

Identifikasi potensi kerawanan tsunami di wilayah Kabupaten Jember, Jawa Timur

Imun Maemunah, Cecep Sulaeman, dan Rahayu Robiana

Badan Geologi
Jln. Diponegoro 57 Bandung 40122

SARI

Karakteristik pantai di Kabupaten Jember dapat dibagi menjadi tiga tipe. Tipe 1 merupakan pantai berteluk yang sempit dengan litologi pasir halus hingga kasar meliputi daerah Payangan, Seruni, Watu Ulo, dan Tanjung Papuma. Tipe 2 merupakan pantai berbentuk lurus dan lebar dengan litologi pasir halus hingga kasar meliputi Pantai Puger dan Paseban. Tipe 3 merupakan pantai berelief curam dan terjal dengan litologi batuan dasar berumur Tersier meliputi daerah Watu Ulo, Tanjung Papuma, Puger, Bandalit, Meru Betiri, Teluk Pisang, dan Teluk Permisan. Secara umum, Tipe 1 merupakan daerah yang berisiko tinggi terhadap bahaya tsunami. Berdasarkan tingkat kerawanan terhadap bahaya tsunami, wilayah pantai di Kabupaten Jember dibagi menjadi tiga kawasan yaitu kawasan rawan tsunami tinggi, kawasan rawan tsunami menengah, dan kawasan rawan tsunami rendah. Kawasan rawan tsunami tinggi merupakan kawasan yang berpotensi terlanda tsunami dengan tinggi genangan mencapai lebih dari 4 m dan jarak landaan maksimal sejauh 365 m dari garis pantai. Kawasan rawan tsunami menengah merupakan kawasan yang berpotensi terlanda tsunami dengan tinggi genangan 1 hingga 3 m, dan jarak landaan mencapai 980 m dari garis pantai, sedangkan kawasan rawan tsunami rendah merupakan kawasan yang berpotensi terlanda tsunami dengan tinggi genangan kurang dari 1 m, dan jarak landaan mencapai 2,7 km dari garis pantai.

Kata kunci: karakteristik pantai, tsunami, kawasan rawan tsunami, tinggi genangan

ABSTRACT

Characteristics of the coastal areas in Jember is divided into three types. Type 1 is a narrow bay coast with fine to coarse sand lithology covering the area of Payangan, Seruni, Watu Ulo, and Tanjung Papuma. Type 2 is a wide and straight coast consists of fine to coarse sand lithology covering the area of Puger beach and Paseban. Type 3 is a steep coast consists of basement rock of Tertiary age covering the area of Watu Ulo, Tanjung Papuma, Puger, Bandalit, Meru Betiri, Pisang bay, and Permisan bay. In general, type 1 is a high risk zone against tsunami hazards. Based on the level of vulnerability to tsunami hazards, the coastal areas in Jember is divided into three zones, namely: high vulnerability zone, moderate vulnerability zone and low vulnerability zone against tsunami hazards. High vulnerability zone is an area potentially affected by tsunami with flow depth of higher than 4 m and the maximum inundation of 365 m from the coast line.

*Naskah diterima 1 April 2011, selesai direvisi 21 Juli 2011
Korespondensi, email: cecep@vsi.esdm.go.id*

Moderate vulnerability zone is an area potentially affected by tsunami with flow depth of about 1 – 3 meters, and the maximum inundation of 980 m at Payangan. Low vulnerability zone is an area potentially affected by tsunami with flow depth of lesser than 1 m and the maximum inundation of 2.7 km from the coast line.

Keywords: Coastal characteristic, tsunami, tsunami vulnerability, flow depth

PENDAHULUAN

Kabupaten Jember di Jawa Timur memiliki beberapa tujuan wisata pantai yang indah yang sebagian berpasir putih dan berselang-seling antara pantai landai dan terjal. Daerah tujuan wisata pantai tersebut diantaranya adalah Pantai Tanjung Papuma, Pantai Watu Ulo, dan Pantai Bandealit.

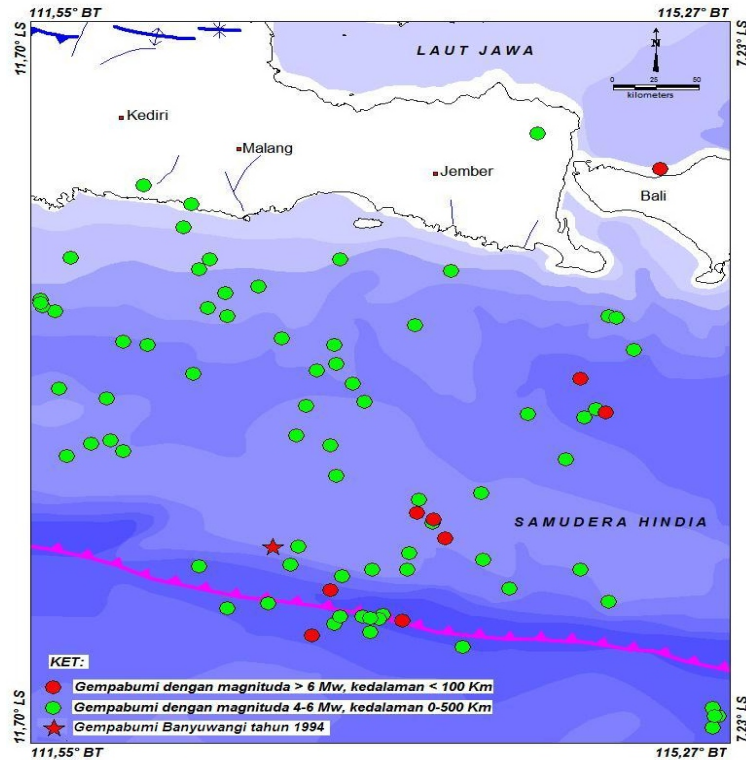
Di sisi lain keindahan pantai selatan Jember ini terdapat potensi bencana karena letaknya yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia yang merupakan tempat pertemuan dua lempeng tektonik, yaitu Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia yang secara tektonik sangat aktif dan dapat menjadi sumber bencana tsunami. Berdasarkan sejarahnya kawasan Pantai Jember pernah mengalami landaan tsunami yang bersumber dari Samudra Hindia, yaitu pada tahun 1818, 1921, dan 1994 (Supartoyo dan Surono, 2008). Dampak terbesar akibat tsunami yang pernah melanda pantai di wilayah Jember terjadi saat gempa bumi yang disertai tsunami di Banyuwangi 3 Juni 1994. Tsunami melanda sejumlah pantai seperti Pantai Sukamade, Payangan, dan Watu Ulo. Kerawanan Pantai Jember ini terhadap bencana tsunami dapat diperkirakan dari banyaknya sebaran pusat gempa bumi dengan kedalaman dangkal yang berlokasi di dasar laut di sekitar pantai (Gambar 1). Berdasarkan

hal tersebut maka dilakukan identifikasi potensi bencana tsunami di wilayah Kabupaten Jember, Jawa Timur.

Berdasarkan karakteristik pantai, pengukuran lateral pantai, dan inventarisasi tata guna lahan dapat diketahui tingkat kerawanan daerah ini terhadap bahaya tsunami yang diakibatkan oleh gempa bumi yang berasosiasi dengan zona subduksi Sunda yang terletak di sebelah selatan daerah penelitian.

Karakteristik pantai diperoleh dari data pengamatan morfologi, geologi, karakter garis pantai, vegetasi penutup, dan pemanfaatan lahan. Pengukuran penampang lateral pantai dilakukan untuk mendapatkan data perbedaan ketinggian lahan di pantai, terutama lahan yang digunakan sebagai lokasi pemukiman, industri, maupun penempatan bangunan yang digunakan oleh penduduk. Mengingat keberadaan bangunan-bangunan tersebut perlu diperhatikan dalam aspek potensi risiko bencana yang mungkin timbul akibat tsunami. Pengukuran penampang lateral pantai menggunakan satu unit theodolit, berdasarkan lokasi bangunan yang paling dekat dengan bibir pantai atau berdasarkan jarak datar terjauh dari garis pantai. Data yang diperoleh adalah jarak datar dan beda tinggi terhadap muka laut.

Karakteristik pantai merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat kerawan-



Gambar 1. Peta sebaran pusat gempa bumi berkekuatan > MW 4,0 tahun 1976-2010 (USGS, 2010).

an bahaya tsunami disamping parameter gempa bumi. Parameter gempa bumi ditentukan berdasarkan teori *scaling law* untuk sesar yang memiliki pergerakan vertikal (*dip-slip fault*) di zona penunjaman (Papazachos *et al.*, 2004). *Scaling law* digunakan dalam perhitungan parameter sesar yang dikontrol oleh momen magnitudo (Mw). Parameter sesar ini dijadikan sebagai input dalam pemodelan tsunami (Gambar 2).

Perhitungan parameter sesar di zona penunjaman menggunakan rumus:

$$\log L = 0,5M - 2,19 \quad (1)$$

$$W = 0,31M - 0,63 \quad (2)$$

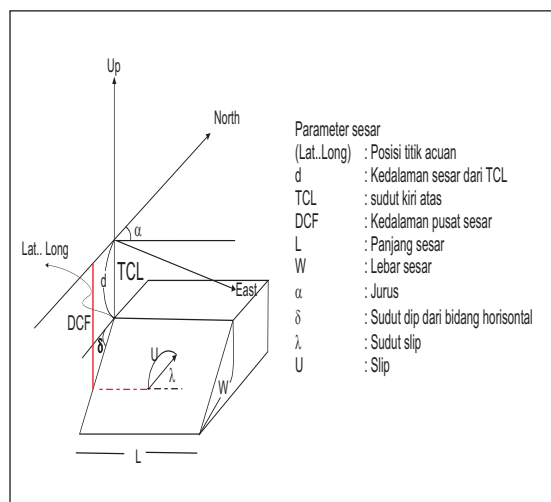
$$\log U = 0,5M - 1,4 \quad (3)$$

Sedangkan perhitungan parameter sesar di daerah kerak kontinental menggunakan rumus:

$$\log L = 0,50M - 1,86 \quad (4)$$

$$W = 0,28M - 0,7 \quad (5)$$

Untuk menghitung waktu tiba, amplitudo, dan tinggi gelombang tsunami, serta pengaruh gelombang tsunami terhadap suatu wilayah maka dibuat model tsunami berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Pemodelan



Gambar 2. Parameter sesar (Japan Meteorological Agency, 2007).

tsunami menggunakan program TUNAMI N2 yang dikembangkan oleh Universitas Tohoku (Imamura *et al.*, 2006) dan dimodifikasi oleh Yanagisawa, dengan menggunakan pendekatan model *Boussinesq*. Koordinat Cartesian digunakan dalam pemodelan numerik dan teori laut dangkal dengan *bottom friction* digunakan dalam pemodelan di laut yang lebih dangkal dari 50 m. Persamaan dasar untuk pemodelan tsunami laut dangkal (Nagano *et al.*, 1991), adalah:

$$\frac{\delta(\eta + h)}{\delta t} + 7.(h.v) = 0 \quad (6)$$

dimana:

h = kedalaman laut (m)

v = kecepatan rambat (m/det)

t = waktu rambat (detik)

Untuk simulasi digunakan 2 skenario tsunami yang bersumber dari gempa bumi di zona sub-

duksi di Samudra Hindia, dengan parameter sesar diasumsikan, dapat dilihat pada Tabel 1.

Dua skenario yang digunakan merupakan tsunami dekat dengan parameter gempa bumi berdasarkan kejadian tsunami Banyuwangi 1994 dan satu model sintetik untuk kejadian gempa bumi terbesar yang mungkin terjadi di wilayah tersebut. Dalam pemodelan tsunami digunakan dua data dasar, yaitu data topografi dari SRTM dan data batimetri dari Gebco.

Perambatan gelombang tsunami dihitung pada 22 stasiun pengamatan pasang surut (*Tide Gauge*) buatan di sepanjang pesisir pantai di wilayah Kabupaten Jember. Stasiun *Tide Gauge* diasumsikan berada di depan pantai menghadap ke arah laut.

Karakteristik Pantai

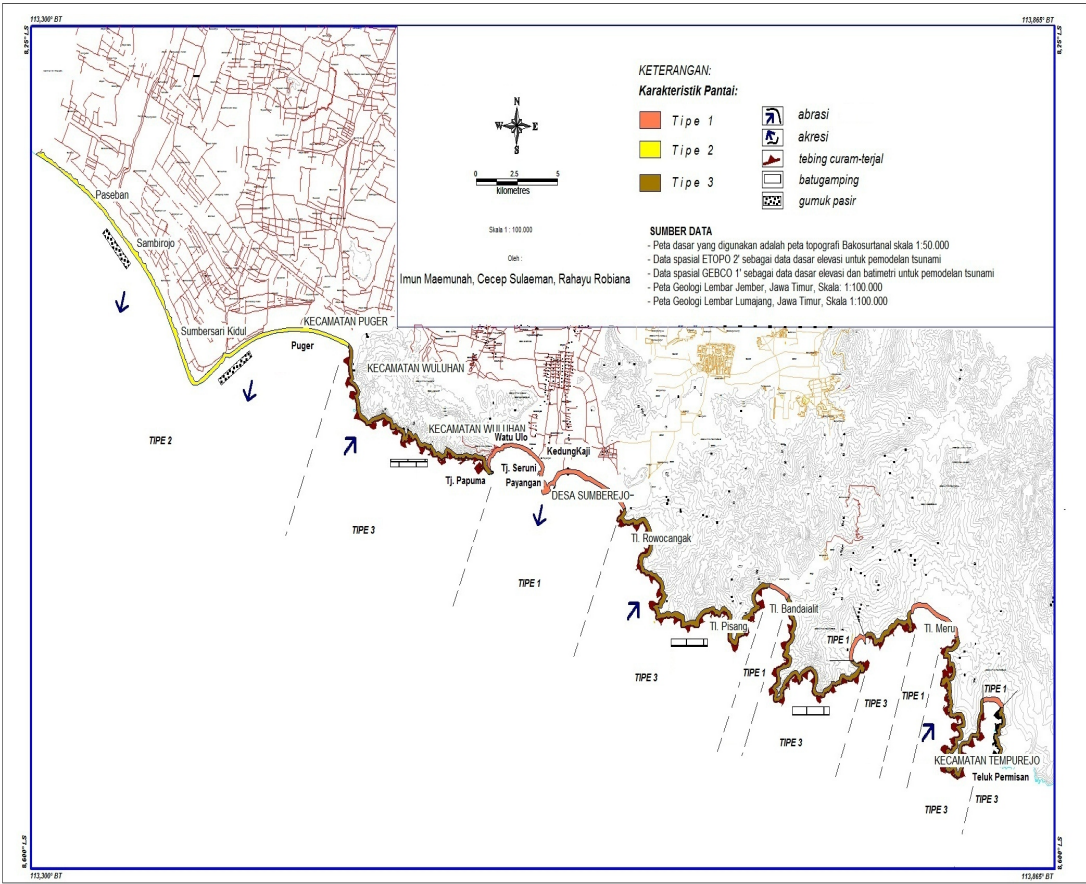
Berdasarkan hasil pengamatan yang didasarkan pada tiga unsur utama yaitu: geologi, morfologi, dan karakter garis pantai (Dolan *et al.*, 1975), maka daerah penelitian dibagi menjadi 3 tipe pantai (Gambar 3). Masing-masing tipe pantai tersebut adalah sebagai berikut:

• Pantai Tipe 1

Pantai Tipe 1 memiliki garis pantai berbentuk teluk, sempit, memiliki morfologi landai hingga menengah, dengan kemiringan bibir pantai 6°- 22°. Lebar pantai berkisar antara 50 m dan 100 m, didominasi oleh litologi pasir berukuran halus hingga kasar, berwarna abu-abu kehitaman mengandung besi, felspar, serta sebagian mengandung sedikit cangkang kerang. Pantai tipe 1 terutama terdapat di wilayah Payangan, Tanjung Seruni, dan Watu Ulo.

Tabel 1. Parameter Gempa Bumi Sumber Tsunami

Nama	Bujur (°)	Lintang (°)	Magnitudo (Mw)	Kedalaman (Km)	Jurus (°)	Dip (°)	Pergeseran (m)	Panjang Sesar (Km)	Lebar Sesar (Km)
Skenario 1	113,14	-10,574	8,0	10	100	15	4,7	130	70
Skenario 2	113,04	-11,03	7,8	15	278	7	8,9	100	50



Gambar 3. Peta karakteristik pantai di wilayah Kabupaten Jember.

- Pantai Tipe 2

Pantai Tipe 2 memiliki garis pantai lurus dan lebar didominasi morfologi landai dan berselingan dengan pantai bermorfologi terjal. Pantai yang bermorfologi landai memiliki litologi pasir mengandung besi dan felspar berwarna abu-abu-kehitaman, dengan ukuran butir pasir halus sampai kasar. Pada pantai ini terjadi penumpukan pasir membentuk gunduk-gunduk pasir yang cukup luas. Kemiringan bibir pantai relatif landai antara 4° - 8° dengan lebar lebih dari 200 m sepanjang lebih dari 1 km. Pantai Tipe 2 ini terdapat di wilayah Pantai Puger dan Paseban (Gambar 5). Pantai Tipe 2 di Paseban (kiri) dan Puger (kanan)

- Pantai Tipe 3

Pantai Tipe 3 memiliki bentuk garis pantai berteluk dengan morfologi perbukitan curam dan terjal sebagian berselingan dengan pantai landai yaitu terutama di daerah Tanjung Papuma (Gambar 6), dan sebagian besar di daerah Pantai Bandialit, Meru Betiri, Teluk Pisang, dan Teluk

Permisan. Pantai ini disusun oleh batuan berumur Tersier dan Kuartar berupa lava andesit, breksi, dan batugamping. Gelombang tsunami akan terkonsentrasi ke dalam teluk namun morfologi pantai yang curam dan terjal akan menahan gelombang tsunami di sepanjang pantai sehingga tidak terjadi pengumpulan gelombang.

Morfologi, penampang lateral pantai dan pemanfaatan lahan

Pantai di Kabupaten Jember pada umumnya merupakan pantai yang sempit dengan bentuk garis pantai berteluk dan morfologi yang relatif landai. Pantai dengan morfologi landai sebagian besar terdapat di bagian barat laut. Di bagian tengah dan tenggara pantai landai berselingan dengan pantai curam hingga terjal. Litologi penyusun pantai terdiri atas pasir halus hingga kasar, mengandung besi dan felspar. Sebagian disusun oleh pasir putih yang mengandung pecahan cangkang kerang, seperti yang terdapat di Tanjung Papuma. Litologi batuan dasar berumur Tersier berselingan dengan pasir tersingkap di Tan-



Gambar 4. Pantai Tipe 1 di Payangan (kiri) dan Watu Ulo (kanan).



Gambar 5. Pantai Tipe 2 di Paseban (kiri) dan Puger (kanan).



Gambar 6. Pantai Tipe 3 di Tanjung Papuma bagian timur (kiri) dan bagian barat (kanan).

jung Papuma, Watu Ulo, Bandealit, dan Teluk Meru Betiri.

Pemanfaatan lahan pantai sebagai pemukiman dan pelabuhan dijumpai di Pantai Puger, Payangan, Tanjung Seruni, dan Watu Ulo, pantai lainnya dimanfaatkan sebagai tempat wisata seperti di Tanjung Papuma dan Bandealit.

Berdasarkan hasil pengukuran lateral pantai diketahui bahwa pemukiman yang berada pa-

ling dekat dengan garis pantai adalah Tanjung Seruni, dan Dusun Watu Ulo. Hasil pengukuran lateral pantai ini digunakan untuk menghitung ketinggian gelombang dalam simulasi tsunami, sekaligus untuk memperoleh gambaran daerah landaan maksimum dengan memperhitungkan parameter kemiringan dan lebar pantai serta kekasaran permukaan (*Manning's roughness*). Berdasarkan hasil pengukuran kemiringan (*slope*) pantai, pelu-

ruhan ketinggian tsunami (Hloss) dapat dihitung dengan rumus $H_{loss} = (167 n^2 / H_0 \cdot 1/3) + 5 \sin S$ (McSaveney and Rattenbury, 2000). Hasil perhitungan tersebut dipergunakan untuk menghitung landaan maksimum berdasarkan rumus H_0/H_{loss} .

Kawasan Rawan Bencana Tsunami

Berdasarkan simulasi tsunami dengan menggunakan 2 model sumber gempa bumi di atas, dihasilkan ketinggian gelombang tsunami maksimum (*run up*) di pantai (Tabel 2). Pada

model 1, *run up* maksimum berada di Teluk Meru dengan ketinggian 4,30 m dari rata-rata muka air laut. Sedangkan pada model 2 *run up* maksimum di pantai memiliki ketinggian 4,82 m, terdapat di Pantai Bandialit. Nilai ketinggian gelombang tsunami maksimum di pantai tersebut digunakan sebagai data input untuk menghitung jangkauan maksimum gelombang tsunami ke daratan di beberapa pantai. Hasil perhitungan dengan menggunakan rumus H_0/H_{loss} diperoleh landaan maksimum sejauh 2,7 km ke arah daratan di daerah Kedungkaji, sekitar Watu Ulo.

Tabel 2. *Run up* Maksimum di beberapa Pantai di Daerah Penelitian

No.	Nama Pantai	Koordinat geografis	Model 1 (<i>run up</i> , m)	Model 2 (<i>run up</i> , m)
1.	Paseban	113,336806 ° BT; 8,328250 ° LS	1,69	0,62
2.	Puger 1	113,404472 ° BT; 8,388639 ° LS	3,28	3,20
3.	Puger 2	113,418000 ° BT; 8,381611 ° LS	3,77	2,59
4.	Puger 3	113,468861 ° BT; 8,381583 ° LS	2,53	2,45
5.	Puger 4	113,476306 ° BT; 8,385444 ° LS	1,78	1,03
6.	Tanjung papuma 3	113,549667 ° BT; 8,430833 ° LS	2,86	1,60
7.	Tanjung Papuma 2	113,553472 ° BT; 8,434889 ° LS	1,96	1,22
8.	Tanjung Papuma 1	113,553333 ° BT; 8,430444 ° LS	3,48	1,97
9.	Pantai watu ulo	113,564361 ° BT; 8,424611 ° LS	3,82	2,36
10.	Dusun Watu ulo	113,579640 ° BT; 8,430222 ° LS	2,78	1,66
11.	Tanjung Seruni	113,582278 ° BT; 8,434472 ° LS	3,06	2,87
12.	Payangan	113,584056 ° BT; 8,438750 ° LS	2,50	1,22
13.	Bandialit	113,711557 ° BT; 8,486845 ° LS	2,91	4,82
14.	Teluk Meru	113,798674 ° BT; 8,492842 ° LS	4,30	3,71
15.	Teluk Permisan	113,818749 ° BT; 8,542317 ° LS	2,11	3,86

Berdasarkan karakteristik pantai dan pemodelan tsunami dengan asumsi sumber gempa bumi dari zona subduksi di selatan Jember, Jawa Timur, maka daerah pantai Jember dapat dibagi menjadi tiga kawasan rawan bencana tsunami, yaitu: kawasan rawan tsunami tinggi, kawasan rawan tsunami menengah, dan kawasan rawan tsunami rendah (Gambar 7). Kawasan rawan tsunami tersebut adalah sebagai berikut:

a. Kawasan Rawan Tsunami Tinggi

Kawasan rawan tsunami tinggi merupakan kawasan yang berpotensi terlanda tsunami dengan ketinggian genangan tsunami lebih dari 3 m. Daerah ini merupakan daerah tepi pantai bermorfologi datar hingga landai dan meliputi sepanjang pantai daerah penelitian dengan tinggi genangan lebih dari 3 m. Ketinggian *run up* dapat mencapai lebih dari 4 m dengan skala intensitas tsunami VII-VIII (Papadopoulos and Imamura, 2001). Kondisi ini berpotensi menyebabkan sebagian besar bangunan dengan konstruksi kayu hancur dan hanyut, merusak bangunan dengan konstruksi beton, dan menghempaskan kapal-kapal kecil ke daratan (Papadopoulos and Imamura, 2001). Waktu tiba gelombang tsunami di garis pantai kurang dari 1 jam setelah tsunami terpicu gempa bumi. Landaan tsunami mencapai jarak maksimum 365 m di daerah Bandalit. Kawasan Rawan Tsunami Tinggi ini meliputi daerah Puger bagian tengah dan timur, Tanjung Papuma bagian timur, Pantai Watu Ulo, Tanjung Seruni,

Teluk Bandalit, Teluk Meru, dan Teluk Permisian bagian tengah dan timur.

b. Kawasan Rawan Tsunami Menengah

Kawasan rawan tsunami menengah merupakan kawasan yang berpotensi terlanda tsunami dengan tinggi genangan tsunami 1 hingga 3 m. Daerah ini berada di belakang pantai dan bermorfologi landai. Daerah ini berpotensi terlanda tsunami dengan intensitas VI-VII (Papadopoulos and Imamura, 2001) yang berpotensi menghancurkan bangunan dengan konstruksi kayu. Sebagian besar bangunan dengan konstruksi batu (*masonry building*) selamat. Landaan tsunami dapat mencapai jarak 980 m dari garis pantai di daerah Payangan. Kecepatan, ketinggian, dan energi gelombang tsunami sudah meluruh, namun perlu diwaspadai material runtuh bangunan yang hanyut dibawa arus.

c. Kawasan Rawan Tsunami Rendah

Kawasan rawan tsunami rendah adalah daerah yang berpotensi terlanda tsunami dengan tinggi genangan kurang dari 1 m. Daerah ini berada di belakang pantai, dengan morfologi perbukitan bergelombang. Gelombang tsunami hanya akan membanjiri fasilitas luar ruangan seperti taman atau kebun namun tidak menimbulkan kerusakan. Landaan tsunami mencapai 2,7 km dari garis pantai, gelombang tsunami masuk melalui Watu Ulo dengan

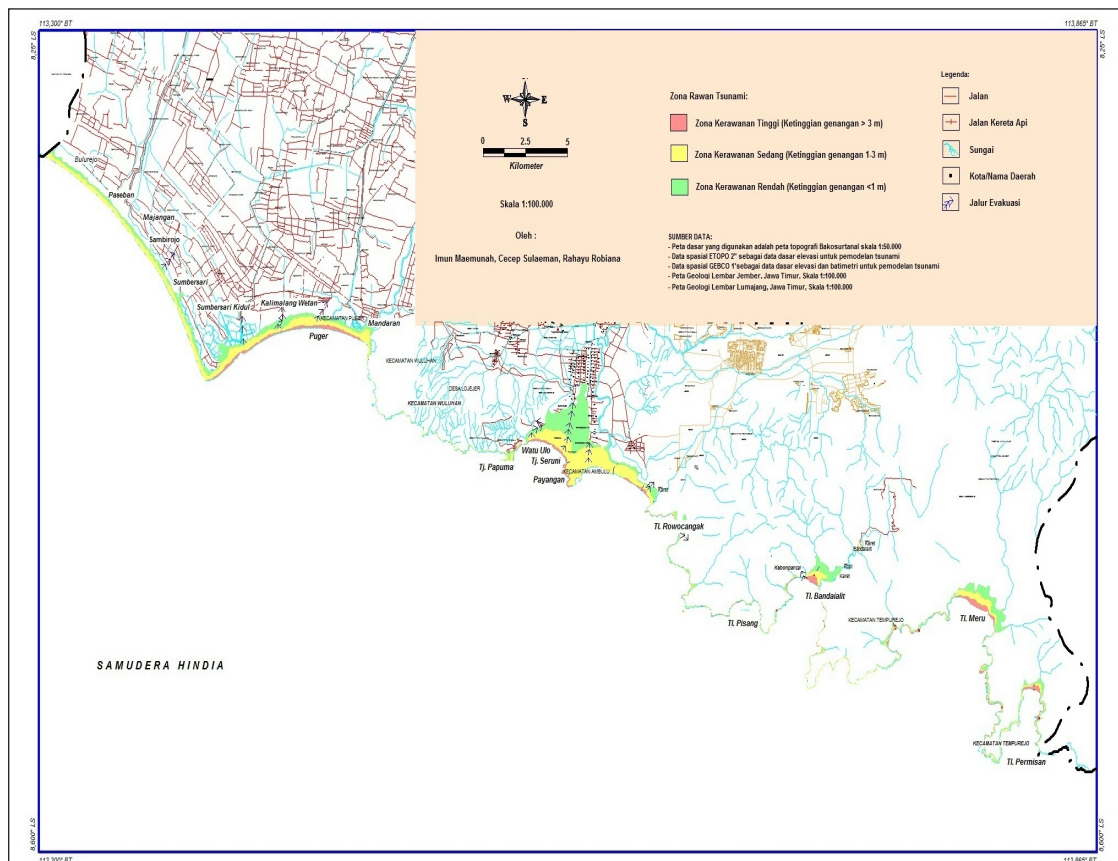
kecepatan, tinggi, dan energi gelombang tsunami sudah sangat menurun sehingga tidak akan merobohkan bangunan. Bangunan yang ada di daerah ini dapat dimanfaatkan sebagai tempat pengungsian sementara.

DISKUSI

Pantai Tipe 1 merupakan tipe yang paling rawan jika terlanda gelombang tsunami. Bentuk garis pantai yang berteluk akan menambah tinggi *run up*, sedangkan pantai yang sempit

dengan litologi pasir halus hingga pasir kasar akan mempercepat gelombang tsunami mencapai daratan. Daerah yang perlu diwaspadai terutama untuk pantai yang padat penduduk seperti Pantai Watu Ulo, Tanjung Papuma, Payangan, dan Tanjung Seruni.

Pada pantai Tipe 2 gelombang tsunami diharapkan dapat teredam oleh gumuk pasir yang cukup tebal dan luas di sepanjang pantai. Gumuk pasir ini dapat menjadi penghalang sebelum gelombang tsunami tiba di pemukiman penduduk. Pada pantai Tipe 3 gelombang tsunami akan terkonsentrasi ke



Gambar 7. Peta Kawasan Rawan bencana Tsunami di Pantai wilayah kabupaten Jember.

dalam teluk, namun morfologi pantai yang curam hingga terjal akan meredam tinggi gelombang tsunami karena terpecah oleh bukit-bukit di sepanjang pantai dan tidak terjadi pengumpulan gelombang.

KESIMPULAN

Karakteristik pantai di Kabupaten Jember dapat dibedakan menjadi 3 tipe, yaitu Tipe 1, Tipe 2, dan Tipe 3. Tipe 1 merupakan pantai sempit, berteluk, dan berlitologi pasir halus hingga kasar. Tipe 2 merupakan pantai lebar, lurus, dan berlitologi batupasir kasar hingga halus. Tipe 3 merupakan pantai berbatuan dasar berumur Tersier dan Kuartar, dengan berelief curam-terjal. Dari ketiga tipe pantai tersebut yang paling tinggi memiliki potensi kerusakan terhadap tsunami, adalah pantai Tipe 1 dimana sebagian besar terletak di bagian tengah daerah penelitian.

Berdasarkan hasil pemodelan tsunami, tinggi gelombang maksimum terjadi di Teluk Bandalit adalah 4,82 m. Sedangkan landaan maksimum sejauh 2,7 km ke arah daratan terjadi di daerah Watu Ulo dan Tanjung Seruni.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Pejabat Pembuat Komitmen, Kepala Bidang Mitigasi Gempa Bumi dan Gerakan Tanah, dan staf yang telah memberikan dukungan mulai dari survei lapangan hingga penulisan makalah ini.

ACUAN

Dolan, R., Hayden, B.P., and Vincent, M.K., 1975, Classification of Coastal Landform of America, *Zithschr Geomorphology, Encyclopedia of Beaches and Coastal Environment*, 3-6.

Imamura, Yalciner, A.C., and Ozyurt, G., 2006, *Tsunami Modelling Manual (Tsunami model)*.

Japan Meteorological Agency, 2007, *Draft of Manual on Operation Systems for Tsunami Warning Service*.

McSaveney and Rattenbury, 2000, *Tsunami impact in Hawke's Bay*, Institute of Geological and Nuclear Sciences Limited, Client Report 2000/146 for the Hawke's Bay Regional Council.

Nagano, O., Imamura, F., and Shuto, N., 1991, Numerical Model for Far-Field Tsunamis and Its Application to Damages Done to Aquaculture, *Natural Hazards*, 235 - 255.

Papazachos, B. C., Scordilis E. M., Panagiotopoulos D. G., Papazachos C. B., and Karakaisis G. F., 2004, Global Relations Between Seismic Fault Parameters and Moment Magnitude of Earthquakes.

Papadopoulos, G.A. and F. Imamura, 2001, Proposal for A New Tsunami Intensity Scale. *Proc. Internat. Tsunami Conference, Seattle, 7-9 August 2001*, 569-577.

Supartoyo dan Surono, 2008, *Katalog Gempa Bumi Merusak di Indonesia tahun 1629 – 2007 (Edisi Ketiga)*, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.

United State Geological Survey (USGS), 2010, *USGS-NEIC Earthquake Catalogue*, www.earthquake.usgs.gov

