

**PENGUATAN KETINGGIAN GELOMBANG TSUNAMI AKIBAT JEBAKAN
STRUKTUR GEOMETRI MORFOLOGI TELUK SUNGAI SERUT DESA RAWA
MAKMUR KOTA BENGKULU**

***STRENGTHENING OF TSUNAMI WAVE HEIGHTS GEOMETRY STRUCTURE
DUE TO TRAP GULF STRUCTURE GEOMETRY SERUT RIVER RAWA
MAKMUR BENGKULU CITY***

Suwarsono¹, Supiyati¹, Budi Harlianto¹

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Bengkulu, KotaBengkulu¹
suwarsonounib@gmail.com (Gedung BS Jl. WR. Supratman Kandang Limun Bengkulu
38371A, telp. (0736) 20919; 21170 pes.208 fax. (0736) 26873)

ABSTRAK

Penelitian ini untuk mengetahui penguatan ketinggian gelombang tsunami akibat refraksi dari bentuk geometri morfologi cekungan teluk Sungai Serut desa Rawa Makmur di Kota Bengkulu. Penguatan akibat geometri ini mengancam 6.000 orang penduduk desa Rawa Makmur dan sekitarnya yang bermukim di ujung teluk dengan rata-rata ketinggian pemukiman antara 3-5 meter di atas permukaan laut. Penelitian ini menggunakan metode pengukuran langsung di lapangan berbagai faktor yang mempengaruhi penguatan ketinggian gelombang tsunami tersebut, antara lain: sudut cekungan, panjang teluk, topografi, kedalam laut, ketinggian pemukiman, faktor peredaman. Hasil penelitian memperkirakan penguatan ketinggian di ujung teluk dan sekitarnya mencapai 1,5 – 3 kali lipat dari ketinggian tsunami di mulut teluk sebelum masuk cekungan atau mengalami penguatan antara 50 % sampai 300 %.

Katakunci: penguatan, geometri, refraksi, efek teluk, Bengkulu

ABSTRACT

The research is examine the amplification of the tsunami wave heights due to refraction of the geometry morphology of the gulf Serut River Rawa Makmur village in the city of Bengkulu. Amplification a result of this geometry threatens 6,000 villagers surrounding the Rawa Makmur and settled at the end of the gulf with an average height of settlement between 3-5 meters above sea level. This study uses the direct observation in the field of various factors that affect the amplification of the tsunami wave height, among others: the corner of the basin, the long bay, topography, into the sea, altitude settlements, damping factor. The results of the research estimate reinforcement height at the end of the bay and surrounding reach 1.5 to 3 more than the height of the tsunami at the mouth of the gulf before entering the basin or gained between 50% to 300%.

Keywords: *amplification, geometry, refraction, gulf effect, Bengkulu*

1. PENDAHULUAN

Daerah-daerah yang mengalami kerusakan cukup parah akibat tsunami umumnya berasosiasi dengan morfologi pantai yang berupa teluk. Oleh karena itu, wilayah-wilayah pantai yang memiliki morfologi teluk patut diwaspadai sebagai daerah/zona bahaya tsunami. Daerah-daerah pantai di Aceh, Pangandaran, Maumere dan sekitarnya telah

menderita kerusakan yang cukup besar akibat tsunami, didukung dengan keadaan morfologi yang berupa teluk [1].

Gempa bumi besar di Segmen Mentawai berada pada periode waktu perulangan sekitar 175 tahunan yang berpotensi akan disertai tsunami. Kawasan pantai Provinsi Bengkulu pernah dilanda tsunami besar pada tahun 1833 yang didahului gempa besar di segmen Mentawai dan akhir-akhir ini aktivitas gempa dengan pusat gempa di samudera Hindia meningkat tajam di daerah ini yang dapat memicu terjadinya tsunami. Daerah pesisir pantai barat Bengkulu termasuk dalam salah satu wilayah yang terancam bahaya Tsunami di Indonesia [2].

Berdasarkan jarak pusat-pusat gempa yang selama ini terjadi sangat dekat dengan garis pantai Bengkulu, diperkirakan hanya antara 30 sampai 15 menit saja waktu yang diperlukan untuk menjangkau pantai Bengkulu, jika pusat tsunami di sekitar Mentawai. Tetapi jika Tsunami terjadi di lokasi yang lebih dekat dengan garis pantai maka Tsunami akan lebih cepat lagi menjangkau daratan. Waktu sesingkat itu tidak mungkin untuk menggerakkan masyarakat desa lari menuju tempat-tempat tinggi yang rata-rata jauh dari tempat tinggal. Oleh karena itu tempat evakuasi yang realistis dan mudah dijangkau adalah disekitar rumah seperti bukit kecil, tanggul, pohon besar, rumah bertingkat, hutan yang lebat dan potensi lokal lain yang memungkinkan. Sampai saat ini informasi tentang hal tersebut belum ada dan usaha mewujudkan desa siaga yang mandiri mengalami stagnasi [3].

Kekuatan terjangan tsunami dan jangkauan *run-up* genangan air ke daratan tidak hanya ditentukan oleh kekuatan gempa tetapi ditentukan juga oleh morfologi bentuk pantainya. Fakta-fakta di beberapa tempat di Indonesia maupun di Jepang menunjukkan bahwa kerusakan dan jangkauan *run-up* di bekas terjangan tsunami berbeda-beda walaupun sumber tsunaminya sama. Kawasan yang biasanya paling parah di landa tsunami adalah kawasan di ujung teluk terlebih jika di situ merupakan muara sungai. Morfologi pantai di Provinsi Bengkulu salah satunya di pantai kota Bengkulu memiliki teluk yang bermuara sungai dan menjadi pemukiman padat penduduk, seperti kawasan Kelurahan desa Rawa Makmur, desa Kandang Kampung Melayu, desa Pondok Kelapa, desa Pondok Besi, desa Lempuing dan masih banyak lagi pemukiman di muara sungai berupa teluk. Dalam penelitian ini akan fokus di teluk Sungai Serut yang di kelilingi oleh desa Kampung Cina, Pondok Besi, Pasar Bengkulu, Rawa Makmur, Beringin Raya dan Pondok Kelapa. Penduduk desa tersebut memiliki kerentanan tinggi terancam bahaya Tsunami akibat letak geografisnya dan morfologi pantainya berada di ujung dalam sekeliling teluk Sungai Serut yang memiliki resiko lebih besar, akibat peningkatan kekuatan *run-up* gelombang tsunami dari jebakan bentuk geometri morfologi teluk Sungai Serut. Hal

ini sangat penting untuk melakukan mitigasi bencana tsunami terhadap 3.921 orang penduduk desa Rawa Makmur, 2.500 penduduk desa Kampung Cina, penduduk desa Pondok Besi, 1.200 penduduk desa Pasar Bengkulu, 650 penduduk desa Beringin Raya, 2250 penduduk desa Pondok Kelapa [4].

Hal-hal yang akan menjadi obyek spesifik dalam penelitian ini meliputi: perkiraan ketinggian tsunami, geometri morfologi teluk, *run-up* jangkauan Tsunami, potensi lokal desa untuk evakuasi seperti akses jalan, bukit/tempat tinggi lebih dari 10 meter dari permukaan laut, fasilitas umum, gedung sekolah, tempat ibadah, balai desa, lapangan, sebaran kepadatan komunitas penduduk, potensi kedaruratan logistik pangan, tingkat pengetahuan mitigasi penduduk dan manajemen desa siaga bencana.

Hasil yang ditargetkan dari penelitian ini meliputi perkiraan amplifikasi ketinggian tsunami akibat jebakan geometri teluk, jangkauan *run-up* genangan air laut ke darat akibat tsunami, kuantitas kerentanan yang menggambarkan perkiraan jumlah korban. Penelitian ini akan sangat bermanfaat sebagai dasar penanggulangan dalam rangka mengurangi resiko bencana Tsunami yang mungkin terjadi. Masyarakat di desa-desa daerah pesisir sampai saat ini belum memiliki informasi yang lengkap menyangkut mitigasi Tsunami di desanya. Kesiapan mitigasi untuk evakuasi warga masih sangat minim dan belum tersosialisasi ke setiap anggota masyarakat.

Kejadian gempa bumi besar disertai Tsunami di pantai barat Sumatera pernah terjadi pada tahun 1797, 1799 dan 1833 yang menimbulkan bencana besar di pesisir barat Sumatra. Disisi lain sejak Desember 2004 sampai Maret 2007, selain gempa dan tsunami Bengkulu pada September 2007 kerugian akibat bencana gempa dan Tsunami di Indonesia mencapai 80 Triliun rupiah, 172.136 orang meninggal dunia dan 321.719 rumah hancur [5]. Pada tahun 2005 menurut Word Disaster Reduction Campaign-UNESCO, Indonesia termasuk dalam peringkat ke-7 sebagai negara paling sering di landa bencana alam [6]. Segmen Mentawai berada pada periode waktu perulangan sekitar 175 tahunan. Daerah ini pernah dilanda tsunami besar pada tahun 1833 dan akhir-akhir ini aktivitas gempa meningkat tajam di daerah ini.

Pesisir pantai Bengkulu sepanjang 525 km merupakan salah satu pantai yang berhadapan langsung dengan pusat-pusat gempa yang berpotensi tsunami, bahkan pantai Kabupaten Mukomuko Bengkulu bagian utara adalah tempat yang terdekat dengan kepulauan Mentawai, yang merupakan titik sumber tsunami besar yang melanda pantai Sumatra pada tahun 1833. Kebanyakan kota-kota di provinsi Bengkulu terletak di tepi pantai Samudera Hindia, sehingga memiliki kerentanan yang tinggi terhadap bencana tsunami. Bentuk geometri pantai Provinsi Bengkulu terdiri dari tiga tipe yaitu tanjung berupa daratan yang menjorok kelaut, pantai sejajar daratan dan pantai berupa teluk yaitu

laut yang menjorok masuk ke daratan. Pada umumnya kota-kota pantai terletak di ujung dalam teluk ini, yang secara tradisional merupakan kampung nelayan pada awal mulanya. Kebanyakan teluk ini juga merupakan sisi dari muara sungai, sehingga akses para nelayan untuk membongkar hasil tangkapan ikan ke darat. Pada hari-hari biasa teluk merupakan kawasan pantai yang kurang berbahaya di banding di tengah laut, akan tetapi saat gelombang tsunami melanda kawasan pantai teluk ini akan menjadi perangkap gelombang tsunami sehingga memungkinkan mengalami penguatan energi dan ketinggiannya. Gelombang tsunami yang masuk ke teluk yang menyempit akan mengalami perubahan: panjang dan tinggi gelombang, refraksi, difraksi dan refleksi [7]. Amplifikasi energi dan ketinggian tsunami di daerah ujung teluk ini telah terbukti di beberapa tempat setelah kejadian tsunami dibandingkan daerah sekitarnya di luar cekungan teluk seperti setelah tsunami di Aceh tahun 2004, tsunami di teluk Thailand tahun 2004, tsunami di Flores tahun 1992, pantai Pangandaran di pantai selatan Jawa tahun 2010, tsunami di Jepang tahun 2011. Oleh karena itu kewaspadaan penduduk di desa-desa yang terletak di teluk seharusnya lebih tinggi dan melakukan mitigasi yang intensif, pemerintah juga seharusnya member perhatian khusus mengingat komunitas penduduk di banyak teluk di pantai provinsi Bengkulu merupakan pemukiman padat penduduk. Pantai Pulau Flores di sebelah selatan pulau Babi berbentuk cekungan bagaikan parabola yang memperbesar efek refleksi, sehingga member efek kerusakan lebih besar disbanding di daerah utara yang langsung berhadapan dengan tsunami [8].

Keanehan ini sebenarnya menunjukkan bagaimana kondisi bentuk muka bumi pantai dapat menaikkan akumulasi energi gelombang. Besar kecilnya kekuatan tsunami ditentukan oleh besaran gempa bumi, juga ditentukan oleh morfologi pantai, sehingga pemetaan bahaya tsunami salah satunya harus memperhitungkan morfologi pantai [9].

Hasil observasi di ketiga teluk yang terlanda tsunami pada bulan Juni 1994 ini menghasilkan suatu gambaran umum yang hamper sama, yaitu bahwa pantai-pantai yang terkena tsunami sangat parah adalah pantai-pantai berteluk pada bagian datar sekitar muara sungai [10]. Kerusakan paling parah terutama pada pantai yang membentuk huruf V atau berupa teluk dengan arah gelombang yang semakin menyempit ke arah daratan.

Masalah lain konsentrasi pemukiman penduduk banyak di sepanjang kawasan pantai, karena mata pencaharian mereka kebanyakan sebagai petani dan nelayan. Kesiapan pemerintah untuk menyiapkan evakuasi bagi penduduk sampai saat ini belum memadai, usaha-usaha mitigasi selama ini sifatnya insidental dan makro belum menyentuh secara teknis sampai ke masyarakat desa. Evakuasi tidak dapat dilakukan secara masal dalam waktu serentak secara mendadak mengingat kesadaran,

pengetahuan, ketrampilan, kesiapan sarana sampai saat ini tidak mendukung untuk pelaksanaan evakuasi. Tsunami datangnya tiba-tiba diperkirakan paling lama hanya 30 menit dan kemungkinan hanya 15 menit dari saat gempa terjadi. Waktu sesingkat itu tidak mungkin untuk menggerakkan masyarakat desa lari menuju tempat-tempat tinggi yang rata-rata jauh dari tempat tinggal. Peta run-up Tsunami yang ada sampai saat ini adalah peta makro dengan skala 1: 500.000 atau 1: 250.000 sehingga potensi hal-hal yang merupakan kelebihan yang ada di setiap desa tidak tampak. Oleh karena itu perlu diwujudkan melalui penelitian ini, karena hal ini yang sangat diperlukan oleh masyarakat yang berdomisili di desa daerah pesisir.

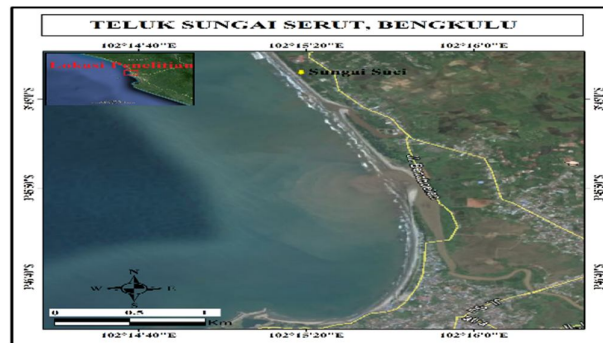
2. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian adalah: desa-desa sepanjang daerah pesisir teluk sungai Serut, tahun pertama untuk desa Rawa Makmur dan tahun ke-2 untuk desa Pondok Kelapa, Pondok Besi, Pasar Bengkulu. Penelitian ini menggunakan metode observasi dan survey langsung ke lapangan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan peta dasar dan statistik daerah pesisir Provinsi Bengkulu.
2. Mendata potensi lokal yang dimiliki setiap desa untuk keperluan evakuasi dan mitigasi:
 - a. Tempat-tempat yang memiliki ketinggian lebih dari 10 meter di atas permukaan air laut di sekitar pemukiman.
 - b. Demografi.
 - c. Peta jaringan jalan, sungai dan jembatan serta bangunan.
 - d. Jalur jalan evakuasi menuju tempat tinggi, jauh dari pantai dan aman baik evakuasi secara horisontal maupun evakuasi secara vertikal.
 - e. Gedung/bangunan untuk penampungan sementara (gudang, sekolah, masjid/gereja atau tempat ibadah lainnya, balai desa dll.
 - f. Geomorfologi garis pantai teluk sungai Serut.
 - g. Geologi.
 - h. Topografi.
3. Digitasi untuk plotting data peta.
4. Membuat peta kontur amplifikasi ketinggian tsunami di dalam teluk Surfer Versi 9.
5. Membuat peta kontur *run-up* landaan jangkauan genangan air tsunami setiap desa dan sekitarnya dengan software Surfer versi 9.
6. Membuat rekomendasi untuk mitigasi kepada pihak terkait.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

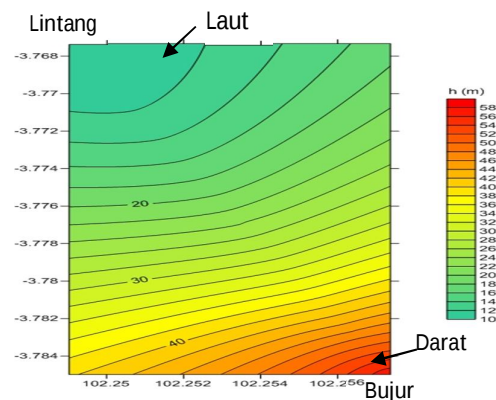
Hasil penelitian menunjukkan bahwa penguatan tsunami akibat geomorfologi teluk sungai Serut dapat mencapai 3 kali lipat. Desa Rawa Makmur dengan ketinggian rata-rata antara 3-5 meter di atas permukaan laut, yang dihuni oleh sekitar 4.000 orang bermukim di desa dengan kerentanan sangat tinggi. Selain rendah desa ini sangat datar dengan batuan rawa-rawa yang mengering di permukaannya. Sungai Serut dengan lebar sungai rata-rata antara 20 – 50 meter mengalir di sisi selatan desa, yang menambah tingginya resiko akibat bencana tsunami. Teluk sungai Serut geomorfologinya tidak simetri penuh, hanya 1/3 dari panjang sisi utara yang simetri dengan sisi selatan seperti terlihat dalam gambar 1.



Gambar 1. Foto udara Teluk Sungai Serut



Gambar 2. Bathymetri Teluk Sungai Serut



Gambar 3. Kontur ketinggian tsunami di Teluk Sungai Serut

Pengaruh kedalaman laut diperkirakan tidak banyak berpengaruh terhadap perbedaan amplifikasi ketinggian tsunami di setiap lokasi dalam teluk karena kedalamannya relatif sama yaitu 20-30 meter dan merupakan teluk pendek sekitar 2 km seperti gambar 2. Berdasarkan gambar 3 peta kontur penguatan ketinggian gelombang tsunami maksimum 50 meter.

Ketinggian tepian teluk maksimum hanya 20 meter sehingga diperkirakan jika ketinggian mencapai lebih dari itu maka landaan akan meluber ke kawasan sekitarnya. Ketinggian tepian teluk yang bervariasi akan mengurangi kekuatan landaan di desa Rawa Makmur yang hanya memiliki ketinggian antara 3-5 meter di atas permukaan laur. Hanya beberapa lokasi yang ketinggian tanahnya mencapai 20 meter seperti di SMP N 11 Kota Bengkulu yang berada di sisi utara desa Rawa makmur, diperkirakan tempat ini akan aman dan dapat dipakai untuk evakuasi dadakan sementara penduduk di sekitarnya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian memperkirakan:

1. Penguatan ketinggian di ujung teluk mencapai 1,5 – 3 kali lipat dari ketinggian tsunami di mulut teluk sebelum masuk cekungan atau mengalami penguatan antara 50 % sampai 300 %.
2. Jangkauan run-up maksimum mencapai 3 km.

5. KEPUSTAKAAN

- [1] Purwanto H. S. dkk. 2008: *Mewaspada morfologi teluk sebagai zona bahaya tsunami*, Jurnal Ilmiah MTG, Vol. 1, No. 1, Januari 2008.
- [2] Badan Geologi, 2007: *Tanggapan Bencana*, (www.pdat.co.id)., Jakarta.
- [3] Suwarsono, 2013: *Optimalisasi potensi local desa pesisir pantai Bengkulu dalam rangka mitigasi bencana tsunami menuju masyarakat siaga bencana mandiri*, LPPM UNIB.
- [4] Badan Pusat Statistik, 2013: *Pertumbuhan ekonomi Provinsi Bengkulu Tahun 2013*, BPS Kota Bengkulu, Bengkulu
- [5] BAPPENAS, 2007: *Mitigasi bencana Alam di Sumatera*, Jakarta.
- [6] Permana H., 2007: *Pedoman pembuatan Peta Jalur Evakuasi Bencana Tsunami*, Kementerian RISTEK.
- [7] Triatmadja R., 2010: *Tsunami Kejadian, Penjalaran, Daya Rusak dan Mitigasinya*, Gajah Mada University Press.
- [8] USC, 2010: *Flores Indonesia Tsunami Picture*, <http://www.usc.edu/dept/tsunamis/indonesia/flores>

- [9] Wahjono dan Sudarsono, U., 1994: *Peta Bahaya Tsunami di Daerah Maumere, Flores Nusa Tenggara Timur. Seminar Segari Masalah Tsunami di Indonesia dan Aspek-Aspeknya*. Bandung. Hal. 182-190.
- [10] Brahmantyo, B., dkk. 1999: *Penataan Ruang Kawasan Pantai Pontensi Bencana Tsunami dengan Morfologi Sebagai Parameter Kontrol*, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung, Indonesia.