

BENCANA GEOLOGI DAN EVALUASI PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR WILAYAH PESISIR TELUK RAJEGWESI, BANYUWANGI

E. Usman

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan
Jl. Dr. Junjuran No. 236 Bandung 40174**SARI**

Secara geologis, kawasan pantai Teluk Rajegwesi merupakan daerah rawan terhadap bencana geologi (gempa bumi dan tsunami). Daerah Teluk Rajegwesi lokasinya berhadapan dengan Palung Jawa yang mempunyai risiko kegempaan tinggi. Pada tahun 1994, di pantai selatan Banyuwangi pernah terjadi gempa bumi dan gelombang tsunami dengan tinggi rayapan gelombang mencapai lebih dari 10 m. Akibat terparah terjadi pada pantai-pantai berteluk yang banyak dihuni, termasuk pantai Teluk Rajegwesi.

Hasil pemetaan karakteristik pantai menunjukkan ketinggian dataran pantai tersebut kurang dari 4 m, dan merupakan daerah yang mempunyai gelombang dan arus sejajar pantai yang kuat. Lokasi pemukiman penduduk di Teluk Rajegwesi terletak di daerah pedataran pantai, sehingga pada saat tsunami terjadi, daerah Teluk Rajegwesi tersapu oleh gelombang.

Berdasarkan aspek kegempaan di Teluk Rajegwesi, rencana lokasi infrastruktur yang akan dibangun oleh Pemerintah Daerah Banyuwangi perlu ditinjau kembali, dan juga lokasi pemukiman perlu dipindahkan ke lokasi yang lebih aman (risiko kecil) di atas ketinggian 10 m dari permukaan laut.

Kata kunci: gempa bumi, tsunami, pemukiman, Teluk Rajegwesi

ABSTRACT

Geologically, the area of Rajegwesi Bay is potential for geological hazard (earthquake and tsunami). The area of Rajegwesi Bay is located in the front of the Jawa Trench which has high risk in seismicity. In 1994, the south coast of Banyuwangi was attacked by an earthquake and tsunami where the wave had reached more than 10 m high. The huge damage happened on bays where many peoples lives including Rajegwesi Bay.

The coastal characteristic mapping shows the coastal plain lies less than 4 m and it represents the area that has a high wave and longshore current. The settlement on Rajegwesi Bay is located in coastal plain area, and when a tsunami happens, it will be swepted by waves.

Based on seismicity aspects in this area, the infrastructure locations determined by the local government of Banyuwangi must be revised and removed to safe locations, i.e, the area which lies more than 10 m above sea level.

Keywords: earthquake, tsunami, settlement, Rajegwesi Bay

PENDAHULUAN

Secara regional, pantai selatan Banyuwangi berbatasan langsung dengan Samudra Indonesia yang merupakan daerah tumbukan antara Lempeng Indo-Australia di sebelah selatan dengan Lempeng Eurasia di sebelah utara (Simandjuntak, 1994). Tumbukan tersebut membentuk daerah bergempa dengan kekuatan antara 4 - 6 Skala Richter (SR), dan sering pula diikuti gelombang tsunami (Natawidjaya, 2005).

Lokasi penelitian terletak pada koordinat 113°55' - 113°58' BT dan 08°33' - 08°35' LS. Daerah ini ter-

masuk ke dalam wilayah Kecamatan Pesanggaran, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur (Gambar 1).

Secara geografis, Kabupaten Banyuwangi berada dalam posisi yang strategis terhadap tatanan kewilayahan Indonesia, karena di bagian selatan berbatasan dengan Samudra Indonesia, dan di bagian timur berbatasan dengan Selat Bali yang menjadi penghubung antara Pulau Jawa dengan Kawasan Timur Indonesia. Secara geologis, Kabupaten Banyuwangi berada di ujung timur rangkaian Pegunungan Selatan Jawa yang

membentang mulai dari bagian barat Banten (Bemmelen, 1949). Pantai selatan Banyuwangi menghadap langsung ke Samudra Indonesia (*open sea*), membentuk tebing yang curam dan terjal dengan berbagai tipe pantai, seperti pantai berteluk dan tanjung, bertebing, pantai lurus, pantai landai, berpasir putih (*pocket sand*). Tipe pantai yang demikian dimanfaatkan oleh masyarakat setempat sebagai daerah objek wisata, pelabuhan nelayan, daerah budi daya rumput laut, dan konservasi penyu hijau. Kondisi ini menjadi daya tarik bagi Pemerintah Kabupaten Banyuwangi untuk membangun infrastruktur *Geoscience* Kelautan dan fasilitas pelabuhan di Desa Rajegwesi dan Desa Bayuran sebagai pusat diklat kelautan dan pengembangan sumber daya manusia di bidang kelautan (Bappeda Banyuwangi, 2004).

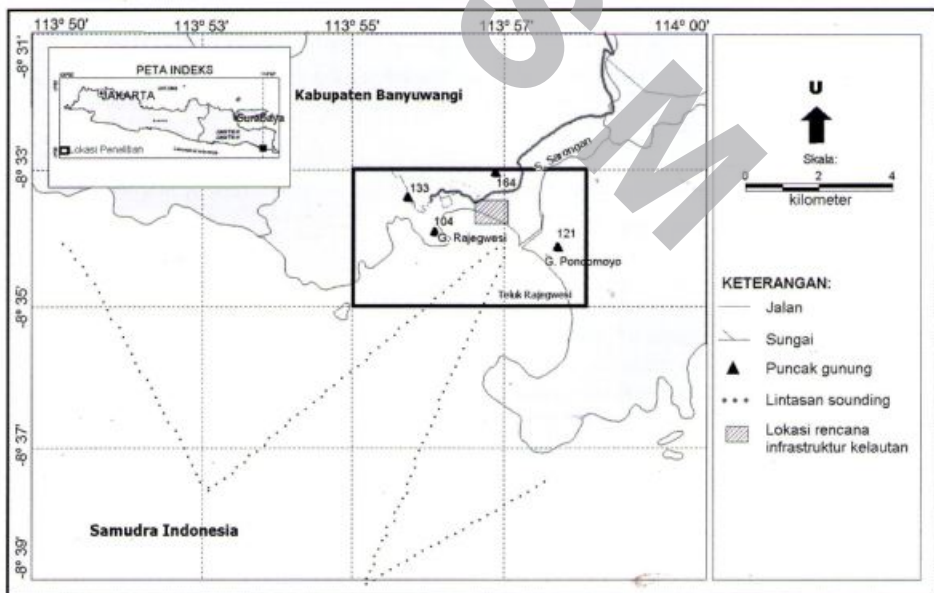
Ada yang mengkhawatirkan bila dibangun infrastruktur kelautan di Teluk Rajegwesi, seperti pantai yang membentuk teluk dan dataran rendah, akan rawan terhadap bahaya gelombang tsunami. Pada tanggal 3 Juni 1994, di pantai selatan Banyuwangi pernah terjadi bencana tsunami yang

mengakibatkan korban jiwa cukup besar mencapai 209 orang (Sudradjat, 1994). Daerah yang terkena gelombang tsunami selain Teluk Rajegwesi adalah Teluk Hijau, Teluk Pancer dan Teluk Grajagan. Daerah yang paling parah terkena terjangan gelombang tsunami adalah Teluk Pancer dan Teluk Grajagan yang terletak di bagian timur daerah penelitian.

Oleh sebab itu, kajian mengenai aspek bencana geologi di daerah Teluk Rajegwesi dan sekitarnya diharapkan menjadi masukan bagi Pemerintah Kabupaten Banyuwangi dalam perencanaan dan penetapan lokasi infrastruktur dan pemukiman penduduk.

Sementara lokasi yang akan dijadikan tempat pembangunan infrastruktur Laboratorium Kelautan adalah di Desa Rajegwesi dan Desa Bayuran & sekitarnya, Kecamatan Pesanggaran, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur.

Penelitian ini dimaksudkan untuk menghimpun data kondisi geologi kelautan, khususnya mengenai tingkat risiko bencana geologi berdasarkan kondisi keempaan, karakteristik pantai, morfologi dasar laut dan topografi pantai, serta sejarah keempaan yang diikuti oleh gelombang tsunami.



Gambar 1. Lokasi penelitian.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh data geologi kelautan bagi evaluasi rencana pengembangan infrastruktur laboratorium kelautan di Teluk Rajegwesi, Banyuwangi, dan sejauh mana tingkat risiko gelombang tsunami dapat menjangkau kawasan pantai Teluk Rajegwesi dan sekitarnya.

METODE PENELITIAN

Citra Landsat TM

Kabupaten Banyuwangi terekam dalam scene ETM 2002 pada grid (*path-row*) yaitu 117/65 di bagian utara dan 117/66 di bagian selatan dengan ukuran cakupan 185 km x 185 km. Kawasan pantai dan perairan bagian selatan Banyuwangi, termasuk di dalamnya daerah penelitian, merupakan bagian dari grid (*path-row*) 117/66. Lokasi penelitian dan sekitarnya dalam grid tersebut terletak di bagian barat daya.

Pengolahan data citra dimaksudkan untuk mengoreksi distorsi yang ada, sehingga objek yang terekam dalam citra mudah diinterpretasi untuk menghasilkan informasi yang benar-benar sesuai dengan kondisi di lapangan.

Pada analisis ini dipergunakan beberapa kombinasi untuk memperoleh objek penting di pantai, terutama untuk mendukung pemetaan karakteristik pantai. Untuk mendapatkan gambaran mengenai karakteristik pantai dan perairannya, terutama daerah sedimentasi yang kemudian membentuk pematang pantai yang berfungsi sebagai penahan gelombang alami serta kandungan sedimen di air laut (*suspended load*), dipergunakan komposit RGB 534. Kandungan sedimen di dalam air laut menyebabkan perubahan warna menjadi keruh, dan pada citra menampilkan warna yang lebih muda (biru muda), sedangkan pada air laut tanpa kandungan sedimen berwarna lebih jernih (biru tua). Namun, karena perairan bagian selatan Banyuwangi pada umum mempunyai kandungan sedimen dalam air laut yang tidak terlalu besar, perbedaan warna tidak terlalu jelas, tetapi masih terdapat perbedaan dengan menggunakan berbagai komposit warna.

Pemeruman

Kegiatan pemeruman adalah kegiatan untuk mengetahui kedalaman dasar laut dan bentuk dasar laut (morfologi) dengan menggunakan prinsip-prinsip perjalanan gelombang suara di dalam air laut. Waktu perambatan gelombang suara dilepas, kemudian dipantulkan kembali oleh dasar laut yang

ditangkap oleh *transducer* dan diubah menjadi jarak dengan seperangkat alat elektronik. Peralatan yang digunakan adalah sebuah *transducer* (sensor) yang dipasang di lambung kanan kapal, *Echosounder* 200 Khz, Simrad EA 300 P dan 3.5/12 Khz, Raytheon dengan ketelitian pembacaan sampai kedalaman 10 cm.

Hasil pengukuran tersebut akan terlihat pada kertas rekaman *sounding* dalam bentuk profil, dan titik kedalamannya akan tercatat secara otomatis. Semua data kedalaman akan diolah secara digital dalam bentuk tampilan peta batimetri dan gambaran morfologi kondisi dasar laut.

Pola kedalaman dasar laut akan menggambarkan morfologi dasar laut. Morfologi dasar laut akan dapat menggambarkan akumulasi gelombang. Pada morfologi yang dalam, rambatan gelombang tsunami akan lebih besar dan kekuatannya juga lebih besar, lalu berubah menjadi kekuatan dorongan dan gerusan bila sampai di pantai (Puspito dan Triyoso, 1994)

Pemetaan Karakteristik Pantai

Kegiatan pemetaan karakteristik yang dilakukan adalah pengamatan karakter garis pantai, penampakan fisik dan dinamika pantai. Data karakteristik yang diperoleh akan menggambarkan tentang kondisi terkini pantai dan kecenderungan perubahan. Data ini penting guna mendukung pembangunan infrastruktur dan pengembangan wilayah.

Sacara khusus parameter karakter garis pantai, fisik dan dinamika pantai yang dipetakan mengacu pada Dolan *et.al.* (1975), yaitu dengan memperhatikan parameter geologi (batuan, topografi pantai, dan morfologi dasar laut), oseanografi, vegetasi, dan perubahan akibat manusia.

Salah satu parameter penting dalam mengidentifikasi aspek bencana di pantai adalah pemetaan morfologi dasar laut dan topografi pantai. Data ketinggian akan membantu dalam menentukan batas tinggi rayapan gelombang tsunami terhadap pantai Teluk Rajegwesi, Banyuwangi. Sebaliknya data topografi secara umum akan membantu dalam menentukan daerah Zonasi Tingkat Risiko Tsunami.

Data ketinggian dan topografi yang dipergunakan adalah Peta Rupa Bumi Digital Indonesia Skala 1 : 25.000 Lembar 1607-344 Sarongan yang dipublikasikan oleh Bakosurtanal (2001).

Pemercontohan dan Analisis Besar Butir

Kegiatan pemercontohan sedimen dasar laut dilakukan dengan menggunakan pemercontoh comot (*grab sampler*) yang ditarik menggunakan mesin penarik (*winch*), katrol, dan tali baja yang ditempatkan di bagian belakang kapal. Selanjutnya, analisis besar butir (*grain-size analysis*) dilakukan dengan memisahkan berat asal tanpa cangkang. Pemisahan butir dilakukan mulai dari fraksi -2.0ϕ hingga 4.0ϕ , dan 4.0ϕ hingga 8.0ϕ setelah melalui proses pengeringan. Klasifikasi sedimen disusun berdasarkan klasifikasi Folk (1980) dengan memperhatikan parameter persentase kandungan butiran yang terdapat di dalam 100 gram sedimen.

GEOLOGI

Morfologi dan Geologi

Berdasarkan fisiografi regional Jawa Tengah dan Jawa Timur yang disusun berdasarkan perbedaan elemen tektonik kenampakan di citra, daerah penelitian terletak pada Lengan Bagian Selatan Pegunungan Selatan Jawa (Sidarto dkk., 1999). Daerah penelitian termasuk ke dalam beberapa satuan morfologi, yaitu: pegunungan, perbukitan, dan dataran (antar pegunungan dan dataran pantai). Daerah pegunungan membentuk beberapa tinggian dan kerucut gunung api. Daerah perbukitan umumnya tertutup oleh hutan tropis dan perkebunan, sedangkan di daerah dataran dan lembah (antar gunung) umumnya banyak terdapat permukiman dan persawahan.

Batuan tertua yang tersingkap di daerah penelitian adalah Formasi Batuampar (Tomb) berupa perselingan batupasir dan batulempung dengan sisipan tuf, breksi dan konglomerat (Sapei dkk., 1992) (Gambar 2). Formasi Batuampar berumur Oligosen Tengah - Miosen Awal. Di atas formasi ini diendapkan secara selaras Formasi Sukamade (Toms) terdiri atas betulempung, batulanau dan batupasir. Formasi Sukamade berumur Miosen Awal, menjemari dengan Formasi Merubetiri terdiri atas breksi gunung api, lava dan tuf. Di bagian atas Formasi Merubetiri terdapat Anggota Batugamping yang terdiri atas batugamping bersisipan batugamping tufan dan napal. Semua batuan ini diterobos oleh granodiorit, diorit dan dasit sebagai pembawa mineral ke arah dataran rendah, pantai, dan laut. Batuan termuda adalah Aluvium dan Endapan Kipas Argopuro yang menutupi satuan batuan yang lebih tua.

Struktur

Di bagian selatan Banyuwangi, paling tidak terjadi dua periode tektonik yang menghasilkan struktur geologi. Periode pertama terjadi pada Kala Miosen Tengah berupa pengangkatan yang diikuti oleh penerobosan granit dan granodiorit. Pengangkatan ini disertai pula oleh pensesaran pada Formasi Merubetiri, Formasi Sukamade dan Formasi Batuampar, sehingga terbentuk sesar turun berarah barat daya timur laut. Periode kedua terjadi pada Kala Plio-plistosen diikuti oleh kegiatan gunung api yang terus berlangsung hingga saat ini.

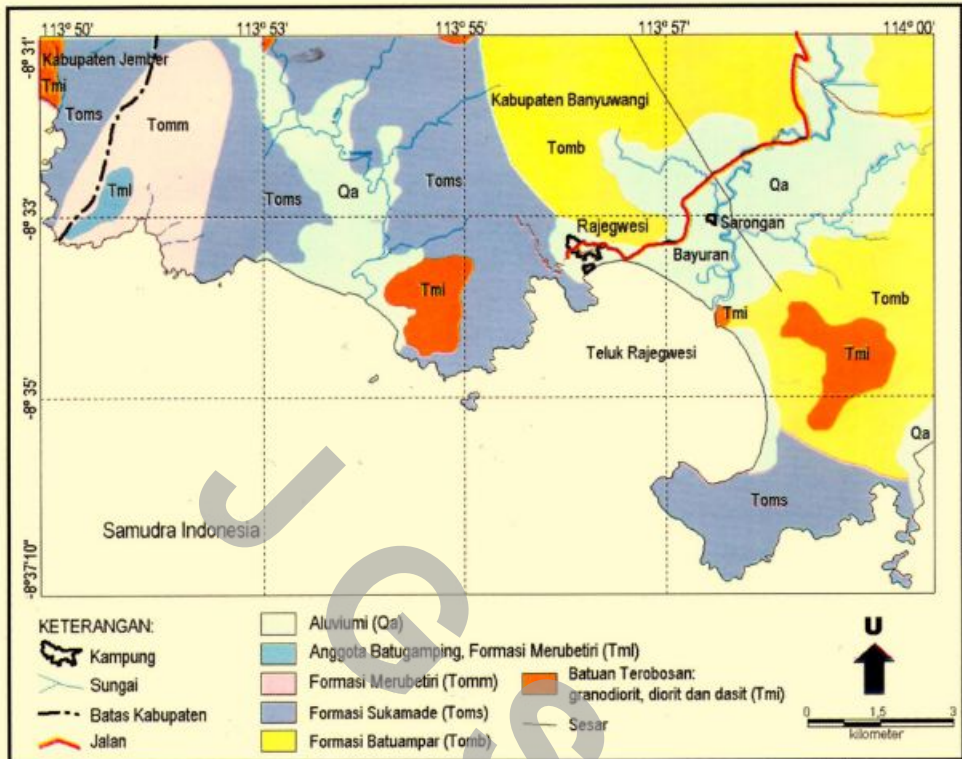
Tektonik dan Kegempaan

Secara tektonik, Kepulauan Indonesia tergolong salah satu pinggiran paling aktif di muka bumi karena beberapa lempeng utama dunia yang saling bergerak dan bertumbukan, sehingga membentuk jalur penunjaman (Hamilton, 1979), di mana Lempeng Samudra Pasifik bergerak ke arah barat, Lempeng Eurasia relatif bergerak ke arah selatan - tenggara, dan Lempeng Indo-Australia bergerak ke arah utara.

Kegiatan tektonik ini membentuk jalur lemah seperti parit (*trench*) yang peka getaran (*seismicity zone*), dan membentuk jalur prisma akresi di bagian barat Sumatera, selatan Jawa, dan Nusatenggara. Semua lajur lemah ini bercirikan pergeseran kerak bumi, yang selalu menimbulkan gempa bumi tektonik. Pensesaran mengakibatkan perubahan morfologi dasar samudra yang kadang-kadang memicu terjadinya tsunami ke arah pantai.

Jalur sesar yang teraktifkan kembali dapat terjadi di daerah prisma akresi, cekungan muka busur dan busur kepulauan. Seperti halnya di pantai selatan Banyuwangi dan daerah-daerah lainnya, kemungkinan gejala tektonik dan pensesaran lokal dengan kekuatan kurang dari 6 SR dan kedalaman dangkal dapat saja terjadi (Budiono dkk., 1994).

Kegempaan yang sering terjadi di bagian selatan Jawa dan Bali dengan kekuatan 4 - 6 Skala Richter (SR) merupakan gempa dangkal dengan kedalaman pusat gempa 33 km di bawah dasar laut. Gempa dengan kekuatan lebih besar dari 7 SR jarang terjadi. Prediksi periode ulang terjadinya gempa dengan kekuatan lebih besar tersebut antara 2 sampai 4 kali dalam 100 tahun (Natawidjaya, 2005).



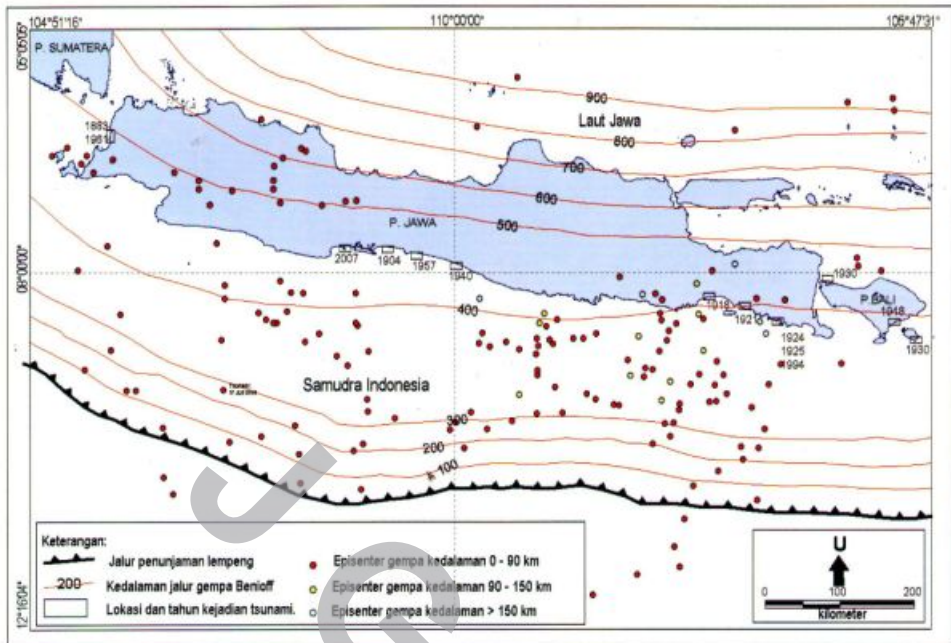
Gambar 2. Peta geologi daerah penelitian dan sekitarnya (Sapei dkk., 1992).

Dari sejarah kegempaan dan tsunami di bagian selatan Banyuwangi telah terjadi lima kali gempa bumi yang diikuti gelombang tsunami, yaitu tahun 1818, 1921, 1924, 1925 dan 1994 dengan daya rusak sedang - besar dan korban jiwa yang cukup besar (Natawidjaya, 2005). Kegempaan yang terjadi di bagian selatan Banyuwangi merupakan fenomena baru karena kekuatan gempa hanya 5,9 SR diikuti oleh gelombang tsunami (Gambar 3). Hal ini mengingatkan kepada kita tentang gempa Yogyakarta pada tanggal 27 Mei 2006 dengan kekuatan yang sama 5,9 SR, tetapi mempunyai dampak yang cukup besar terhadap kerusakan konstruksi dan korban jiwa.

Secara regional, kegempaan di bagian selatan Banyuwangi dan sekitarnya pada umumnya dipicu oleh pergerakan Lempeng Indo-Australia terhadap Lempeng Eurasia (*Eurasian Plate*). Pusat gempa di bawah Lempeng Eurasia dan Samudra Indonesia

terletak pada kedalaman antara 100 sampai 200 km (Kertapati dkk., 1992).

Tsunami Banyuwangi merupakan akibat aktifnya sesar lokal di laut yang letaknya tidak jauh dari pantai (Budiono dkk., 1994). Proses terbentuk dan teraktifkan kembali sesar lokal di laut tersebut merupakan akibat terus bergeraknya Lempeng Indo-Australia, sehingga menyebabkan ketidakseimbangan baru di beberapa tempat di bagian selatan Banyuwangi dan daerah sekitarnya (Simandjuntak, 1994). Gempa Banyuwangi merupakan gempa dangkal yang terjadi pada kedalaman 33 km dari dasar laut akibat deformasi prisma akresi dan pengaktifan sesar naik atau normal berumur Paleogen pada Lempeng Eurasia (Prasetyo, 1994). Kondisi ini perlu terus diwaspadai karena aktifitas sesar-sesar lokal dapat saja terjadi setiap saat dan berpotensi menimbulkan tsunami.



Gambar 3. Kondisi kegempaan regional di selatan Jawa - Bali dan lokasi kejadian tsunami berdasarkan Hamilton (1979), Kertapati dkk. (1992), data gempa United States Geological Survey (1916-2002), data gempa Earthquake Research Institute (ERI) Jepang (1995-2002) dan data gempa Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Jakarta (2006-2007).

HASIL PENELITIAN

Interpretasi Citra Satelit

Hasil interpretasi Citra Landsat ETM tahun 2002 dengan komposit RGB 534 memperlihatkan perbedaan tingkat kekeruhan air laut. Warna biru muda menunjukkan tingkat kekeruhan yang tinggi karena kandungan sedimen halus di dalam air laut (*suspended load*), dan warna biru tua menunjukkan air laut tanpa kandungan sedimen.

Warna biru muda juga menunjukkan terjadinya sedimentasi ke arah dasar laut (*bed load*) dan pantai. Pengendapan sedimen di dasar laut dan pantai menyebabkan terjadinya pendangkalan dan terbentuknya pedataran dan pematang pantai ke arah laut (Gambar 4).

Tingkat kekeruhan tersebut menggambarkan pula besar kecilnya energi arus sejajar pantai (*longshore current*) dan gelombang yang masuk membawa sedimen ke arah teluk. Pada air laut yang keruh umumnya energi masih kuat, sehingga menyebabkan sedimen teradukkan dan bercampur

dengan air laut. Pada daerah yang keruh tersebut proses pengendapan sedimen dapat berjalan lebih cepat bila energi mengecil, sehingga pedataran pantai terbentuk lebih intensif.

Pergerakan arus sejajar pantai berasal dari tenggara bergerak menyusuri pantai bagian timur ke arah barat memasuki perairan daerah teluk (Teluk Hijau dan Teluk Rajegwesi). Berdasarkan kondisi tersebut, maka proses sedimentasi akan terjadi di bagian tengah teluk, kemudian mengendap ke arah dasar laut, dan melampar ke arah yang lebih dalam mengisi cekungan di dasar laut dalam bentuk longoran. Morfologi dasar laut yang terbentuk, umumnya bergradasi dengan pola garis kontur yang renggang mengikuti pola garis pantai membentuk lereng yang landai. Kondisi ini berbeda dengan daerah di sekitar garis pantai bagian barat dengan arus sejajar pantai yang kuat, dan tidak terjadi pengendapan sedimen. Morfologi di daerah ini membentuk cekungan-cekungan dan teluk-teluk yang lebih kecil yang disebabkan oleh gerusan arus, dan menimbulkan erosi hingga ke batuan dasar.

Daerah bagian barat daerah penelitian dengan pola garis pantai yang berteluk dan bertanjung, serta lereng pantai yang terjal merupakan daerah yang dapat meredam rambatan gelombang tsunami. Gelombang yang datang akan membentur dinding pantai, sehingga gelombang mengecil dan tidak menerus ke arah darat. Sementara bagian tengah daerah penelitian dengan morfologi pedataran dan rawa akan memudahkan gelombang merambat jauh ke arah darat. Oleh sebab itu, daerah dengan proses sedimentasi yang membentuk pedataran seperti di bagian tengah Teluk Rajegwesi merupakan daerah yang mempunyai tingkat risiko yang lebih tinggi terhadap dampak gelombang tsunami.

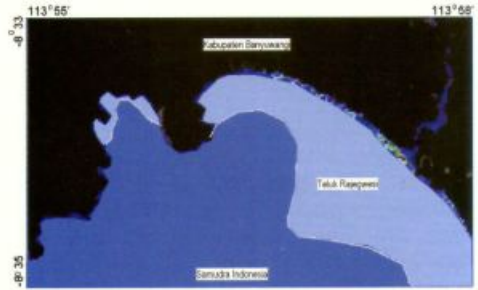
Batimetri dan Morfologi Teluk Rajegwesi

Hasil pemetaan kedalaman dasar laut (pemeruman) dan analisis topografi yang diperoleh menggambarkan tentang morfologi dasar laut dan darat (pesisir pantai) kawasan Teluk Rajegwesi secara terpadu (Gambar 5).

■ Morfologi Dasar Laut

Morfologi dasar laut ditunjukkan oleh adanya konfigurasi bentuk permukaan dasar laut yang mengikuti pola garis pantai pada kedalaman 10 - 40 meter. Distribusi lembah yang terisi oleh pasir dan bentuk cekungan memanjang pada permukaan dasar laut menunjukkan bahwa pengaruh arus menggerakkan pasir (S) dan pasir lanauan (zS) membentuk longoran dengan arah yang tetap dari pantai ke bagian tengah perairan Teluk Rajegwesi.

Secara umum, morfologi dasar laut daerah penelitian dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu morfologi landai dan terjal. Morfologi landai yang mengikuti pola garis pantai terdapat di bagian tengah Teluk Rajegwesi, mulai daerah pelabuhan nelayan di Desa Rajegwesi hingga ke timur daerah pantai Gunung Poncomoyo. Pola morfologi secara berangsur-angsur makin mendalam ke bagian tengah mulai kedalaman 10 - 40 meter dan tidak memperlihatkan perubahan secara mencolok. Morfologi ini masih dipengaruhi oleh penyebaran pasir yang menutupi dasar laut, dan batuan dasar tertutup seluruhnya, sehingga tidak terdapat bentuk-bentuk cekungan setempat-setempat. Material pasir yang membentuk morfologi dasar laut landai tersebut berasal dari gerusan arus di bagian barat ke arah bagian tengah teluk dan juga berasal dari transportasi oleh Sungai Sarongan.



Gambar 4. Hasil analisis citra (RGB 534), warna keruh menunjukkan pengendapan sedimen di dasar laut dan pantai sebagai cikal bakal pedataran pantai di Teluk Rajegwesi.

Morfologi dasar laut yang curam terdapat di bagian barat daerah penelitian, mulai daerah tanjung Gunung Rajegwesi hingga ke bagian barat daya dengan pola lereng bawah laut masih mengikuti pola garis pantai. Hasil pengukuran arus (lihat Gambar 6) memperlihatkan arah arus berasal dari bagian barat daya dan memasuki kawasan teluk. Kecepatan arus permukaan antara 0,01 - 0,49 m/det menggerus pantai, dan sedimennya diangkut ke arah bagian tengah teluk. Kondisi ini menyebabkan di bagian barat tidak terjadi sedimentasi, sehingga lebih curam. Sedimen dibawa arus ke bagian tengah perairan Teluk Rajegwesi.

■ Topografi Kawasan Pantai Teluk Rajegwesi

Hasil analisis topografi kawasan pantai dan pengamatan kondisi fisik di lapangan daerah penelitian dapat dibagi menjadi empat satuan morfologi, yaitu: satuan morfologi pegunungan (*mountain*), morfologi pedataran pantai (*coastal plain*), morfologi rawa, dan pematang pantai.

Satuan morfologi pegunungan di daerah penelitian merupakan rangkaian pegunungan selatan Jawa yang membentang dari selatan Banten hingga selatan Banyuwangi (Bemmelen, 1949). Morfologi pegunungan paling tidak diwakili oleh empat puncak gunung, dua di antaranya sudah bernama, yaitu: Gunung Rajegwesi (104 m) dan Gunung Poncomoyo (121 m). Di bagian barat dan timur, lereng pegunungan langsung berbatasan dengan laut dengan garis pantai membentuk pola berteluk dan bertanjung (*embayment beach*). Garis pantai pada morfologi pegunungan relatif stabil mengikuti pola kontur pada kaki pegunungan, dan tidak berubah karena batuan penyusun pada pantai ini adalah sedimen Tersier Formasi Sukamade (batulempung bersipat batulanau dan batupasir) (Sapei dkk., 1992). Batuan ini resisten terhadap proses abrasi dari laut, sehingga tidak mengubah bentuk pantai.

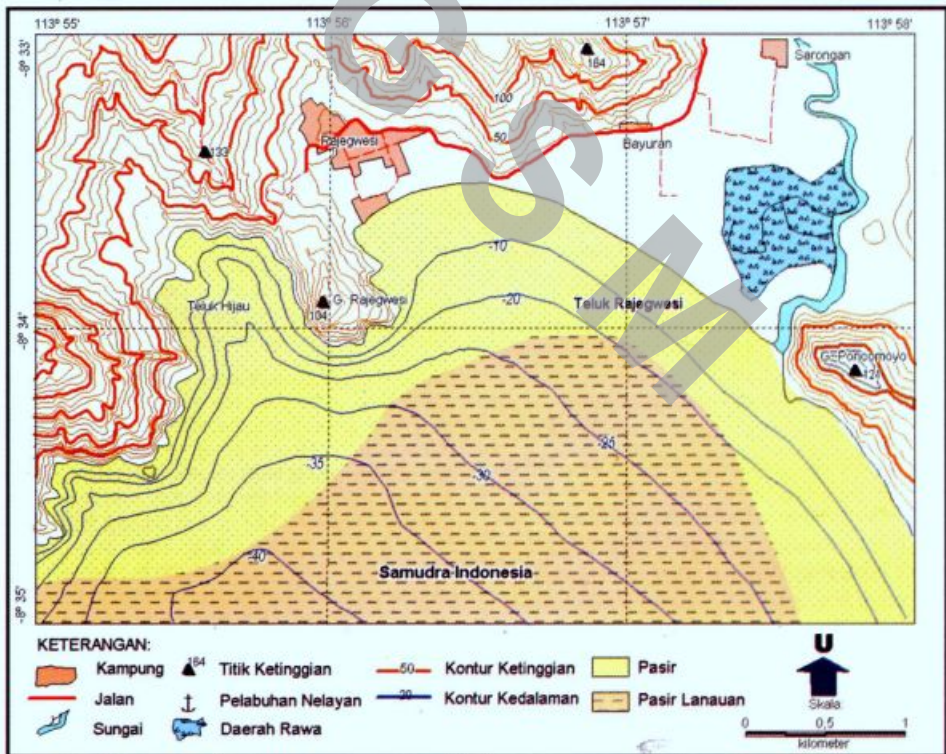
Daerah morfologi pegunungan ini merupakan daerah Taman Nasional Merubetiri yang sekaligus sebagai daerah resapan air untuk masyarakat di Kecamatan Pesanggaran.

Satuan morfologi pedataran pantai terletak di bagian tengah daerah penelitian yang terdapat di tiga desa, yaitu: Rajegwesi, Bayuran, dan Sarongan. Morfologi pedataran mempunyai ketinggian kurang dari 4 m. Pada umumnya dipergunakan oleh penduduk setempat untuk lahan persawahan, pertanian dan perkebunan. Kandungan air permukaan di daerah ini juga cukup tinggi dan menjadi daya tarik bagi masyarakat Banyuwangi untuk mendirikan perumahan sebagai tempat tinggal.

Satuan morfologi daerah rawa terletak di bagian tengah satuan morfologi pedataran pantai dengan luas mencapai 47,25 ha. Ciri-ciri dataran rawa tersebut adalah berair sepanjang tahun tanpa

terpengaruh oleh musim kemarau, dan tumbuh beberapa jenis tanaman dan hewan khas rawa.

Satuan morfologi pematang pantai terdapat setempat-setempat dengan panjang 10 - 15 m. Pematang pantai tersebut terletak di pinggir pantai dan sejajar garis pantai mulai daerah pelabuhan nelayan di Rajegwesi hingga bagian timur daerah Gunung Poncomoyo yang dibentuk oleh arus sejajar pantai dan angin (*eolin sediment*). Tinggi pematang pantai berkisar antara 0,5 - 1 m, tersusun oleh pasir terumbu dan pasir besi berwarna kuning keabuan, dan di bagian atas pematang tumbuh beberapa jenis pandan. Pematang pantai merupakan pelindung alami pantai terhadap terjangan gelombang besar dari arah laut, sehingga keberadaannya perlu tetap dipertahankan, terutama akibat penambangan pasir pantai oleh penduduk setempat untuk perumahan.



Gambar 5. Peta morfologi dan sedimen dasar laut daerah Teluk Rajegwesi dan sekitarnya, Banyuwangi (Novico dkk., 2004).

Karakteristik Pantai

Karakteristik pantai disusun berdasarkan geologi (batuan, topografi pantai, dan morfologi dasar laut), oseanografi, vegetasi dan perubahan akibat manusia (Gambar 6).

Parameter geologi di daerah penelitian dipengaruhi oleh faktor batuan, morfologi, dan topografi. Di bagian barat dan timur daerah penelitian, batuanannya adalah batuan Tersier Formasi Sukamade yang terdiri atas betulempung, batulanau dan batupasir berumur Miosen Awal dengan topografi perbukitan yang diwakili oleh Gunung Rajegwesi dan Gunung Poncomoyo (Sapei dkk., 1992). Batuan tersebut bersifat resisten dan membentuk pantai yang curam dan kuat terhadap abrasi. Di bagian tengah daerah penelitian batuanannya adalah aluvium (pasir) dengan topografi pedataran. Sementara morfologi dasar laut seperti telah dijelaskan di depan, secara umum mengikuti pola garis pantai sampai kedalaman 40 m. Pengaruh arus bawah permukaan masih berperan yang ditunjukkan oleh lembah yang terisi oleh pasir dan bentuk cekungan memanjang. Lembah paling dalam berada di atas kedalaman 40 meter dengan arah memanjang barat laut - tenggara, dan makin dalam ke arah Samudra Indonesia.

Parameter oseanografi yang berkembang di Teluk Rajegwesi dipengaruhi oleh pola arus pasang surut yang berasal dari samudra bergerak dengan arah barat daya - timur laut (Novico dkk., 2004). Pada saat surut bergerak ke barat daya dan saat pasang bergerak ke arah timur laut dengan kecepatan yang berbeda-beda antara permukaan dan dasar laut. Arus permukaan adalah arus yang mempengaruhi pantai dengan kecepatan 0,01 - 0,49 m/det, dan arus dalam adalah yang mempengaruhi morfologi dasar laut dengan kecepatan 0,01 - 0,32 m/det.

Parameter oseanografi tersebut mempengaruhi tataan pantai secara keseluruhan. Arus dari Samudra tersebut mempengaruhi pergerakan arus sejajar pantai (*longshore current*). Pada saat mencapai pantai, di daerah tanjung arus tersebut pecah dan tersebar mengikuti garis pantai, selanjutnya bergerak memusat ke arah tengah teluk dan melambat di sekitar Sungai Sarongan. Akibatnya sedimen yang bergerak mengikuti arus sejajar pantai dan sedimen asal darat melalui sungai-sungai akan terhenti dan mengendap di bagian tengah garis pantai dan melampar hingga ke dasar laut. Dari penampakan di

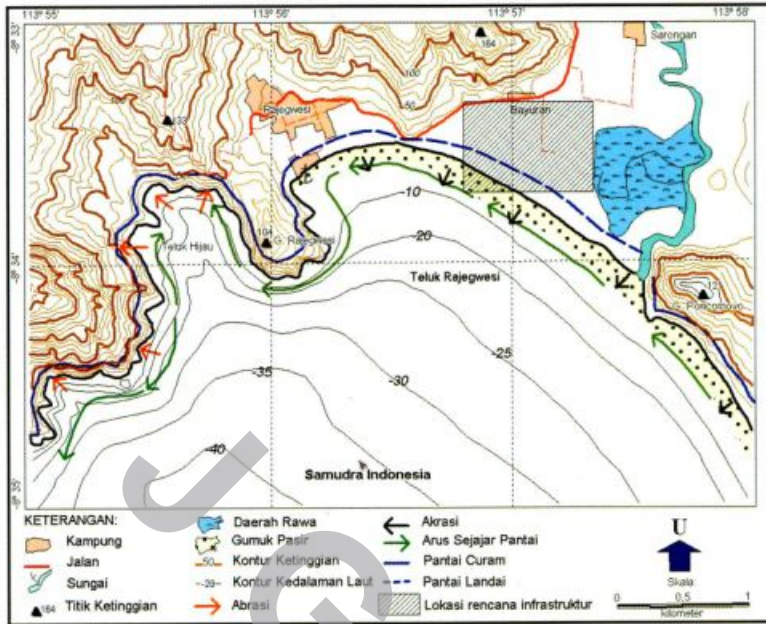
lapangan, sedimen yang mengendap di pantai (akresi) membentuk pematang di pantai, sebagian mengalami abrasi dan menerus ke dasar laut dalam bentuk longSORAN.

Peran manusia dalam merubah karakter pantai belum terlihat karena aktifitas manusia hanya berupa pembuatan dermaga pelabuhan nelayan di Desa Rajegwesi. Tetapi bentuk dermaga tersebut terbuat dari bahan kayu dan tidak terlalu menjorok ke arah laut, sehingga tidak merubah morfologi garis pantai. Secara umum, karakter pantai berbentuk teluk dan pedataran dengan ketinggian kurang dari 4 m sangat rawan terhadap gelombang tsunami.

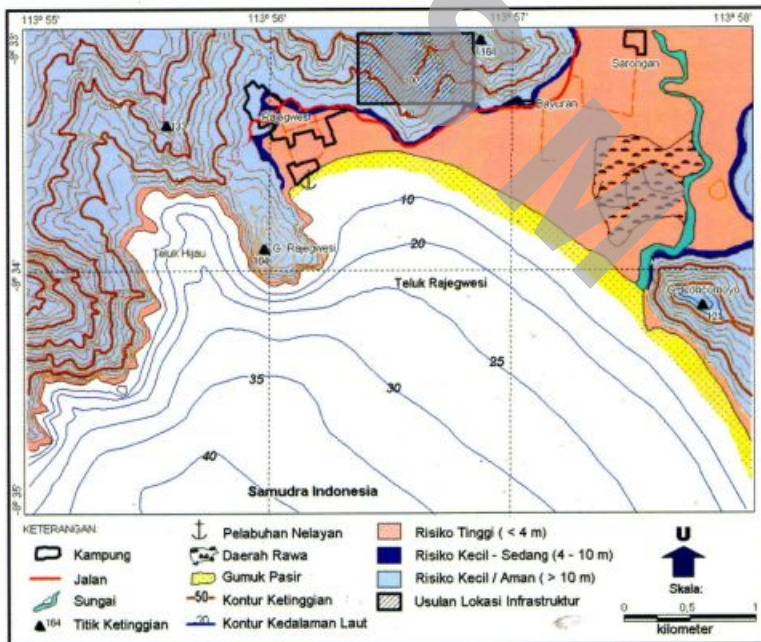
Zona Risiko

Gempa bumi yang terjadi di perairan selatan Banyuwangi dan berpotensi menimbulkan bencana tsunami dengan daya rusak antara sedang besar terhadap bangunan. Di samping itu, sesar lokal yang terdapat di desa Sarongan dengan arah barat laut-tenggara menerus ke laut dapat saja aktif kembali dan menimbulkan gempa dangkal. Namun, karena letaknya tepat di desa, maka dikhawatirkan dapat berdampak lebih buruk dengan korban jiwa lebih banyak. Kondisi ini perlu mendapat perhatian dalam perencanaan lokasi dan jenis infrastruktur laboratorium dan rumah penduduk di pesisir Teluk Rajegwesi, karena gempa dapat menimbulkan efek kurang baik terhadap ketahanan konstruksi.

Berdasarkan Peta Daerah Rawan Tsunami (Natawidjaya, 2005), daerah penelitian termasuk ke dalam zona rayapan gelombang tsunami yang mencapai 4 m. Pada saat terjadi gelombang tsunami di Banyuwangi tahun 1994, tinggi rayapan gelombang tsunami adalah antara 4 - 10 m (Budiono dkk., 1994). Sementara berdasarkan pemodelan kegempaan dan morfologi dasar laut, tinggi maksimal gelombang tsunami yang dapat terjadi pada pantai selatan Jawa, Bali dan Sumba adalah 10 m (Yudichara dkk., 2007). Berdasarkan sejarah ketinggian rayapan gelombang tsunami tersebut, dapat disusun daerah risiko gelombang tsunami di daerah penelitian. Ketinggian hingga 4 m termasuk ke dalam daerah risiko sangat tinggi, sedangkan ketinggian 4 - 10 m merupakan daerah risiko sedang tinggi, dan di atas 10 m merupakan daerah risiko kecil (Gambar 7).



Gambar 6. Peta karakteristik pantai Teluk Rajegwesi dan sekitarnya, Banyuwangi.



Gambar 7. Peta zonasi risiko bencana tsunami daerah Teluk Rajegwesi dan sekitarnya, Banyuwangi.

DISKUSI

Secara morfologis, daerah rencana pembangunan infrastruktur laboratorium kelautan yang berada pada ketinggian kurang dari 4 m dari permukaan laut, termasuk ke dalam Zona Risiko Tinggi. Kawasan Teluk Rajegwesi merupakan pantai landai dan perairan semiterutup yang membentuk teluk yang menghadap ke zona-zona momen seismik maksimum (getaran), dengan tinggi gelombang yang akan mengalami perbesaran (Puspito dan Triyoso, 1994).

Gempa dangkal dengan kekuatan di bawah 6 SR, dengan proses *thrust fault* di dasar laut, perbesaran gelombang akan dapat mencapai maksimal pada pantai Teluk Rajegwesi dan pantai lainnya yang membentuk pola semiterutup. Oleh sebab itu, pembangunan infrastruktur dan perumahan sangat dianjurkan untuk tidak diakukan di daerah tersebut. Pembangunan infrastruktur laboratorium kelautan diharapkan dapat dipindahkan ke lokasi yang lebih aman, yaitu ke Zona Risiko Kecil pada ketinggian di atas 10 m (morfologi pegunungan). Demikian pula perumahan penduduk yang sudah terlanjur didirikan agar membuat perlindungan alami, seperti: pohon tanaman keras, *mangrove*, tebing, dan pematang pantai.

Di samping itu, kondisi kawasan pantai Teluk Rajegwesi sebagai dataran rendah, kandungan air permukaan yang tinggi dan subur untuk lahan persawahan dan pertanian menjadi daya tarik bagi masyarakat Banyuwangi untuk mendirikan perumahan sebagai tempat tinggal dan tempat berusaha. Kondisi ini perlu mendapat perhatian Pemerintah Kabupaten Banyuwangi dengan mengarahkan pengembangan ke Zona Risiko Kecil yang berada di atas ketinggian 10 m.

Secara umum, kegempaan yang dapat diikuti oleh gelombang tsunami tidak hanya terjadi pada Zona Benioff dengan kedalaman pusat gempa di atas 100 km, tetapi juga gempa dangkal dengan kedalaman kurang dari 33 km. Gempa tektonik dangkal tersebut merupakan fenomena baru di Banyuwangi, karena sebelumnya gempa terjadi pada jalur tumbukan antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia pada kedalaman antara 100 - 200 km sekitar Zona Benioff yang umumnya terjadi di perairan bagian selatan Jawa - Bali (Kertapati dkk., 1992 dan Simandjuntak, 1994). Seperti yang terjadi di Yogyakarta tanggal 27 Mei 2006, gempa dengan kekuatan 5,9 SR merupakan gempa dangkal akibat aktifitas sesar lokal yang aktif dan teraktifkan kembali. Kondisi seperti ini juga dipicu oleh pengaruh tektonik regional pertemuan lempeng-

lempeng besar yang mengelilingi Kepulauan Indonesia (Hamilton, 1979).

Di masa mendatang, fenomena patahan lokal dan gempa dangkal yang dapat terjadi di daerah busur luar dan di daerah prisma akresi dapat saja diikuti oleh gelombang tsunami. Oleh sebab itu, perencanaan infrastruktur berdasarkan zonasi tingkat risiko bencana geologi (gempa dan tsunami) seharusnya menjadi dasar dalam penentuan lokasi infrastruktur dan bangunan rumah penduduk.

KESIMPULAN

Wilayah pesisir Teluk Rajegwesi, Banyuwangi, berdasarkan karakteristik pantainya sebagai daerah teluk dan pedataran pantai dengan tinggi kurang dari 4 m, merupakan daerah rawan gelombang tsunami dengan tingkat risiko tinggi. Dari sejarah kegempaan dan tsunami di bagian selatan Banyuwangi paling tidak sejak tahun 1818-1994 telah terjadi lima kali gempa bumi yang diikuti gelombang tsunami dengan tinggi gelombang kurang dari 10 m dan tingkat kerusakan yang besar. Di Teluk Rajegwesi, gelombang tsunami dengan tinggi 4 - 10 m pada tahun 1994, menimbulkan korban jiwa dan kerusakan infrastruktur yang cukup parah. Di samping itu, di Desa Sarongan terdapat sesar lokal dengan arah barat laut - tenggara yang menerus ke pantai, dan sesar ini juga berpotensi menimbulkan gempa bumi.

Berdasarkan hal tersebut, maka rencana Pemerintah Daerah Kabupaten Banyuwangi untuk membangun infrastruktur laboratorium kelautan di Desa Bayuran, Teluk Rajegwesi, perlu dipertimbangkan kembali dengan memindahkannya ke daerah berisiko kecil. Daerah dengan tingkat risiko kecil terletak di atas ketinggian 10 m. Demikian pula dari sejarah kegempaan di Jawa, Bali dan Sumba, maksimal gelombang tsunami yang dapat terjadi umumnya kurang dari 10 m, dan daerah tersebut aman untuk pembangunan infrastruktur dan pemukiman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Ir. Subaktian Lubis, M.Sc., atas izinnya melaksanakan penelitian di Banyuwangi. Terima kasih juga disampaikan kepada Bupati Banyuwangi, Ir. H. Samsul Hadi dan Ketua Bappeda Banyuwangi, Ir. R. Soekarwodinoto, D.E.A., atas diskusi dan masukannya. Terima kasih juga disampaikan kepada Lili Sarmili, M.Sc. atas koreksi dan saran-sarannya. Tak lupa ucapan terima kasih kepada Kris Budiono dan Franto Novico atas masukannya.

ACUAN

- Bakosurtanal, 2001. Peta Rupabumi Digital Indonesia Skala 1 : 25.000 Lembar 1607-344 Sarongan, *Bakosurtanal*, Cibinong.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Banyuwangi, 2004. Detail Design Pembangunan Laboratorium Geoscience Kelautan Indonesia di Banyuwangi, *Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Banyuwangi* (Lap. Intern): 66 hal.
- Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*, Vol. 1 A, The Hague Martinus Nijhoff.
- Budiono, K., Lubis, S. dan Djuhandi, A., 1994. Batimetri dan Lingkungan Pantai Teluk Maumere dan Mekanisme Gelombang Tsunami Banyuwangi, Seminar Sehari Masalah Tsunami di Indonesia dan Aspek-aspeknya, *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, Bandung: 84-109.
- Dolan, R., Hayden, B.P. and Vincent, M.K., 1975. Classification of Coastal Land form of the America, *Zeithsch Geomorphology in Encyclopedia of Beaches and Coastal Environment*: 72-88.
- Folk, R.L., 1980. *Petrology of Sedimentary Rocks*, Hamphill Publishing Company Austin, Texas: 170 pp.
- Hamilton, W., 1979. *Tectonic of the Indonesian Regions*, United States Geological Survey Prof. Paper DC, 1078: 345 pp.
- Kertapati, E., Soehaimi, A. dan Djumhana, 1992. *Peta Seismotektonik Indonesia*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Natawidjaya, D.H., 2005. Panduan Menghadapi Bencana, *Harian Umum Pikiran Rakyat*, 29 Desember 2005.
- Novico, F., Usman, E., Hartono, Sahudin, Latuputty, G., Geurhaneu, N.Y. dan Harkinz, F.X., 2004. Penyelidikan Aspek Geologi dan Geofisika Perairan Banyuwangi, *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan*, Bandung (Laporan tidak diterbitkan): 80 hal.
- Prasetyo, H., 1994. Geodinamika dan Tsunami di Indonesia, Seminar Sehari Masalah Tsunami di Indonesia dan Aspek-aspeknya, *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, Bandung: 13-41.
- Puspito, N.T. dan Triyoso, W., 1994. Aspek Kegempaan Tsunami di Indonesia: Suatu Tinjauan Awal, Seminar Sehari Masalah Tsunami di Indonesia dan Aspek-aspeknya, *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, Bandung: 167-181.
- Sapei, T., Suganda, A.H., Astadiredja, K.A.S. dan Suharsono, 1992. *Peta Geologi Lembar Jember, Jawa*, Skala 1 : 100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sidarto, Suryono, N. dan Sanyoto, P., 1999. Sistem Sesar Pengontrol Pemunculan Kelompok Gunungapi Muria Hasil Penafsiran Citra Landsat, *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, IX(99): 9-14.
- Simandjuntak, T.O., 1994. Tsunami dan Gempabumi dalam Pinggiran Lempeng Aktif Indonesia, *Seminar Sehari Masalah Tsunami di Indonesia dan Aspek-aspeknya*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung: 42-77.
- Sudradjat, A., 1994. Sekilas Tentang Tsunami dan Upaya Penanggulangan Bahayanya, Seminar Sehari Masalah Tsunami di Indonesia dan Aspek-aspeknya, *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, Bandung: 1-12.
- Yudhicara, Solikhin, A. dan Junaedi, D., 2007. Daerah Rawan Tsunami Kawasan Pantai Selatan Bali. *Geologi Indonesia: Dinamika dan Produknya. Publikasi Khusus* 1(33), Pusat Survei Geologi, Bandung: 207-288.