

# Estimasi Bidang Patahan Gempabumi Mentawai 25 Oktober 2010 Menggunakan Metode Scalling Law

Taufan Taufik<sup>1</sup>, Alghani Yullatifah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Gempabumi dan Tsunami, BMKG, Jakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Balai Besar Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika II, Tangerang Selatan, Indonesia

## Email Penulis

pandawa3011@gmail.com

## Kata Kunci:

TUNAMI-N2, Scalling Law, SRTM, GEBCO, tide gauge

## Keywords:

TUNAMI-N2, Scalling Law, SRTM, GEBCO, tide gauge

## ABSTRAK

Gempabumi terjadi di Kepulauan Mentawai, Indonesia pada tanggal 25 Oktober 2010 jam 14:42 WIB dengan kekuatan 7.7 dan menyebabkan terjadi tsunami. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui estimasi bidang patahan yang disebabkan oleh gempabumi dengan magnitudo 7.7. Hasil pemodelan dengan menggunakan TUNAMI-N2 dibandingkan dengan data observasi *tide gauge*. Pemodelan menggunakan TUNAMI-N2 menggunakan metode Scalling Law sebagai data inputan. Inputan parameter yang digunakan diperoleh dari Global CMT, data SRTM dan data GEBCO. *Fitting* antara Scalling Law dengan data rekaman *tide gauge* Padang dengan nilai RMSE sebesar 0,1131 dan nilai korelasi sebesar 0,4876 pada scalling3. *Fitting* dengan *tide gauge* Tanahbala nilai RMSEnya sebesar 0,2165 dan nilai korelasinya sebesar 0,2140 ada pada scalling2. *Fitting* dengan *tide gauge* Teluk Dalam nilai RMSE sebesar 0,0362 dan nilai korelasinya sebesar 0,5917 ada di scalling2.

## ABSTRACT

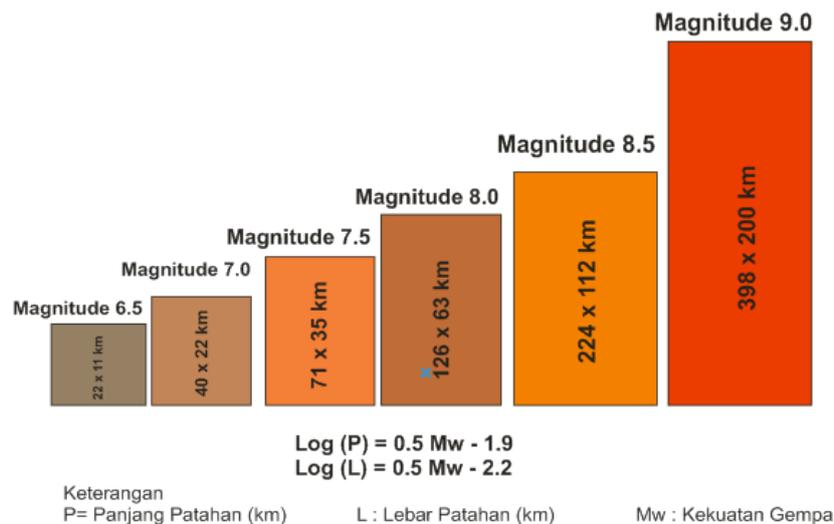
An earthquake occurred in the Mentawai Islands, Indonesia on October 25 2010 at 14:42 WIB with a magnitude of 7.7 and caused a tsunami. This study aims to determine the estimated fault area caused by an earthquake with a magnitude of 7.7. The modeling results using TUNAMI-N2 were compared with tide gauge observation data. Modeling using TUNAMI-N2 uses the Scalling Law method as input data. The input parameters used are obtained from Global CMT, SRTM data and GEBCO data. *Fitting* between Scalling Law and Padang tide gauge data with an RMSE value of 0.1131 and a correlation value of 0.4876 on scaling3. *Fitting* with the Tanahbala tide gauge, the RMSE value is 0.2165 and the correlation value is 0.2140 in scaling2. *Fitting* with the Inner Bay tide gauge RMSE value of 0.0362 and a correlation value of 0.5917 is in scaling2.



## PENDAHULUAN

Wilayah Sumatera dan Kepulauan Mentawai secara geologis dan tatanan tektoniknya merupakan daerah resiko gempabumi tinggi yang dipicu oleh Sesar Sumatera dan subduksi palung Sunda. Pulau ini merupakan bagian dari Lempeng Eurasia yang bergerak sangat lambat relatif ke arah tenggara dengan kecepatan sekitar 0.4 cm/tahun dan berinteraksi dengan Lempeng Indo-Australia yang terletak di sebelah barat Sumatera yang bergerak relatif ke arah utara dengan kecepatan sekitar 7 cm/tahun (Minster dan Jordan, 1978 dalam Yeats, dkk 1997).

Berdasarkan sejarah tektonik setting, disekitar pulau Sumatera berkaitan erat dengan peristiwa tumbukan lempeng antara Lempeng Indo-Australia dengan Lempeng Eurasia. Lempeng Indo-Australia mendorong lempeng Eurasia ke arah Utara-Timur laut. Tingkat konvergensi lempeng sebesar 60-mm/th dan bergerak tegak lurus ke muka subduksi di dekat Jawa, yang berkurang hingga 52 mm/th di Sumatera Utara dengan arah miring sekitar 40° dan menjadi dominan disebelah utara dari pulau Nicobar (Prawirodirdjo, dan Y. Bock, 2004).



**Gambar 1.** Perbandingan skala magnitudo gempa terhadap bidang patahan sumber tsunami

Pada tanggal 25 Oktober 2010, pukul 21:42:20 WIB terjadi gempa bumi dengan magnitudo 7,2 SR, kedalaman 10 km di bawah laut dengan pusat gempa bumi berada pada koordinat 3,61° LS dan 99,93° BT. Pusat gempa berada pada jarak 78 km baratdaya Pulau Pagai Selatan, Mentawai, Sumatera Barat (BMKG, 2010). USGS mengeluarkan hasil prediksi dengan magnitudo 7.7 dan lokasi 3.484°S, 100.114°E. Gempa tersebut membangkitkan tsunami yang melanda Kabupaten Mentawai setinggi 7 meter (Pribadi dkk, 2013). Pemodelan tsunami Mentawai bertujuan untuk mendapatkan prediksi informasi ketinggian tsunami dan inundasi. Disamping itu penulis menggunakan metode pemodelan inversi sebagai pembanding dalam pemodelan tsunami.

Luas bidang patahan yang terjadi meliputi panjang area sesar maupun lebar sesar dapat didefinisikan menggunakan beberapa macam cara, salah satu diantaranya adalah secara empiris menggunakan metode *Scaling Law* sebagai berikut:

$$\text{Log } L = 0,5M_w - 1,9$$

$$W = \frac{L}{2}$$

$$\text{Log } U = 0,5M_w - 1,4$$

Di mana:  $L$  = panjang sesar (km)

$W$  = lebar sesar (km)

$U$  = jarak slip (m)

$M_w$  = magnitudo momen

Perhitungan secara empiris dapat dilakukan dengan perumusan seperti dalam tabel di bawah (Tabel 1). Perumusan *Scaling Law* yang diperkenalkan oleh Wells dan Coppersmith tahun 1994.

**Tabel 1.**  
Regresi panjang, lebar dan area patahan (Well dan Coppersmith,1994)

Equation	Slip Type	Number of Events	Coefficient and Standard Errors		Standard Deviation	Correlation Coefficient	Magnitude Range	Length/Width Range (km)
			a(sa)	b(sb)				
$M = a + b \cdot \log(\text{SRL})$	SS	43	5.16(0.13)	1.12(0.08)	0.28	0.91	5.6 to 8.1	1.3 to 432
	R	19	5.00(0.22)	1.22(0.16)	0.28	0.88	5.4 to 7.4	3.3 to 85
	N	15	4.86(0.34)	1.32(0.26)	0.34	0.81	5.2 to 7.3	2.5 to 41
	All	77	5.08(0.10)	1.16(0.07)	0.28	0.89	5.2 to 8.1	1.3 to 432
$\log(\text{SRL}) = a + b \cdot M$	SS	43	-3.55(0.37)	0.74(0.05)	0.23	0.91	5.6 to 8.1	1.3 to 432
	R	19	-2.86(0.55)	0.63(0.08)	0.2	0.88	5.4 to 7.4	3.3 to 85
	N	15	-2.01(0.65)	0.50(0.10)	0.21	0.81	5.2 to 7.3	2.5 to 41
	All	77	-3.22(0.27)	0.69(0.40)	0.22	0.89	5.2 to 8.1	1.3 to 432
$M = a + b \cdot \log(\text{RLD})$	SS	93	4.33(0.06)	1.49(0.05)	0.24	0.96	4.8 to 8.1	1.5 to 350
	R	50	4.49(0.11)	1.49(0.09)	0.26	0.93	4.8 to 7.6	1.1 to 80
	N	24	4.34(0.23)	1.54(0.18)	0.31	0.88	5.2 to 7.3	3.8 to 63
	All	167	4.38(0.06)	1.49(0.04)	0.26	0.94	4.8 to 8.1	1.1 to 350
$\log(\text{RLD}) = a + b \cdot M$	SS	93	2.57(0.12)	0.62(0.02)	0.15	0.96	4.8 to 8.1	1.5 to 350
	R	50	-2.42(0.21)	0.58(0.03)	0.16	0.93	4.8 to 7.6	1.1 to 80
	N	24	-1.88(0.37)	0.50(0.06)	0.17	0.88	5.2 to 7.3	3.8 to 63
	All	167	-2.44(0.11)	0.59(0.02)	0.16	0.94	4.8 to 8.1	1.1 to 350

**METODE**

Data yang digunakan dalam pemodelan adalah data gempabumi Mentawai tanggal 25 Oktober 2010, dengan parameter bidang sesarnya yang didapat dari Global CMT. Data bathimetri yang didapat dari GEBCO. Data ketinggian gelombang didapat dari ioc-sealevelmonitoring.org yang mencatat ketinggian gelombang pada saat tsunami Mentawai terjadi. Data yang digunakan adalah data ketinggian gelombang yang dicatat di stasiun sebagai berikut:

**Tabel 2.**  
Stasiun *tide gauge* yang digunakan.

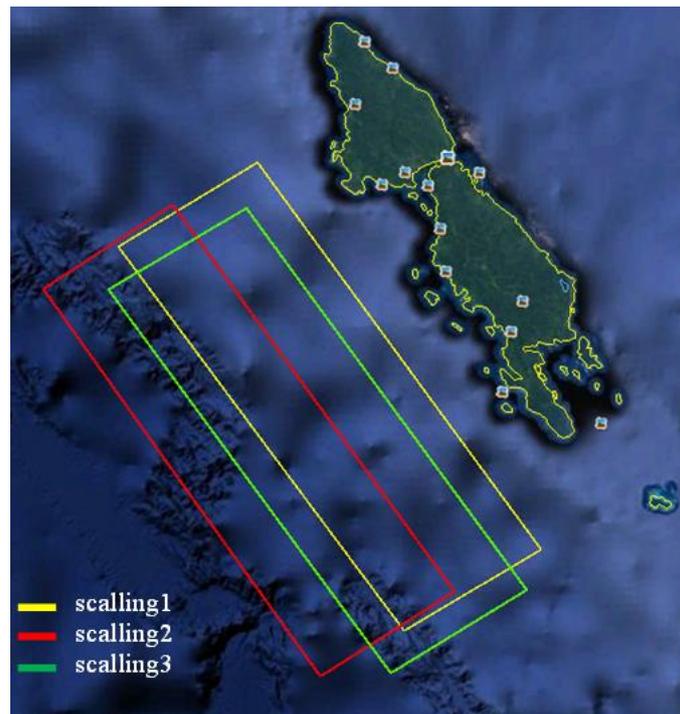
Kode	Negara	Lokasi	Koordinat	
			Lintang	Bujur
<b>Pada</b>	Indonesia	Padang	-0,95	100,36
<b>Telu</b>	Indonesia	Telukdalam	0,55	97,82
<b>Tnbl</b>	Indonesia	Tanahbala	-0,53	98,5

Peneliti melakukan pemodelan tsunami ini menggunakan software GMT, TUNAMI-N2 (*Tohoku University's Numerical Analysis Model for Investigation of Tsunami No.2*), dan mickosoft excel. Dalam penelitian yang dilakukan ini, rangkaian langkah yang dikerjakan yaitu diawali dengan menganalisa data seismisitas dan keadaan tektonik daerah penelitian. Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, maka dilakukan pemodelan gempabumi pembangkit tsunami. Pemodelan dilakukan dengan parameter yang diperoleh dari Global CMT, kemudian dimasukkan dalam perumusan *Scaling Law* untuk mendapatkan parameter luasan bidang patahan. Parameter yang didapat dijadikan input dalam pemodelan dengan bantuan software TUNAMI N-2. Output dari pemodelan nantinya didapatkan tinggi run-up tsunami dan inundasi, serta penjalaran gelombang tsunaminya.

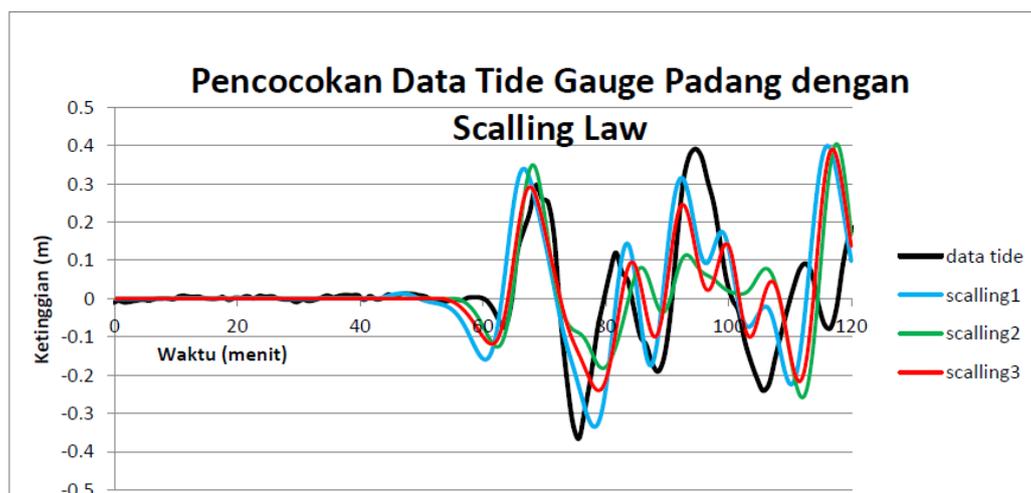
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil

Dalam penelitian menggunakan pemodelan TUNAMI-N2 menghasilkan data ketinggian gelombang. Luasan patahan yang dipakai sebagai inputan dalam pemodelan dengan panjang (L) 112 km dan lebar (W) 36 km. Slip yang dipakai dalam pemodelan ini bervariasi antara 35-40 m.



**Gambar 2.** Luasan sesar yang dipakai dalam *Scaling Law*



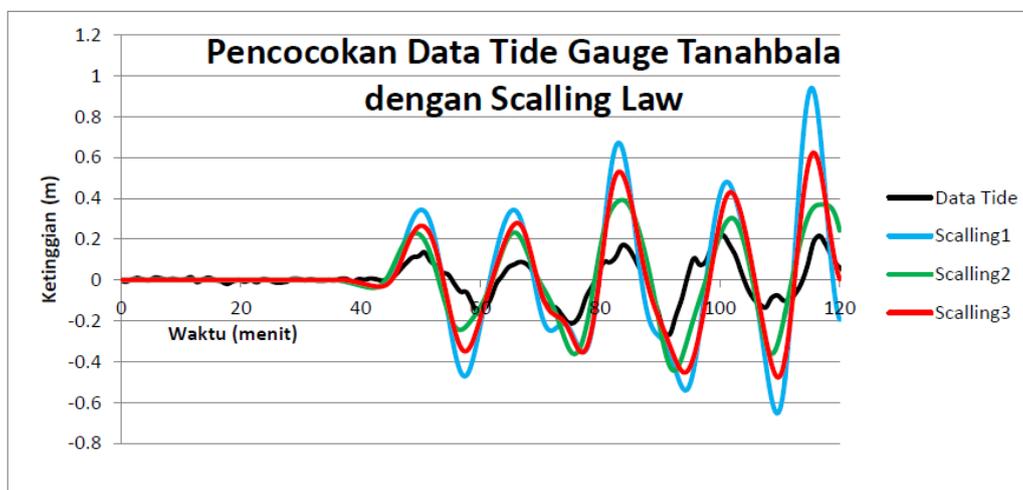
**Gambar 3.** *Fitting* grafik tide gauge Padang dengan hasil pemodelan

Gambar 3 merupakan *fitting* yang dilakukan antara hasil pemodelan *Scaling Law* dengan data observasi *tide gauge* Padang. Dari grafik *fitting tide gauge* padang nilai ketinggian mengalami perubahan mulai menit ke-61 pada sekitar menit ke-63 dengan gelombang turun

hingga  $-0.08$  m, kemudian ketinggian gelombang naik hingga  $0,3$  m pada menit ke-68. Dari hasil pemodelan pertama yaitu scalling1(garis biru) menunjukkan perubahan ketinggian air terjadi pada menit ke-52 dengan ketinggian hingga  $-0,15$  m, kemudian ketinggian air meningkat hingga  $0,33$  m pada menit ke-67. Pada pemodelan kedua, scalling2 (garis hijau) menunjukkan perubahan ketinggian air pada menit ke-56 dengan gelombang turun hingga  $-0,13$  m dan gelombang naik kembali hingga  $0,35$  m pada menit ke-68. Dari hasil pemodelan ketiga yaitu scalling3 (garis merah) menunjukkan perubahan ketinggian air pada menit ke-55, ketinggian awal gelombang mengalami penurunan hingga  $-0,11$  pada menit ke-62 dan meningkat hingga  $0,3$  di menit ke-68.

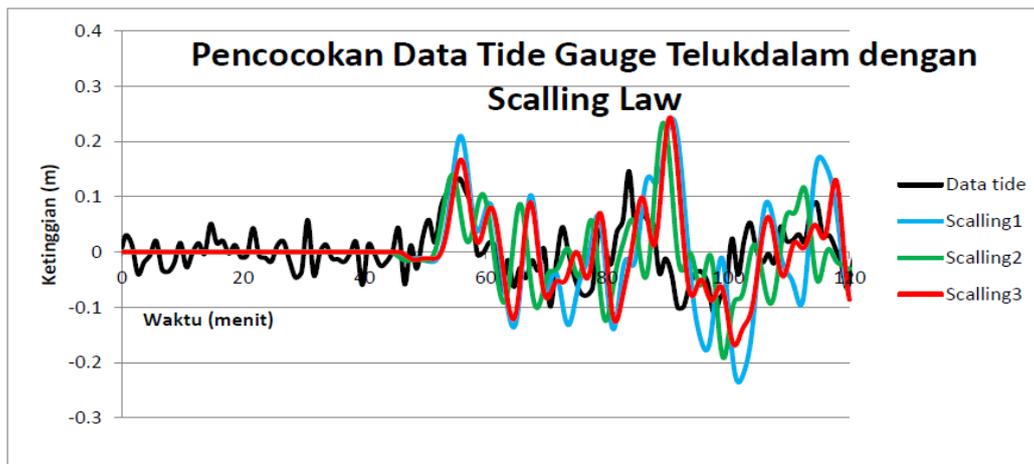
## B. PEMBAHASAN

Berdasarkan perhitungan nilai RMSE yang dilakukan dari ketiga pemodelan terhadap data observasi *tide gauge* Padang, dengan nilai RMSE antara  $0,1131-0,1256$ . Dari hasil pemodelan yang paling mendekati dengan data observasi *tide gauge* Padang adalah pemodelan scalling3 (garis merah) dengan nilai RMSE sebesar  $0,1131$  dan nilai korelasi sebesar  $0,4876$ .



**Gambar 4.** Fitting grafik *tide gauge* Tanahbala dengan hasil pemodelan

Gambar 4 diatas menampilkan hasil pemodelan dengan data *tide gauge* di Tanahbala. Perubahan ketinggian pada *tide gauge* terjadi mulai menit ke-45 dengan ketinggian gelombang awal mencapai sekitar  $0,14$  m pada menit ke-51 dan menurun hingga  $-0,16$  pada menit ke-60. Pada hasil pemodelan scalling1 ( garis biru ) menunjukkan perubahan ketinggian terjadi mulai menit ke-45 dengan ketinggian gelombang awal mencapai  $0,34$  m yang terjadi di menit ke-50, kemudian mengalami penurunan ketinggian gelombang mencapai  $-0,47$  yang terjadi di menit ke-57. Pada pemodelan scalling2 ( garis hijau ) ketinggian gelombang mengalami perubahan pada menit ke-45, ketinggian gelombang awal dalam pemodelan scalling2 mencapai  $0,23$  m pada menit ke-49 dan ketinggian gelombang berkurang mencapai  $-0,24$  yang terjadi pada menit ke-56. Dalam pemodelan yang ke tiga, scalling3 ( garis merah ) memberikan hasil pemodelan dengan perubahan ketinggian terjadi di menit ke-45. Perubahan ketinggian gelombang awal pada pemodelan scalling3 mencapai  $0,26$  m yang terjadi pada menit ke-50 dan mengalami penurunan gelombang pada hingga mencapai  $0,34$  m yang terjadi pada menit ke-57. Dari fitting hasil pemodelan tsunami dengan data observasi *tide gauge* Tanahbala (garis hitam) memberikan nilai RMSE antara  $0,2165-0,2916$ . Dari ketiga pemodelan yang mempunyai nilai RMSE terendah adalah pemodelan kedua, scalling2 (garis hijau) dengan nilai RMSEnya sebesar  $0,2165$  dan nilai korelasinya sebesar  $0,2140$ .



**Gambar 5.** *Fitting* grafik tide gauge Telukdalam dengan hasil pemodelan

Gambar 5 diatas merupakan *fitting* antara data *tide gauge* Telukdalam dengan hasil pemodelan tsunami. Pada data observasi *tide gauge* ( garis hitam ) menunjukkan perubahan ketinggian awal gelombang sebesar 0,133 yang terjadi pada menit ke-56. Hasil pemodelan pertama, *scalling1* ( garis biru ) menunjukkan perubahan ketinggian gelombang awal terjadi pada menit ke-52 hingga mencapai 0,21 yang terjadi pada menit ke -56. Pada pemodelan *scalling2* ( garis hijau ) perubahan ketinggian gelombang terjadi pada menit ke-51 dengan ketinggian gelombang awal mencapai 0,13 m yang terjadi pada menit ke-54. Hasil dari pemodelan *scalling3* ( garis merah ) ketinggian gelombang mengalami perubahan pada menit ke-52 dengan ketinggian gelombang awal mencapai 0,16 m yang terjadi di menit ke-56.

Dari perhitungan RMSE yang dilakukan antara hasil pemodelan tsunami dengan data observasi Telukdalam berkisar antara 0,0362-0,058. Berdasarkan nilai RMSE hasil perhitungan dari tiga pemodelan, nilai RMSE terendah ada pada pemodelan kedua *scalling2* ( garis hijau ) dengan nilai RMSE sebesar 0,0362 dan nilai korelasinya sebesar 0,5917.

Hasil *fitting* yang dilakukan dari ketiga pemodelan terhadap data *tide gauge* yang berada di Padang, Tanahbala dan Telukdalam menunjukkan bahwa pemodelan *scalling2* lebih mendekati dari pemodelan lainnya. Parameter yang digunakan dalam pemodelan *scalling2* dengan panjang patahan (L) 112 km, lebar (W) 36 km dan slip 35m. Adanya sedikit perbedaan hasil pada *fitting* data tide Padang dikarena posisi tide gauge padang yang berada dibelakang Kepulauan Mentawai, sehingga banyak pengaruh lokal yang terjadi seperti refraksi difraksi gelombang. Pemodelan dengan metode *Scalling Law* menggunakan hasil dari pemodelan *scalling2* yang merupakan hasil yang lebih baik dari pemodelan *Scalling Law* lainnya. Dari pemodelan yang dilakukan dengan luasan patahan dengan menggunakan *Scalling Law* 112 km x 36 km dengan slip yang dipakai sebesar 35 m.

## SIMPULAN

Dalam pemodelan tsunami dengan TUNAMI-N2 menggunakan perbedaan data sebagai inputan parameter untuk mendapatkan estimasi bidang patahan pada gempa 25 Oktober 2010, serta data topography dan bathymetri juga digunakan. Dari berbagai pemodelan yang dilakukan dengan menggunakan metode *Scalling Law* diperoleh yang mendekati dengan data tide gauge yaitu model *scalling2* dengan luasan 112 km x 36 km dengan slip yang dipakai dalam pemodelan yaitu 35m. Namun hasil ini belum dapat dijustifikasi langsung masih memerlukan perbandingan agar dapat hasil yang optimal.

**DAFTAR RUJUKAN**

- Pribadi, S., Afnimar, Puspito, N dan Ibrahim, G., 2013, Characteristic of Earthquake – Generated Tsunamis in Indonesia Based on Source Parameter Analysis, *J. Math, Fund, Sci* Vol.45 No.2.
- Satake, K., Nishimura, Y., Putra, P.S., Gusman. A.R, Sunendar, H., Fujii. Y., Tanioka. Y., Latief. H., dan Yulianto. E. 2012, Tsunami Source of the 2010 Mentawai, Indonesia Earthquake Inferred from Tsunami Field Survey and Waveform Modelling, *Pure Appl. Geophys.* 170 (2013), 1567–1582
- Budiarta, Tsunami Simulation of the 1994 Java Earthquake for Tsunami Hazard Assessment Along the Southern Coast Of East Java, Indonesia, International Institute Of Seismology And Earthquake Engineering (Iisee), Tsukuba, Japan.
- Well, Donald, L., and Coppersmith, Kevin, J. 1994, New Empirical Relationship Among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement, *Bulletin of the Seismologi Society of America*, Vol. 84, No. 4, pp. 974-1002.
- <http://geografi-geografi.blogspot.co.id>
- <http://www.globalcmt.org>
- <http://www.ioc-sealevelmonitoring.org/>
- <http://www.usgs.gov/>
- [inatews.bmkg.go.id](http://inatews.bmkg.go.id)