

Analisis Pemodelan Tinggi dan Waktu Tempuh Gelombang Tsunami di Pesisir Pantai Bengkulu dengan Menggunakan Data Historis Gempa Bengkulu 12 September 2007

Dwi Pujiastuti¹, Rahmad Aperus¹, Rachmad Billyanto²
Jurusan Fisika Universitas Andalas Padang¹
BMKG Padang Panjang²

Email : Dwi_Pujiastuti@yahoo.com

Abstract Tsunami modeling research has been done on the coast of Bengkulu using software L-2008 and Travel Time Tsunami (TTT). Earthquake historical data that used in this research is the earthquake in Bengkulu on September 12, 2007 which is obtained from BMKG and the USGS. This research is aimed to determine the height (run up) and travel time of the tsunami on the coast of Bengkulu as the tsunami disaster mitigation efforts. Tsunami modelling has been done by validate the run up using tide gauge data in the area of Padang, Muko-Muko, and Kaur. In this research used magnitude scenario are 8 M_w , 8.5 M_w and 9 M_w . Local tsunami effect observed were 10 areas along the coast region Bengkulu. Tsunami modeling of Bengkulu in September 12, 2007 results the run up value which is close to the run up value of the measurements. From the modelling result obtained that the quickest area impacted by the tsunami is Enggano Island which is 27 minutes 46 seconds from earthquake. The highest tsunami run up value is located in the Bengkulu city. The run up values by using the scenario of magnitude 8 M_w is 2.07 m, 8.5 M_w is 4.05 m and 9 M_w is 9.83 m.

Keywords: tsunami, modelling, software L-2008, software TTT, run up

Abstrak Telah dilakukan penelitian pemodelan tsunami di pesisir Pantai Bengkulu dengan menggunakan *software* L-2008 dan *Travel Time Tsunami* (TTT). Data historis gempa bumi yang digunakan dalam penelitian ini adalah gempa bumi Bengkulu 12 September 2007 yang diperoleh dari BMKG dan USGS. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tinggi (*run up*) dan waktu tempuh gelombang tsunami di pesisir Pantai Bengkulu sebagai upaya mitigasi bencana tsunami. Sebagai validasi digunakan data *run up* stasiun *tide gauge* yang berlokasi di Padang, Muko-muko dan Kaur. Dalam penelitian ini dilakukan pemodelan tsunami untuk mengestimasi tinggi *run up* dan waktu tempuh perjalanan gelombang tsunami menggunakan skenario magnitudo 8 M_w , 8,5 M_w dan 9 M_w . Sebagai titik tinjau digunakan 10 daerah di sepanjang pantai wilayah Bengkulu. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa nilai *run up* tsunami yang diperoleh mendekati nilai *run up* hasil pengukuran. Daerah dengan waktu tercepat dihantam gelombang tsunami adalah Pulau Enggano dengan waktu tempuh 27 menit dan 46 detik. *Run up* tertinggi terjadi di Kota Bengkulu. dengan nilai *run up* yang diperoleh adalah 2,07 m untuk skenario 8 M_w , 4,05 untuk skenario 8,5 M_w dan 9,83 m untuk skenario 9 M_w .

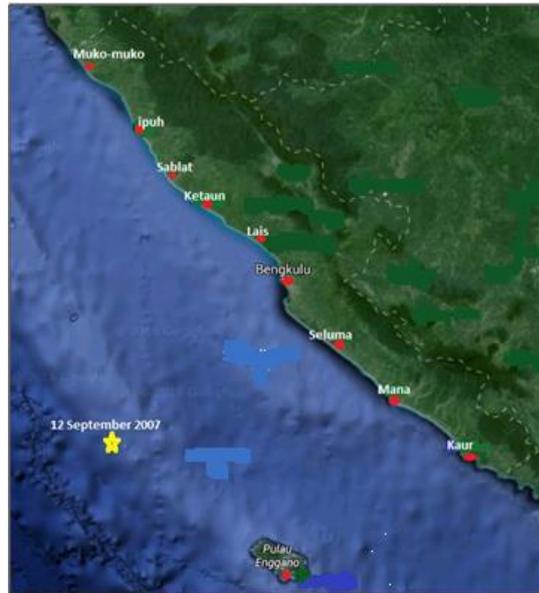
Kata kunci: tsunami, pemodelan, *software* L-2008, *software* TTT, *run up*

Pendahuluan

Potensi tsunami di Indonesia bila dikaji dari letak geografis dan gejala alam yang sering terjadi selama ini merupakan salah satu sumber keresahan bagi masyarakat yang berada di wilayah pesisir pantai. Pandangan masyarakat akan gempa bumi sebagai pemicu utama terjadinya tsunami merupakan polemik yang sangat cepat berkembang. Oleh karena itu diperlukan pengetahuan bagi kalangan umum tentang tsunami dan perkiraan terhadap tsunami tersebut.

Berdasarkan catatan sejarah gempa bumi di Pulau Sumatera, wilayah Bengkulu memiliki potensi gempa bumi besar dan dapat membangkitkan gelombang tsunami. Menurut penelitian Ardiansyah (2014), wilayah Bengkulu dan sekitarnya masih memiliki akumulasi *stress* yang tinggi setelah kejadian gempa bumi 4 Juni 2000 dan 12 September 2007 yang suatu waktu bisa dilepaskan dalam bentuk gempa bumi yang dahsyat. Wilayah pesisir barat Bengkulu berbentuk teluk dan pantai yang landai, apabila terjadi gempa bumi besar maka wilayah tersebut berpotensi dilanda gelombang tsunami dengan tingkat kerusakan yang tinggi. Sebagian besar penduduk dengan populasi yang cukup padat bermukim di pesisir pantai. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tsunami di wilayah Bengkulu dalam upaya mitigasi bencana.

Dalam penelitian ini digunakan *software* L-2008 untuk memodelkan *run up* tsunami dan *software* TTT untuk memodelkan waktu tempuh gelombang tsunami. Metode ini diterapkan pada 10 titik di daerah sepanjang pesisir Pantai Bengkulu dengan menggunakan data gempa bumi yang terjadi di Bengkulu pada tanggal 12 September 2007 (Gambar 1). Skenario magnitudo gempa yang digunakan adalah 8 M_w , 8,5 M_w dan 9 M_w .



Gambar 1 Daerah Penelitian

Metode

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari USGS (*United Stated Geological Survey*) dan BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi Geofisika) berupa:

1. Data Parameter Sumber Gempa Bumi

Data historis gempa bumi yang digunakan dalam penelitian ini adalah gempa bumi Bengkulu 12 September 2007 yang diperoleh dari BMKG (2014). Parameter sumber gempa bumi 12 September 2007 adalah:

Origin Time : 11:10:23

Episenter : 4,59°LS dan 101,22°BT

Hiposenter : 10 km

Magnitudo : 8.4 Mw

2. Data parameter bidang sesar

Data parameter sesar berupa panjang dan lebar sesar, *strike*, *dip* dan *slip* menggunakan data historis sumber gempa bumi Bengkulu 12 September 2007 yang diperoleh dari USGS (2015). Nilai parameter sesar diantaranya adalah *strike* = 327°, *dip* = 12° dan *Slip* = 114°, berjenis sesar naik.

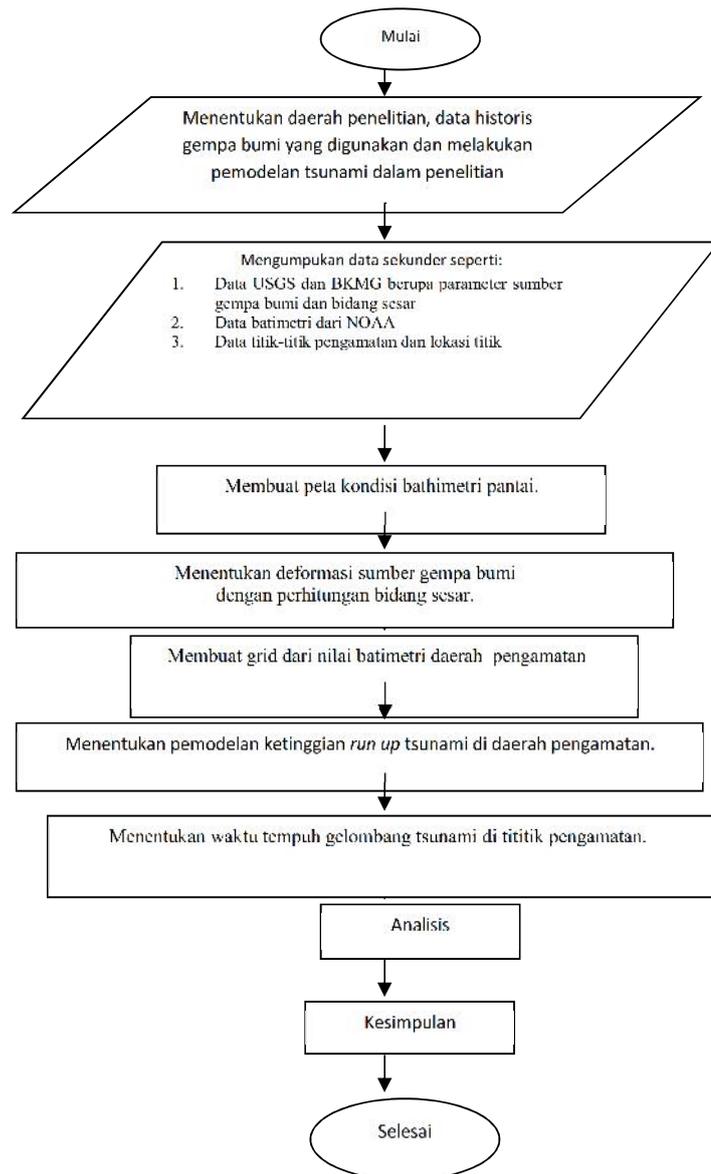
3. Data batimetri

Data batimetri yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari situs NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) berupa data etopo2. Batasan grid batimetri penelitian terletak pada koordinat 0°L-10°LS dan 93°BT-103°BT (NOAA, 2016).

4. Data Titik Pengamatan

Titik-titik pengamatan di pesisir pantai Bengkulu yang digunakan adalah Muko-muko, Ipuh, Sablat, Ketaun, Lais, Kota Bengkulu, Seluma, Mana, Kaur dan Pulau Enggano (Gambar 1).

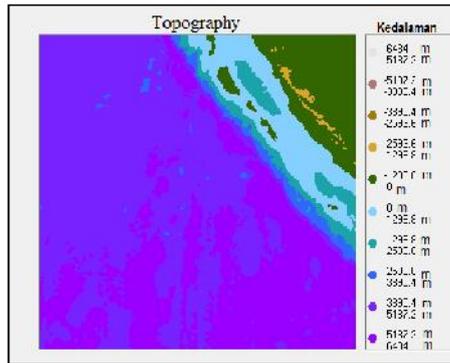
5. Diagram Alir Pengolahan Data



Hasil dan Diskusi

1. Peta Batimetri Wilayah Perairan Bengkulu

Hasil dari pembuatan peta batimetri wilayah perairan Bengkulu dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan bahwa kondisi batimetri perairan Bengkulu memiliki perbedaan kedalaman laut. Hal ini dapat dilihat dari perbedaan warna pada peta dan nilai pada legenda peta. Nilai negatif menunjukkan daerah daratan, sedangkan nilai positif menunjukkan daerah perairan. Daerah perairan bagian utara memiliki kedalaman laut yang lebih dangkal, ditunjukkan dengan peta berwarna biru muda. Sedangkan perairan bagian barat daya memiliki kedalaman laut yang lebih dalam ditunjukkan dengan peta berwarna ungu. Kedalaman laut wilayah perairan Bengkulu berkisar 1296 m sampai 6484 m dengan kedalaman laut terdangkal adalah 1296 m dan kedalaman laut terdalam adalah 6484 m.



Gambar 3 Peta batimetri wilayah perairan Bengkulu

2. Pemodelan Tsunami Menggunakan Data Gempa Bumi Bengkulu 12 September 2007 sebagai Validasi Run UpTsunami untuk tiga titik amat

Sebelum digunakan untuk melakukan prediksi *run up* dan perkiraan waktu tempuh gelombang tsunami di perairan Bengkulu dilakukan validasi software L-2008 untuk menghitung *run up* menggunakan 3 titik amat telah disurvei oleh BMKG yaitu stasiun *tide gauge* Padang, Muko-muko dan Ketaun..

Data hasil pengukuran *run up* kejadian tsunami Bengkulu 12 September 2007 yang digunakan untuk pengamatan, dapat dilihat pada Tabel 1

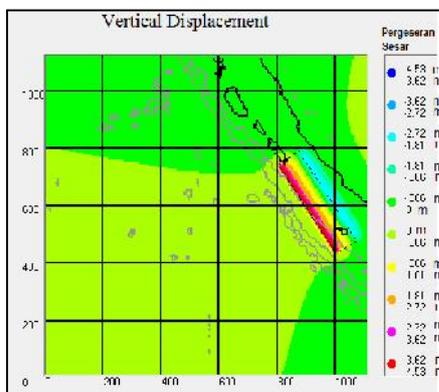
Tabel 1 Data *run up* pengukuran tsunami

N o.	Lokasi titik pengamatan	Nilai run up
1.	Sta <i>tide gauge</i>	2,27 m
2.	Muko-Muko	2,75 m
3.	Ketaun	2,35 m

(Sumber: BMKG(2014) dan BMKG (2007).

2.1 Pemodelan Deformasi Vertikal Berdasarkan Sumber Gempa Bumi Bengkulu 12 September 2007

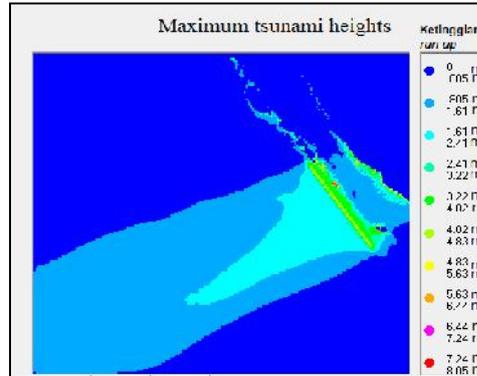
Gambar 4. merupakan hasil pemodelan deformasi vertikal sumber gempa bumi Bengkulu 12 September 2007 berkekuatan 8,6 M_w yang terjadi di dasar laut. Nilai minimum sebesar -4,53 m menunjukkan bagian tubuh batuan yang relatif berada di bawah bidang sesar, nilai 0 menunjukkan bagian tubuh batuan sebelum bergeser dan nilai maksimum 4,53 m menunjukkan bagian tubuh batuan yang relatif berada di atas bidang sesar. Pergeseran bidang sesar diperlihatkan dari perbedaan warna. Sesar bergeser naik dari posisi awal berkisaran 0,906 m yang ditunjukkan dengan warna hijau sampai 4,53 m yang ditunjukkan dengan warna merah. Kondisi pergeseran sesar berupa nilai deformasi vertikal sumber gempa bumi tersebut, mampu membangkitkan gelombang tsunami dengan luasan sesar seluas 30478,95 km^2 dan jenis sesar naik yang berada di zona subduksi.



Gambar 4 Model deformasi vertikal gempa bumi Bengkulu 12 September 2007

2.2 Pemodelan Run Up Tsunami Bengkulu 12 September 2007

Parameter masukan *software* L-2008 dari pemodelan *run up* adalah data batimetri, parameter sumber gempa bumi dan parameter sesar. Keluaran dari pemodelan ini berupa nilai *run up* dalam pemodelan tsunami pada titik-titik lokasi pengamatan. Hasil *run up* maksimum tsunami dari pemodelan di daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Model *run up* maksimum tsunami Bengkulu 12 September 2007

Gambar 5 menjelaskan bahwa hasil pemodelan *run up* maksimum tsunami Bengkulu 12 September 2007 di daerah penelitian bernilai 8,05 m. *Run up* maksimum terletak di daerah sekitar episenter gempa bumi. Nilai *run up* di pesisir pantai dapat dilihat dari perbedaan warna dan nilai angka pada legenda peta. Perbandingan nilai *run up* pemodelan tsunami dengan nilai *run up* hasil pengukuran di tiga titik amat dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2 Perbandingan *run up* pemodelan tsunami dengan *run up* hasil pengukuran

No.	Lokasi pengamatan	<i>Run up</i> pemodelan	<i>Run up</i> pengukuran
1.	<i>Tide gauge</i> Padang	1,87 m	2,27 m
2.	Muko-Muko	2,55 m	2,75 m
3.	Ketaun	2,67 m	2,35 m

Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai *run up* pemodelan tsunami dengan nilai *run up* pengukuran (*run up* hasil pengukuran stasiun *tide gauge* Padang dan *run up* hasil survei BMKG). Nilai *run up* pemodelan di stasiun *tide gauge* Padang bernilai 1,87 m dan nilai *run up* hasil pengukuran stasiun *tide gauge* Padang bernilai 2,27 m, selisih *run up* sebesar 0,4 m. Nilai *run up* pemodelan di Muko-Muko bernilai 2,55 m dan nilai *run up* hasil survei bernilai 2,75 m, selisih *run up* sebesar 0,2 m. Nilai *run up* pemodelan di Ketaun adalah 2,67 m dan nilai *run up* hasil survei bernilai 2,35 m, selisih *run up* sebesar 0,32 m. Selisih *run up* terbesar terjadi pada pengukuran *tide gauge* Padang dan selisih *run up* terkecil berada di daerah Muko-Muko.

Perbedaan antara nilai *run up* pemodelan tsunami dengan nilai *run up* pengukuran dapat disebabkan oleh faktor eksternal, seperti kondisi pasang surut air laut yang terjadi pada saat kejadian gempa, faktor iklim dan cuaca, vegetasi dan struktur penghalang di sekitar pantai, serta kondisi sensor *tide gauge*. Pemodelan *run up* tsunami menggunakan *software* L-2008 dijalankan hanya berdasarkan data masukan utama berupa data batimetri, sehingga *run up* hanya dipengaruhi oleh kedalaman laut dan bentuk pantai, tanpa dipengaruhi oleh faktor eksternal lainnya.

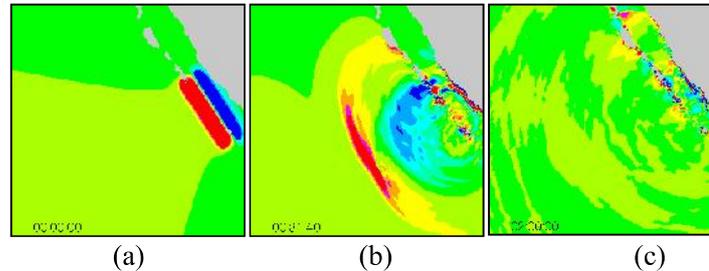
2.3 Pemodelan Gelombang Tsunami Bengkulu Berdasarkan Episenter Gempa Bengkulu 12 September 2007

Berdasarkan hasil validasi di atas dilakukan pemodelan gelombang tsunami Bengkulu untuk memprediksi tinggi dan waktu tempuh gelombang tsunami di 10 titik

amat di pesisir Bengkulu dengan menggunakan episenter gempa Bengkulu 12 September 2007. Skenario yang digunakan adalah gempa dengan magnitudo 8 M_w , 8,5 M_w dan 9 M_w . menggunakan *software* L-2008 dan *software* TTT.

2.4 Pemodelan Waktu tempuh penjalaran gelombang tsunami

Software L-2008 memvisualisasikan waktu penjalaran gelombang tsunami dengan data masukan berupa data batimetri, parameter sumber gempa bumi dan parameter sesar. Visualisasi penjalaran gelombang tsunami dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6 Visualisasi waktu penjalaran tsunami Bengkulu 12 September 2007
(a) Waktu sebelum tsunami (b) Waktu tsunami mencapai pantai (c) Waktu setelah tsunami

Gambar 6 menunjukkan visualisasi waktu penjalaran gelombang tsunami saat terjadi gempa bumi Bengkulu 12 September 2007 yang dijalankan selama 2 jam. Wilayah daratan ditunjukkan dengan warna abu-abu, wilayah perairan ditunjukkan dengan warna hijau, kuning dan merah. Gelombang tsunami ditunjukkan dengan warna merah, warna biru menunjukkan air laut sekitar sesar, warna hijau dan kuning menunjukkan air laut. Dari hasil pengolahan *software* L-2008 diketahui bahwa penjalaran gelombang tsunami mencapai bibir pantai Bengkulu pada menit 00:31:40.

Waktu tempuh gelombang tsunami Bengkulu 12 September 2007 menuju titik-titik lokasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3 Waktu tempuh gelombang tsunami ke lokasi titik-titik pengamatan

No.	Lokasi titik pengamatan	Waktu tempuh gelombang tsunami
1.	Muko-Muko	47 menit 39 detik
2.	Ipuh	39 menit 7 detik
3.	Sablat	36 menit 56 detik
4.	Ketaun	37 menit 22 detik
5.	Lais	38 menit 20 detik
6.	Kota Bengkulu	32 menit 52 detik
7.	Seluma	33 menit 58 detik
8.	Mana	35 menit 80 detik
9.	Kaur	48 menit 9 detik
10.	Pulau Enggano	27 menit 46 detik

Tabel 3 merupakan pemodelan waktu tempuh gelombang tsunami Bengkulu 12 September 2007 menuju lokasi titik pengamatan. Waktu tempuh gelombang tsunami tercepat sampai di wilayah daratan adalah di Kota Bengkulu selama 32 menit 52 detik sedangkan waktu tercepat dari 10 titik amat adalah wilayah Pulau Enggano yaitu 27 menit 46 detik setelah kejadian gempa.

2.5 Pemodelan Tinggi Run Up Gelombang Tsunami Dengan Skenario $8 M_w$, $8,5 M_w$ dan $9 M_w$

Parameter data masukan *software* L-2008 dari pemodelan *run up* adalah data batimetri, parameter sumber gempa bumi dan parameter sesar. Hasil pemodelan nilai *run up* maksimum tsunami Bengkulu 12 September 2007 dengan skenario magnitudo $8 M_w$, $8,5 M_w$ dan $9 M_w$ dapat dilihat pada Tabel 4. Pada Tabel 4 terlihat bahwa *run up* tertinggi dari 10 titik yang diamati adalah Kota Bengkulu. Pada skenario magnitudo $8 M_w$ diperoleh nilai *run up* maksimum bernilai 2,07 m. Pada magnitudo $8,5 M_w$ diperoleh nilai *run up* maksimum bernilai 4,05 m. Pada skenario magnitudo $9 M_w$ diperoleh nilai *run up* maksimum bernilai 9,83 m. *Run up* tsunami dipengaruhi oleh magnitudo gempa bumi. Semakin besar magnitudo maka semakin tinggi pula nilai *run up* tsunami yang dihasilkan di pesisir pantai. Hal ini juga disebabkan oleh semakin besarnya nilai magnitudo momen dan semakin luas bidang sesar gempa bumi sehingga magnitudo semakin besar. Nilai *run up* juga dipengaruhi oleh kondisi batimetri, nilai *run up* tsunami akan meningkat pada kondisi batimetri perairan laut dangkal dan memiliki teluk.

Tabel 4 Hasil pemodelan *run up* tsunami Bengkulu 12 September 2007

No	titik pengamatan	Skenario Magnitudo		
		$8M_w$	$8.5 M_w$	$9M_w$
1.	Muko-Muko	0,40 m	1,53 m	3,77 m
2.	Ipuh	0,52 m	1,76 m	6,07 m
3.	Sablat	0,72 m	2,24 m	7,24 m
4.	Ketaun	1,39 m	3,39 m	7,94 m
5.	Lais	1,57m	3,48 m	8,70 m
6.	Kota Bengkulu	2,07 m	4,05 m	9,83 m
7.	Seluma	1,82 m	2,59 m	4,79 m
8.	Mana	0,75 m	2,50 m	3,94 m
9.	Kaur	0,56 m	2,22 m	3,62 m
10.	Pulau Enggano	1,32 m	3,54 m	4,10 m

Kesimpulan

Dari pemodelan tsunami dengan menggunakan episenter gempa bumi Bengkulu 12 September 2007 dapat diambil beberapa kesimpulan

1. Hasil validasi pemodelan *run up* tsunami Bengkulu 12 September 2007 mendekati nilai *run up* hasil pengukuran. Nilai *run up* pemodelan di stasiun *tide gauge* Padang bernilai 1,87 m dan nilai *run up* hasil pengukuran stasiun *tide gauge* Padang bernilai 2,27 m. Nilai *run up* pemodelan di daerah Muko-Muko bernilai 2,55 m dan nilai *run up* hasil survei bernilai 2,75 m. Nilai *run up* pemodelan di daerah Ketaun adalah 2,67 m dan nilai *run up* hasil survei bernilai 2,35 m. Berdasarkan hasil validasi tersebut maka *software* L-2008 cukup bagus digunakan dalam pemodelan tsunami.
2. Daerah dengan waktu tercepat dihantam gelombang tsunami adalah Pulau Enggano dengan waktu tempuh 27 menit dan 46 detik.
3. *Run up* tertinggi terjadi di Kota Bengkulu. dengan nilai *run up* yang diperoleh adalah 2,07 m untuk skenario $8 M_w$, 4,05 untuk skenario $8,5 M_w$ dan 9,83 m untuk skenario $9 M_w$.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, S., 2014, Model Prakiraan Kejadian Gempa Bumi di Daerah Bengkulu, Jurnal Meteorologi dan Geofisika, Vol.15, No.2, BMKG.
- BMKG, 2014, *Katalog Gempa Bumi Signifikan dan Merusak 1821-2013*, BMKG., Jakarta
- Natawidjaja, D.H., 2007, Gempa Bumi dan Tsunami di Sumatera dan Upaya Untuk Mengembangkan Lingkungan Hidup Yang Aman Dari Bencana Alam, *Laporan KHL*, LIPI, Jakarta.

- Sunarjo.,Gunawan, M. T., Pribadi, S., 2010, *Gempa Bumi Edisi Populer*, BMKG., Jakarta.
- NOAA, 2016, National Center For Information Enviromental Information, <http://www.noaa.gov/>,diakses12 April 2016.
- USGS, 2015, Significant Earthquake Archive,<http://www.usgs.gov/>, diakses 12 April 2016.