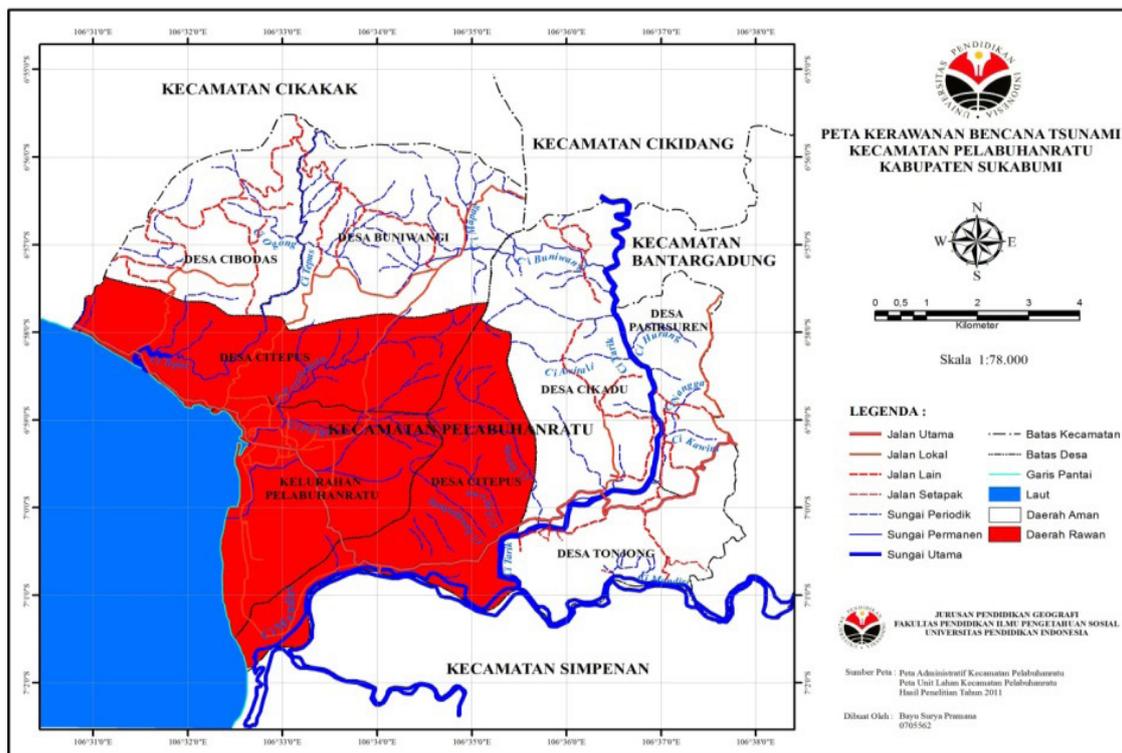
Gambar 6.2. Potensi kerusakan penggunaan lahan di Kecamatan Pelabuhanratu pada ketinggian di bawah 12,5



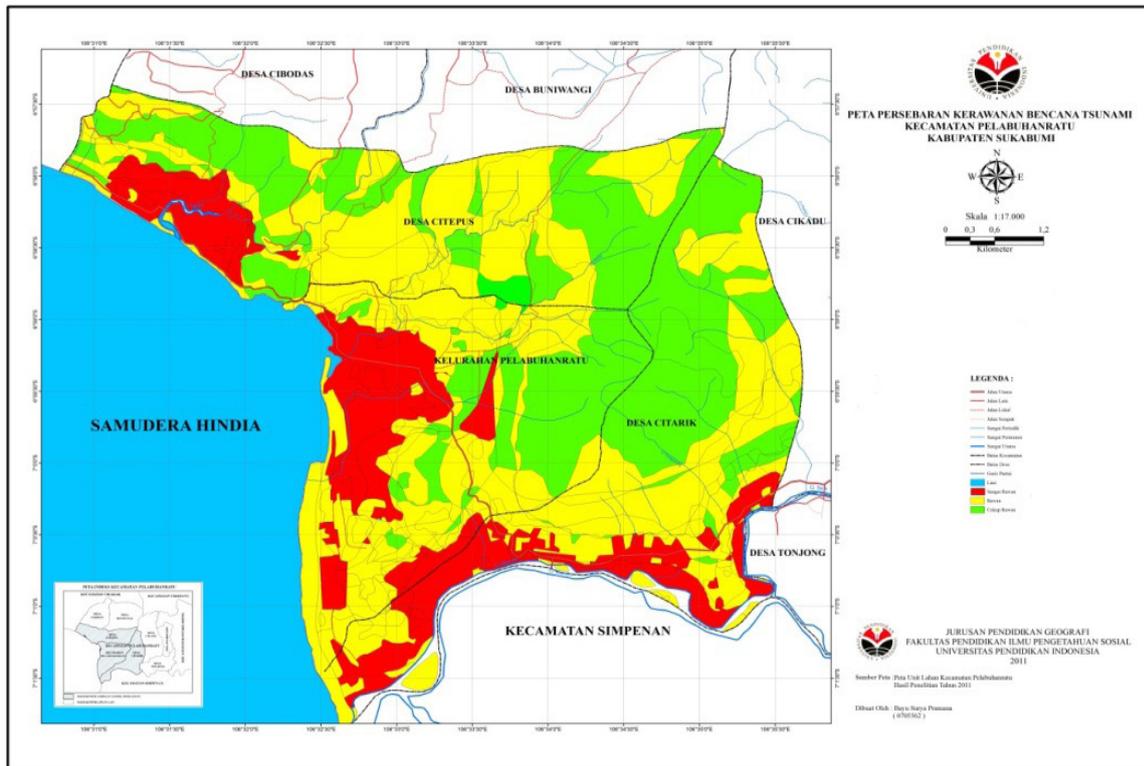
Gambar 6.3 Potensi kerusakan penggunaan lahan di Kecamatan Pelabuhanratu pada ketinggian di bawah 37,5



Sumber : Peta Penggunaan Lahan dan Peta Kontur Kecamatan Pelabuhanratu
Peta 6.4. Persebaran Kerawanan Bencana Tsunami di Kecamatan Pelabuhanratu



Peta 6.5. Kerawanan Bencana Tsunami di Kecamatan Pelabuhanratu



F. Daftar Pustaka

- Afnarius, Surya. (2007). *Analisis Dan Perancangan Sistem Informasi Respons Tsunami Akibat Gempa (Sirtag)*. [Online]. Tersedia: <http://repository.unand.ac.id/44/>. [23 Oktober 2010]
- Albaghdady, Abdurrahman. (2005). *Tsunami Tanda Kekuasaan Allah*. Jakarta: Cakrawala Publishing.
- Anoname. (2010). *Booklet Praktek Kerja Lapangan (PKL) 2010*. Bandung: Jurusan Pendidikan Geografi UPI.
- Anonymous. (2007). *Bab IV Penataan Ruang Kawasan Rawan Tsunami*. [Online]. Tersedia: http://bappeda.jabarprov.go.id/docs/perencanaan/20070524_065129.pdf. [28 Januari 2011]
- Anonymous. (2009). *Aplikasi SIG Dalam Mitigasi Tsunami*. [Online]. Tersedia:
- Anonymous. (2011). *Bencana Alam dan Korban Tsunami Pulau Mentawai*. [Online]. Tersedia: <http://www.oktyana.com/news/bencana-alam-dan-korban-tsunami-pulau-mentawai.html>. [28 Januari 2011]
- Boyce, et al. (2008). *Tsunami dan Bencana Alam Lainnya*. Bandung: Nuansa.
- Delinom, Robert M. (2007). "Tinjauan Karakteristik Wilayah Pantai Utara dan Pantai Selatan Jawa Barat dalam Rangka Pengelolaan Kawasan Pesisir Terpadu", dalam *Sumber Daya Air di Wilayah Pesisir & Pulau-Pulau Kecil di Indonesia*. Jakarta: LIPI Press.
- Dewi, R.S. dan Dulbahri. (2010). "Tsunami", dalam *Multirisk Assessment Of Disasters In Parangtritis Coastal Area*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Dio, M. (2010). *Kondisi Mangrove Di Wilayah Pesisir Pelabuhanratu*. [Online]. Tersedia: <http://muhammaddio.wordpress.com/2010/03/31/kondisi-mangrove-di-wilayah-pesisir-pelabuhanratu/>. [28 Maret 2011]
- Hajar, Moch. (2006). *Pemetaan Tingkat Kerawanan Bencana Tsunami menggunakan Data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi (SIG) Studi Kasus: Kota Padang*. Skripsi Sarjana pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB: tidak diterbitkan.
- Hardinata, D. (2009). *Analisis Tingkat Kerawanan Bencana Tsunami*. [Online].

- Tersedia: <http://uwityangyoyo.wordpress.com/2009/04/10/analisis-tingkat-kerawanan-bencana-tsunami/>. [28 Januari 2011]
- Latief, Hilman. 2007. *Tsunami Pangandaran*. Bandung: Artikel Menembus Buana. Bandung: JANTERA Perhimpunan Pecinta Alam Geografi UPI
- Malik, Yakub. dan Nanin Trianawati S. (2009). *Gempa Bumi dan Tsunami*. Bandung: Buana Nusantara.
- Marganingrum, Dyah. ((2007). “Tinjauan Karakteristik Wilayah Pantai Utara dan Pantai Selatan Jawa Barat dalam rangka pengelolaan kawasan Pesisir Terpadu”, dalam *Sumber Daya Air di Wilayah Pesisir & Pulau-Pulau Kecil di Indonesia*. Jakarta: LIPI.
- Oktariadi, Oki. (2009). “Penentuan Peringkat Bahaya Tsunami dengan Metode Analytical Hierarchy Process (Studi kasus: Wilayah Pesisir Kabupaten Sukabumi)”. *Jurnal Geologi Indonesia*. 4, (2), 103-116.
- Pararas, George dan Carayannis. (2007). *The Earthquake and Tsunami of October 10, 2002 in Irian Jaya, Indonesia*. [Online].
- Prahasta, Eddy. (2009). *Sistem Informasi Geografi Konsep-konsep dasar*. Bandung: INFORMATIKA.
- Rovicky. (2006). *Kawasan Rawan Tsunami Di Yogyakarta*. [Online]. Tersedia: <http://rovicky.wordpress.com/2006/07/19/kawasan-rawan-tsunami-di-yogyakarta/>. [22 Februari 2011]
- Seksi integrasi Pengolahan dan diseminasi statistik. 2009. *Kabupaten Sukabumi dalam Angka 2009*. Sukabumi: Badan Perencanaan Pembangunan daerah Kabupaten Sukabumi.
- Sengaji, Ernawati. (2009). *Pemetaan Tingkat Resiko Bencana Tsunami Di Kabupaten Sikka Nusa Tenggara Timur Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis*. Skripsi Sarjana pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB: tidak diterbitkan.
- Tersedia: <http://www.drgeorgepc.com/Tsunami2002IrianJaya.html>. [22 Februari 2011]
- UNESCO-IOC. *Rangkuman Istilah Tsunami*. Informasi Dokumen IOC No. 1221. Paris, UNESCO, 2006.
- Yunus, M. Rusli, dkk. (2005). *Gempabumi dan Tsunami Tingkat SMP & SMA*. Jakarta: Badan Geologi Indonesia.
- Yunus, M. Rusli, dkk. (2005). *Gempabumi dan Tsunami*. Jakarta: Badan Geologi Indonesia.