



Kajian Kerentanan Tsunami Menggunakan Metode Sistem Informasi Geografi di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

Bangun Mardiyanto, Baskoro Rochaddi, Muhammad Helmi^{*)}

*Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Kampus Tembalang, Semarang 50275 Telp/Fax. 024-7474698
email: bangun.mardiyanto@yahoo.com*

Abstrak

Indonesia termasuk salah satu negara yang memiliki tingkat kegempaan yang tinggi di dunia. Gempa-gempa tersebut sebagian berpusat di dasar Samudera Hindia dan dapat memicu terjadinya tsunami (Arnold, 1986 dalam Suyatno, 1995). Berdasarkan data dari BMKG, pada hari Senin 17 Juli 2006 bencana gelombang tsunami Selatan Jawa terjadi dengan kekuatan gempa 6,8 Skala Richter. Bencana gelombang tsunami tersebut secara keseluruhan melanda sepanjang pantai selatan Jawa Barat, Cilacap dan Yogyakarta. Tujuan penelitian ini adalah membuat peta kerentanan wilayah terhadap tsunami di peisir Kabupaten Bantul menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) kemudian mengidentifikasi wilayah-wilayah mana saja yang berada pada kelas sangat rentan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2012 sampai dengan bulan Agustus 2012. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah secara kualitatif dan kuantitatif. Pengolahan data parameter-parameter yang mewakili tiap variabel kerentanan, yaitu kerentanan lingkungan, kerentanan fisik, dan pemodelan spasial genangan tsunami kemudian diberikan bobot dan skor tiap variabel kerentanan, pengolahan data kerentanan wilayah terhadap tsunami untuk mendapatkan peta kerentanan wilayah terhadap tsunami. Melalui analisis dan pemodelan SIG, diperoleh peta kerentanan tsunami yang terdiri dari lima kelas. Kelima kelas tersebut adalah kelas sangat rentan, yaitu wilayah yang mempunyai total skor kerentanan 421 – 500. Kelas rentan, yaitu wilayah yang mempunyai total skor kerentanan 341 – 420. Kelas cukup rentan, yaitu wilayah yang mempunyai total skor kerentanan 261 – 340. Kelas kurang rentan, yaitu wilayah yang mempunyai total skor kerentanan 181 – 261. Kelas tidak rentan, yaitu wilayah yang mempunyai total skor kerentanan < 180. Desa di wilayah pesisir yang mempunyai tingkat kerentanan bencana tsunami yang tinggi adalah Desa Poncosari, Desa Gadingsari, Desa Gadingharjo, Desa Srigading, Desa Tirtoharo, Desa Donotirto, dan Desa Parangtritis. Penggunaan lahan di Kabupaten Bantul yang berhubungan dengan aktivitas manusia yang terancam mengalami kerusakan akibat tsunami adalah pemukiman, kebun, sawah, tambak, tegalan, dan hutan.

Kata Kunci : Kerentanan Tsunami, SIG, Bantul

Abstract

Indonesian archipelago directly opposite to the subduction zone between the Indo-Australian plate with the Eurasian plate. Based on plate movements, earthquakes are common in the Indian Ocean. As a result, the southern part of Java Island is very prone to earthquakes. If earthquakes occur beneath the sea and vertical fracture occurs, it will cause a tsunami. The purpose of this research is to create a map of vulnerability to tsunamis in the region peisir Bantul, Yogyakarta using Geographic Information Systems technology (GIS) and identify any areas that are highly vulnerable The research was conducted in March 2012 until August 2012. The method of analysis in this research is qualitative and quantitative. The methodology used in this study include data gathering both primary and secondary data include satellite imagery, DEM, scale 1:25,000 Topographic maps, demographic data, seismic positioning data, bathymetry data, and earthquake data fault. Processing parameters data that represent each variable vulnerability, ie environmental vulnerability, physical, social and economic was weight and then given a vulnerability score of each variable, vulnerability areas data processing to tsunami to get the vulnerability of the region to the tsunami map and field surveys. Villages in coastal areas that have a high level of tsunami vulnerability is Poncosari Village, Gadingsari Village, Gadingharjo Village, Srigading Village, Tirtoharo Village, Donotirto Village and Parangtritis village. Land use in Bantul related to human activities that weredamage threatened by the tsunami are residential, gardens, fields, ponds, moor and forest.

Keywords: Tsunami vulnerability, GIS, Bantul

^{*)} Penulis penanggung jawab

PENDAHULUAN

Indonesia termasuk salah satu negara yang memiliki tingkat kegempaan yang tinggi di dunia. Gempa-gempa tersebut sebagian berpusat di dasar Samudera Hindia dan beberapa dapat memicu terjadinya tsunami (Arnold, 1986 dalam Suyatno, 1995).

Berdasarkan data dari BMKG, bencana gelombang tsunami Selatan Jawa terjadi pada hari Senin 17 Juli 2006 dengan kekuatan 6,8 Skala Richter. Bencana gelombang tsunami tersebut melanda sepanjang pantai selatan Jawa Barat, Cilacap dan Yogyakarta.

Penelitian ini menekankan pada kerentanan tsunami, karena Peta Kerentanan memberikan lokasi yang tepat dimana masyarakat, lingkungan atau keduanya berpotensi terkena bencana alam besar yang dapat menyebabkan kematian, luka-luka, polusi atau kerusakan lainnya (Edwards *et al.* 2007).

Terpilihnya Kabupaten Bantul, karena daerah ini selain belum mempunyai peta kerentanan tsunami yang akurat sebagai acuan dalam penentuan rencana tata ruang wilayah (RTRW), pada tahun 2006 terjadi tsunami yang mencapai Kabupaten Bantul dengan ketinggian 3,4 m.

Penggunaan teknologi SIG dalam penelitian ini, karena memiliki keunggulan untuk mengintegrasikan informasi alam, sosial-ekonomi, bencana dan juga bisa menjadi suatu alat penilai yang idela guna mendukung upaya perencanaan kawasan rentan tsunami.

Penelitian ini bertujuan membuat peta kerentanan wilayah terhadap tsunami di peisir Kabupaten Bantul, D I Yogyakarta menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) kemudian mengindentifikasi wilayah-wilayah mana saja yang berada pada kelas sangat rentan.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2012 sampai dengan Agustus 2012. Observasi lapangan yang meliputi tahap wawancara dan pengukuran tinggi *run up* dilakukan pada tanggal 3-10 Juli 2012. Serta proses pemodelan yang dilaksanakan di Laboratorium Komputasi Jurusan Ilmu Kelautan pada Bulan Maret s/d Agustus 2012.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif digunakan untuk menganalisa data yang berbentuk non numerik atau data-data yang tidak diterjemahkan dalam bentuk angka-angka dengan menggunakan analisa deskriptif dan analisa overlay peta hasil digitasi. Metode kuantitatif digunakan untuk menganalisa data yang tersaji dalam bentuk angka-angka dengan menggunakan sistem skor (numerik)

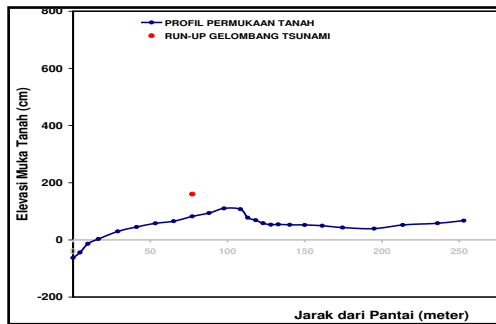


Gambar 1. Peta Lokasi Sampling

HASIL DAN PEMBAHASAN

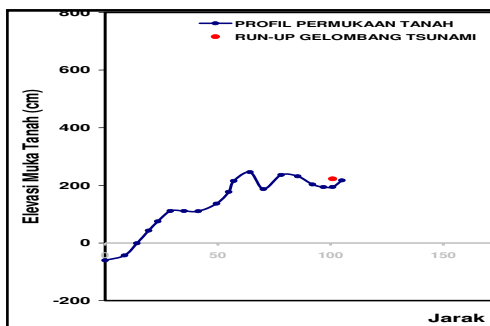
Penelitian ini menghasilkan peta kerentanan wilayah terhadap tsunami, pengukuran *run up* tsunami, peta parameter kerentanan yang berupa kerentanan lingkungan, kerentanan fisik, dan pemodelan spasial genangan tsunami.

Pengukuran *run up* tsunami lapangan dilakukan di Pantai Parang Endok, Pantai Depok dan Pantai Samas - D I Yogyakarta.



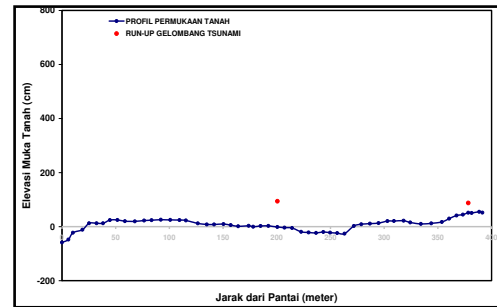
Gambar 2. Transek profil permukaan tanah dan *run-up* gelombang tsunami di Pantai Parang Endok

Kondisi profil pantai di Parang Endok terdapat gunduk pasir yang secara alami akan menghambat lajunya *run-up* gelombang tsunami. *Run-up* vertikal maksimum gelombang tsunami dari muka air laut saat tsunami tiba adalah 160 centimeter. Sedangkan untuk *run-up* maksimum horisontal gelombang tsunami di Pantai Parang Endok adalah 304 meter dari garis pantai.



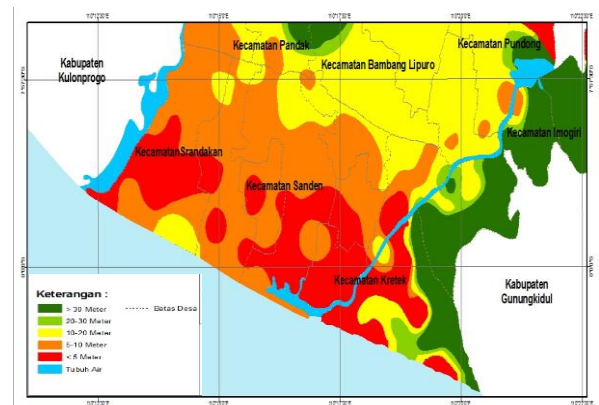
Gambar 3. Transek profil permukaan tanah dan *run-up* gelombang tsunami di Pantai Depok

Hasil pengukuran elevasi tanah tertinggi di Pantai Depok yaitu 245,8 centimeter dari muka air saat gelombang tsunami tiba. *Run-up* vertikal maksimum yaitu 222,5 centimeter dari muka air saat tsunami tiba. Sedangkan *run-up* horisontal maksimum yaitu 107 meter dari garis pantai. Jika dilihat hasil transek profil tanahnya, gelombang tsunami melewati profil tanah yang paling tinggi. *Run-up* gelombang tsunami tidak bisa menjangkau lebih jauh karena keadaan tanahnya yang agak tinggi seperti dinding yang melebihi tinggi dari *run-up* maksimum gelombang tsunami, sehingga *run-up* horisontal hanya 107 meter.



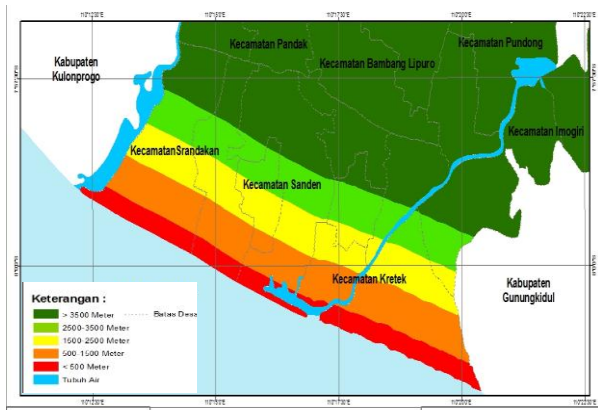
Gambar 4. Transek profil permukaan tanah dan *run-up* gelombang tsunami di Pantai Samas

Berdasarkan penuturan warga setempat, kejadian tsunami memakan korban 2 rumah yang berada didekat laguna. *Run-up* vertikal maksimum yang terlihat adalah 140 centimeter dari muka air laut saat gelombang tsunami tiba. Sedangkan untuk *run-up* horisontal maksimum mencapai 343 meter dan paling jauh dibandingkan dengan Pantai Parang Endok dan Pantai Depok karena pada Pantai Samas terdapat sungai dan laguna sehingga tsunami dapat masuk ke daratan lebih jauh dibandingkan pantai yang tidak mempunyai sungai.



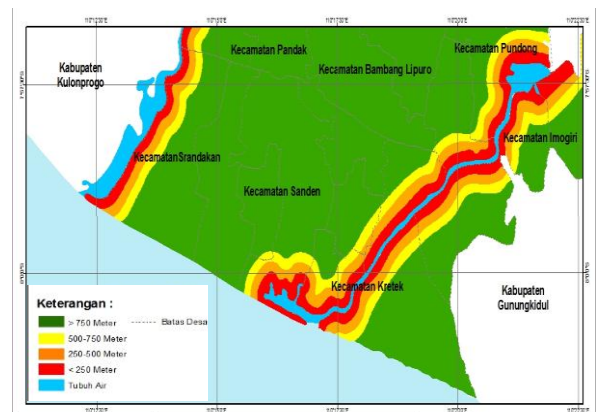
Gambar 5. Peta Ketinggian di Pesisir Kabupaten Bantul

Pada peta ketinggian pesisir Kabupaten Bantul, Dataran dengan ketinggian kurang dari 5 meter yaitu pada Desa Tirtohargo, Desa Srigading, dan Desa Poncosari. Ketinggian yang sangat rendah tersebut, menyebabkan wilayah tersebut menjadi wilayah yang rentan terhadap tsunami karena tsunami akan leluasa untuk dapat masuk jauh ke daratan.



Gambar 6. Peta Jarak dari Garis Pantai di Pesisir Kabupaten Bantul

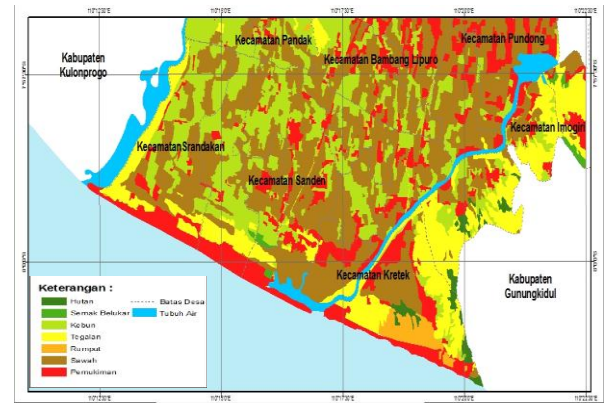
Pada peta jarak dari garis pantai, kelas yang sangat rentan itu mempunyai jarak dari garis pantai yang sangat dekat yaitu kurang dari 500 meter, itu dikarenakan pantai merupakan wilayah yang pertama kali berinteraksi dengan tsunami yang datang dari arah laut dan karena sekarang ini, pembangunan fisik dan pemilihan lahan mulai menekan ke arah pantai. Semakin dekat dengan garis pantai akan semakin rentan pula terhadap terjangkit tsunami, sedangkan semakin jauh dengan garis pantai akan semakin tidak rentan terhadap tsunami, yaitu jarak yang lebih dari 3500 meter.



Gambar 7. Peta Jarak dari Sungai di Pesisir Kabupaten Bantul

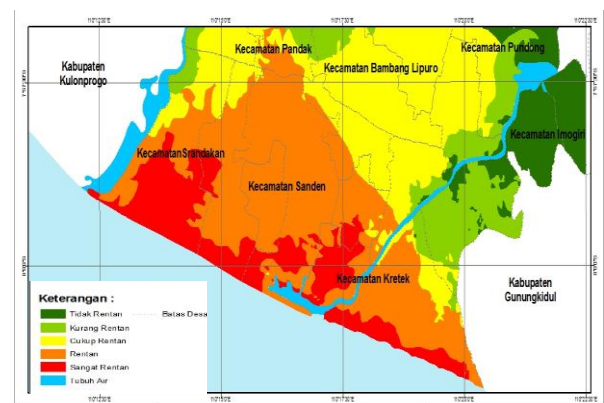
Pada peta jarak dari sungai terbagi menjadi beberapa tingkat kerentanan. Kelas yang sangat rentan berada pada jarak kurang dari 250 meter dari sungai yang dekat dengan garis pantai karena tegak lurus dengan garis pantai maka akan rentan terkena gelombang tsunami, karena gelombang tsunami jika bertemu dengan sungai dapat dengan leluasa masuk ke daratan tanpa ada yang menghalangi,

sehingga merusak obyek-obyek yang berada di sungai. Sedangkan kelas tidak rentan berada pada jarak lebih 750 meter dari sungai dimungkinkan besar tidak terkena gelombang tsunami, dan dapat melakukan evakuasi secara horisontal jika tsunami datang.



Gambar 8. Peta Jenis Vegetasi di Pesisir Kabupaten Bantul

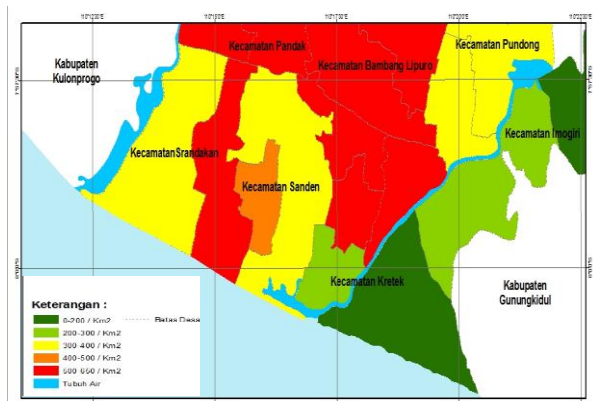
Jenis vegetasi di pesisir Kabupaten Bantul antara lain sawah, rumput, tegalan, kebun, semak belukar, dan hutan. Penggunaan lahan sawah mendominasi sebagian besar yang tumbuh di Kabupaten Bantul. Sehingga daerah yang berada di belakang lahan sawah mempunyai kerentanan yang tinggi, wilayah yang berada di belakang penggunaan lahan hutan mempunyai kerentanan yang rendah, karena vegetasi hutan mangrove mampu meredam energi gelombang tsunami.



Gambar 9. Peta Kerentanan Lingkungan di Pesisir Kabupaten Bantul

Berdasarkan hasil pengolahan data parameter kerentanan lingkungan seperti ketinggian daratan, jarak dari garis pantai, jarak dari sungai dan jenis vegetasi didapatkan hasil berupa peta kerentanan lingkungan terhadap tsunami di pesisir

Kabupaten Bantul. Desa/kelurahan di pesisir Kabupaten Bantul yang memiliki kerentanan lingkungan sangat tinggi berada pada wilayah yang berada didekat sungai-sungai baik besar maupun kecil dan berada di dekat laguna. Sedangkan, wilayah yang berada pada kelas tidak rentan berada pada ketinggian lebih dari 30 meter dan mempunyai kerapatan vegetasi hutan yang sangat tinggi.



Gambar 10. Peta Kerentanan Fisik di Pesisir Kabupaten Bantul

Peta kerentanan fisik menggambarkan tingkat kepadatan bangunan. Semakin tinggi kepadatan bangunan di suatu wilayah, semakin tinggi pula tingkat kerentanan terhadap tsunami. Desa di pesisir Kabupaten Bantul yang memiliki kepadatan bangunan yang rendah berada di Desa Parangtritis yaitu 172 bangunan per km². Kepadatan yang tinggi berada di Desa Trimurti yaitu 632 bangunan per km². Dari peta kerentanan fisik terhadap tsunami di pesisir Kabupaten Bantul terdapat 9 desa/kelurahan yang mempunyai tingkat kerentanan yang sangat tinggi, antara lain Desa Trimurti, Desa Caturharjo, Desa Gadingsari, Desa Trimulyo, Desa Tirtosari, Desa Donotirto, Desa Sidomulyo, Desa Mulyodadi, dan Desa Sumbermulyo.

Pengolahan model tsunami yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan *run up* gelombang tsunami yang didapatkan dari pemodelan penjaralan gelombang. Kemudian dengan analisa menggunakan DEM, maka kita dapat memprediksi wilayah yang tergenang gelombang tsunami. Pemodelan ini dilakukan dengan 2 skenario. Pada skenario pertama dengan inputan parameter patahan tsunami pada 17 Juli 2006 dari BMKG, Yogyakarta. *Inputan* parameter patahan dituliskan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Parameter Patahan Tsunami 17 Juli 2006 (BMKG, 2012)

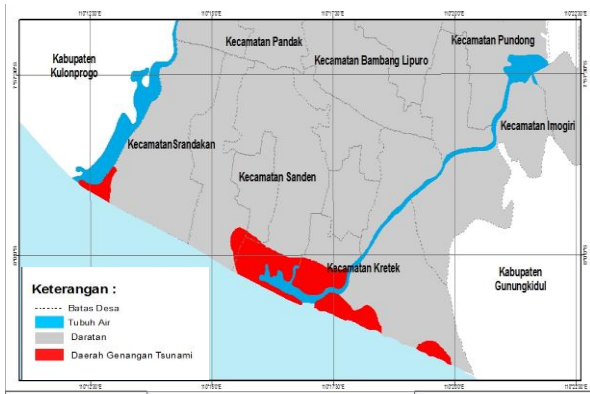
Keterangan	Satuan	Nilai
Focal Depth	meter	33.000
Length	meter	84
Width	meter	42.400
Dislocation	meter	3,7
Strike	degree	289
Dip	degree	10
Slip	degree	95
Epicenter	degree	-9,46 107,19

Simulasi model tsunami ini menggunakan skenario dengan parameter patahan yang berbeda. Perbedaan parameter patahan ini bertujuan agar dapat memprediksi waktu penjaralan dan *run-up* gelombang tsunami dengan patahan dan gempa yang berbeda. Berikut ini akan dipaparkan hasil dari skenario. *Inputan* parameter patahan untuk skenario dituliskan pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Paramater patahan skenario

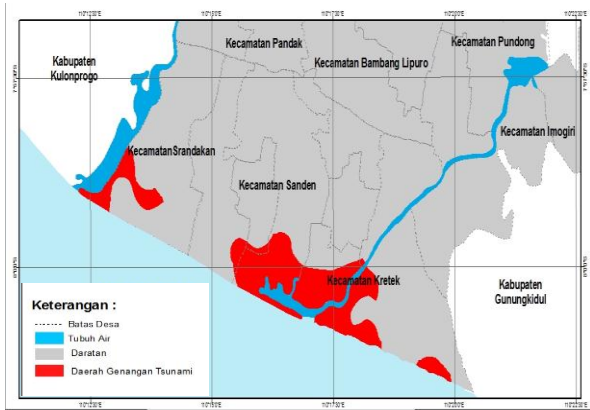
Keterangan	Satuan	Nilai
Focal Depth	meter	23.000
Length	meter	330.000
Width	meter	50.000
Dislocation	meter	10
Strike	degree	289
Dip	degree	10
Slip	degree	95
Epicenter	degree	-9,46 107,19

Berdasarkan hasil pemodelan penjaralan gelombang tsunami didapatkan data tinggi *run up* gelombang tsunami maksimum yang mencapai Kabupaten Bantul adalah 2 meter dan pada skenario model didapatkan tinggi *run up* 3,2 meter. Data tersebut kemudian diolah dan didapatkan hasil berupa peta pemodelan daerah genangan tsunami dengan *run up* maksimum 2,2 meter dan 3,2 meter.



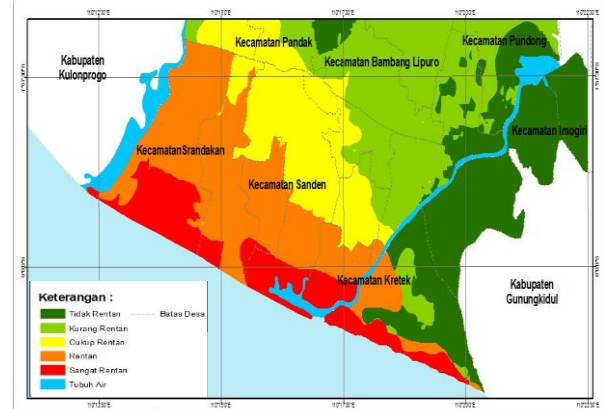
Gambar 11. Peta genangan run up 2 meter di Pesisir Kabupaten Bantul

Pada peta pemodelan genangan tsunami dengan *run up* 3,2 meter, terlihat bahwa semakin tinggi *run up* tsunami yang mencapai daratan maka semakin banyak daerah yang terkena gelombang tsunami.

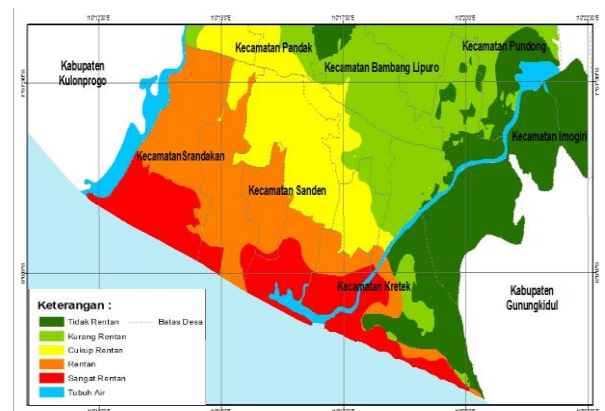


Gambar 12. Peta genangan run up 3,2 meter di Pesisir Kabupaten Bantul

Kerentanan wilayah terhadap tsunami didapat dari hasil analisa pengolahan data parameter kerentanan terhadap tsunami dengan pemodelan tsunami, sehingga didapatkan hasil berupa 2 peta kerentanan wilayah terhadap tsunami di pesisir Kabupaten Bantul. Peta ini memperlihatkan terdapat beberapa tingkat kerentanan. Adapun desa/kelurahan yang berada pada kelas sangat rentan antara lain Desa Poncosari, Desa Gading Sari, Desa Gadingharjo, Desa Srigading, Desa Tirtoharjo, Desa Donotirto, dan Desa Parangtritis.



Gambar 13. Peta Kerentanan wilayah terhadap tsunami pada run up 2 meter di Pesisir Kabupaten Bantul



Gambar 14. Peta Kerentanan wilayah terhadap tsunami pada run up 3,2 meter di Pesisir Kabupaten Bantul

luas tiap kelas pada peta kerentanan wilayah terhadap tsunami di pesisir Kabupaten Bantul dapat ditunjukkan pada Tabel 2-3.

Tabel 2. Luas Wilayah Daratan pada Kelas Peta Kerentanan Wilayah terhadap Tsunami di Pesisir Kabupaten Bantul dengan Run Up 2 m

No	Kelas Kerentanan	Luas Wilayah Daratan (km ²)	Presentase (%)
1.	Tidak Rentan	32,326	24,68
2.	Kurang Rentan	40,983	31,30
3.	Cukup Rentan	20,594	15,73
4.	Rentan	26,590	20,30
5.	Sangat Rentan	10,463	7,99
Jumlah		130,956	100

Tabel 3. Luas Wilayah Daratan pada Kelas Peta Kerentanan Wilayah terhadap Tsunami di Pesisir Kabupaten Bantul dengan Run Up 3,2 m

No	Kelas Kerentanan	Luas Wilayah Daratan (km ²)	Presentase (%)
1.	Tidak Rentan	32.326	24,68
2.	Kurang Rentan	40.983	31,30
3.	Cukup Rentan	20.594	15,73
4.	Rentan	21,036	16,06
5.	Sangat Rentan	13,581	12,33
Jumlah		130,956	100

Peta kerentanan wilayah dengan skenario ini untuk mengetahui daerah mana saja yang terletak pada kelas-kelas kerentanan apabila pada masa yang akan datang terjadi tsunami dengan magnitudo dan *run up* yang lebih besar. Dalam Tabel 2-3 dapat dilihat bahwa terjadi penambahan luasan pada daerah yang sangat rentan. Hal ini disebabkan karena *run up* tsunami yang semakin tinggi, sehingga daerah yang tergenang tsunami semakin luas.

Mengurangi kerentanan dapat dilakukan dengan menyusun kembali rencana tata ruang wilayah pesisir yang berbasiskan tingkat kerentanan tsunami. Selain itu, yang utama adalah *greenbelt* yaitu penanaman kembali hutan pantai mulai saat ini pada pesisir Kabupaten Bantul karena menurut penelitian yang dilakukan oleh Kenji Harada dan Fumihiko Imamura dalam Diposaptono dan Budiman (2007) menjelaskan bahwa hutan pantai dengan tebal 200 m, kerapatan 30 m per 100 m² dan diameter pohon 15 cm dapat meredam 50 persen energi gelombang tsunami dengan ketinggian 3 meter.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Desa di wilayah pesisir yang mempunyai tingkat kerentanan tsunami yang tinggi adalah Desa Poncosari (Kecamatan Srandakan), Desa Gading Sari, Desa Gadingharjo,

Desa Srigading (Kecamatan Sanden), Desa Tirtoharjo dan Desa Parangtritis (Kecamatan Kretek).

2. Luas wilayah daratan pada peta Kerentanan Wilayah adalah 130,956 Km², dibagi dalam beberapa kelas yaitu kelas tidak rentan 32,326 Km² (24,68 %), kurang rentan sebesar 40,983 Km² (31,30 %), cukup rentan sebesar 20,594 Km² (15,73 %), kelas rentan sebesar 26,590 Km² (20,30 %), dan kelas sangat rentan sebesar 10,463 Km² (7,99 %).
3. Pada *run up* 3,2 meter terjadi penambahan desa yang sangat rentan yaitu Desa Donotirto (Kecamatan Kretek) dan luasan daerah yang sangat rentan menjadi 13,581 Km² (12,33 %)

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulisi mengucapkan banyak terimakasih kepada dosen pembimbing utama saya yaitu Bapak Ir. Baskoro Rochaddi, M.T serta Bapak Muhammad Helmi, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing anggota yang selalu memberikan saran dan masukan dalam pembuatan jurnal ilmiah ini.

Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang membantu untuk pembuatan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Astanto, TB. 2001. Pekerjaan dasar survey, Kanisius, Yogyakarta
- BPS. 2010. *Kabupaten Bantul Dalam Angka*, Badan Pusat Statistik – Kabupaten Bantul, D I Yogyakarta
- Choirul, M.H. 1998. *Analisis Resiko Bencana Tsunami Banyuwangi 1994 dengan Pemodelan Sistem Informasi Geografis*. [Skripsi]. Institut Teknologi Bandung. Bandung, 50hlm.
- Diposaptono, S. dan Budiman. 2005. *Tsunami*. Buku Ilmiah Populer, Bogor, 125hlm.
- Diposapto, S, dan Budiman. 2006. *Tsunami*. Buku Ilmiah Populer, Jakarta.

- Diposaptono dan Budiman. 2008. *Hidup Akrab dengan Gempa dan Tsunami*. Penerbit Buku Ilmiah Populer, Bogor, 384 hlm.
- Edwards, J., M. Gustafsson, and B. Näslund-Landenmark. 2007. *Handbook for Vulnerability Mapping. Disaster Reduction through Awareness, Preparedness and Prevention Mechanisms in Coastal Settlements in Asia*, 18 p.
- Eka, Iyan. 2009. Aplikasi General Regression Neural Network dalam Sistem Basis Data Tsunami di Selatan Jawa, Tesis Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Fathoni, Abdurrahmat. 2005. *Metodelogi Penelitian dan Teknik Penyusunan Skripsi*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Fryer, G. 2003. *How is a Tsunami Generated?*
<http://www.soest.hawaii.edu/tsunami/tsugen.html> (7 Desember 2008)
- Hadi, A.R. 1997. *Mikrozoning Untuk Pengkajian Resiko dan Mitigasi Bencana*. BPPT, Jakarta.
- Haifani, Akhmad Muktaf. 2008. *Aplikasi Sistem Informasi Geografi untuk Mendukung Penerapan Sistem Manajemen Resiko Bencana di Indonesia*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008. Universitas Lampung, hlm.163-176.
- Imamura, F and G.A. Papadopoulos. 2001. *A Proposal for a New Tsunami Intensity Scale*. Proceeding Session 5, Number 5-1. ITS. pp. 569-577.
- ISDR. 2004. *Living with Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives*. UNISDR. Geneva.
- Julkarnaen, Dodi. 2008. *Identifikasi Tingkat Resiko Bencana Tsunami Berbasis Spasial di Kawasan Industri Kota Cilegon*. Tesis. Magister Institut Teknologi Bandung. Tidak dipublikasikan. 106 hlm.
- Latief, Hamzah. 2009. *Tsunami Modelling*. Center for Disaster Mitigation ITB, Bandung, 94 hlm.
- Mardiatno, Djati dkk. 2008. *GIS Application for Tsunami Risk Assessment in Cilacap, South Java-Indonesia*. International Conference on Tsunami Warning (ICTW), 8 hlm.
- Nishenko, S.P., E. Camacho, A. Astorga and J. Preuss. 1994. *The 1991 Limon, Costa Rica Tsunami*. Natural Hazards. USA.
- Nontji, A. 2002. *Laut Nusantara*. Djambatan, Jakarta, 362hlm.
- Putranto, Eka T. 2006. *Gempabumi dan Tsunami*. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Alam, 5 hlm.
- Rais, J. 2008. *Gempa Bumi, Gunung Api dan Tsunami*. UI, Jakarta.
- Rusli. 2010. *Pemodelan Tsunami Sebagai Sarana Mitigasi Bencana Studi Kasus Sumenep Dan Kepulauannya*. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri (Uin) Maulana Malik Ibrahim. Malang
- Sengaji, Ernawati dan Bisman Nababan. 2009. *Pemetaan Tingkat Resiko Tsunami di Kabupaten Sikka, Nusa Tenggara Timur*. E-Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol.1, No.1, hlm. 48-61
- Setiawan, Iwan. 2003. *Analisis Data Spasial Menggunakan SIG. Pelatihan Dosen tentang Teknologi Informasi Untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam*. Biotrop, Bogor, 9hlm.
- Simandjuntak, T.O. 1994. *Tsunami dan Gempa Bumi dalam Pinggiran Lempeng Aktif di Indonesia. Makalah Tsunami di Indonesia dan Aspek-aspeknya*. Dewan Riset Nasional, Bandung, 211hlm.
- Sitorus, Ester. 2009. *Analisis Respon Batimetri Terhadap Penjalaran dan Run-up Tsunami 1 Dimensi Studi Kasus Perairan Barat Sumatera dan*

Selatan Jawa, Skripsi Sarjana
Oseanografi Institut Teknologi
Bandung, Bandung.

Kota Semarang. [Skripsi].
Universitas Diponegoro, Semarang,
63hlm.

Sudrajat, A. 1994. *Sekilas Tentang Tsunami dan Upaya Penanggulangan Bahayanya. Makalah Tsunami di Indonesia dan Aspek-aspeknya.* Dewan Riset Nasional, Bandung, 211hlm.

Winardi, A.G., dkk. 2006. *Gempa Jogja, Indonesia dan Dunia.* Gramedia, Jakarta, 96hlm.

Suyatno, E.R. 1995. *Rekonstruksi Tsunami Akibat Gempa Bumi Sumatra 1833.* [Skripsi]. Institut Teknologi Bandung, Bandung, 50hlm.

Yusyahnonta, Panca. 2006. Identifikasi Daerah Bahaya Tsunami dan Strategi Mengurangi Resikonya di Kota Padang. Tesis. Magister Institut Teknologi Bandung. Tidak dipublikasikan

Triadmodjo, Bambang. 2003. *Pelabuhan.* Beta Offset, Yogyakarta.

Wibowo, A.D. 2006. *Analisis Spasial Daerah Rawan Genangan Akibat Kenaikan Pasang Surut Air Laut (Rob) di*