

PENENTUAN ARAH RUPTURE MENGGUNAKAN EVALUASI DURASI RUPTURE DI DAERAH SUMATRA

Moh. Hendri dan Madlazim
Jurusan Fisika FMIPA UNESA

hendfis78@gmail.com, madlazim@fmipa.unesa.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan penelitian dengan judul Penentuan arah *rupture* menggunakan evaluasi durasi *rupture* di daerah pulau Sumatra yang bertujuan untuk mengantisipasi daerah yang akan berpotensi gempa susulan guna mengurangi korban jiwa, dengan metode estimasi durasi *rupture* menggunakan software Joko Tingkir kemudian membandingkan dan mengambil hasil durasi *rupture* terkecil diantara masing-masing stasiun perekam sebagai praduga sementara. Dengan metode tersebut, didapatkan hasil beberapa arah *rupture* pada beberapa even gempa bumi, yang pertama, pada gempa 7.7 Mw memiliki arah *rupture* ke arah tenggara menuju stasiun WNAO (Australia) dengan durasi 30.46 s, pada gempa bumi 8.2 Mw memiliki arah *rupture* mendekati stasiun WUS (China) dengan durasi 137.8 s, dan , pada gempa bumi 8.1 Mw memiliki arah *rupture* ke selatan menenggara searah stasiun WNAO dengan durasi 104.65 s dimana setiap even gempa sudah ditunjukkan beserta gempa susulan masing-masing. Berdasarkan hasil evaluasi data durasi *rupture* didapatkan kesimpulan bahwa arah *rupture* bisa ditentukan dengan durasi *rupture* dan titik-titik episenter gempa bumi susulan akan banyak terjadi di daerah yang dilalui oleh arah patahan *rupture*.

Kata Kunci : Durasi *rupture*, arah *rupture*, Sumatra.

Abstract

The research titled determining the direction of rupture using the duration of the evaluation rupture in Sumatra island which purposes to anticipate areas that will potentially aftershocks to reduce fatalities, with estimate of rupture duration method using software Joko Tingkir then compare and retrieve results rupture duration of the smallest from the other one as a temporary presumption. With this method, showed several directions rupture in several earthquake events, the first at Mw 7.7 earthquake rupture direction to southeast direction toward the station WNAO (Australia) with a duration of 30.46 s, the earthquake 8.2 Mw earth has a rupture direction approaching the station WUS (China) with a duration of 137.8 s and the Mw 8.1 earthquake has a south-southeast direction to the direction of rupture WNAO station with a duration of 104.65 s, where in each seismic events has been demonstrated along with each aftershock. Based on the results of the evaluation of the data it was concluded that the duration of the rupture could rupture direction is determined by the duration of the rupture and dots epicenter of the earthquake aftershocks will be a lot happening in the area traversed by the direction of the fault rupture.

Keywords : rupture duration, the direction of rupture, Sumatra island

PENDAHULUAN

Gempa bumi susulan (*aftershock*) merupakan gempa bumi yang terjadi setelah gempa bumi utama (*mainshock*). Meskipun magnitude gempa susulan ini relatif lebih kecil dari gempa utama, namun gempa ini terkadang lebih berbahaya, hal ini karena gempa susulan diakibatkan patahan (*rupture*) yang terjadi di bawah tanah dengan energi yang terpusat pada sepanjang patahan sehingga dapat menimbulkan kerusakan yang lebih besar. (Pawirodikromo, 2012). Nandi (2007) mengatakan gempa bumi berhubungan dengan gaya-gaya tektonik yang telah berlangsung dalam proses pembentukan gunung-gunung, terjadinya patahan-patahan (*fault*), tarikan atau tekanan dari pergerakan lempeng-lempeng

batuan penyusun kerak bumi. Mengingat sumatra merupakan bagian pulau Indonesia yang sangat rawan terjadinya gempa bumi berskala besar karena terletaknya pada pergerakan lempeng aktif yaitu lempeng Eurasia dengan kecepatan 5,7 cm/tahun dan lempeng India dengan kecepatan 3,8 cm/tahun relatif terhadap Sunda (Chlieh, dkk, 2007). Inilah yang seharusnya diantisipasi sebagai langkah awal dan berkelanjutan untuk mengkaji potensi gempa bumi tektonik Sumatra. Sebagai bukti, tahun 2004 Indonesia dikejutkan dengan pergerakan lempeng Australia dan lempeng Eurasia yang mengakibatkan sesar Jawa-Sumatra, pergerakan yang sangat besar ini menyebabkan gempa bumi tektonik Aceh

dengan disusul oleh gelombang Tsunami yang memakan banyak korban jiwa.

Arah rambatan pecahnya batuan (fault rupturing direction) saat terjadi gempa yang dimulai dari fokus menuju arah tertentu. Pada penelitian terdahulu disampaikan bahwa magnitudo gempa akan dipengaruhi terhadap panjang rupture (Lomax, dan Michelini, 2011). Madlazim (2011:10) juga mengungkapkan bahwa terjadinya rupture gempa bumi disebabkan oleh energi yang dilepaskan sumber gempa bumi yang diilustrasikan sebagai momen seismik (*Mo*) yang mengakibatkan terbentuknya luasan dan rata-rata panjang slip dari rupture.

Gempa yang besar merupakan akibat dari patahan/rupture yang panjang dan lebar. Mengingat patahan/rupture yang terjadi dapat sangat panjang (dapat beberapa ratusan kilometer), maka hal tersebut akan berpengaruh terhadap pola rambatan energi gempa. Sedangkan energi gempa akan banyak merambat atau terfokus ke arah panjang patahan dan pada arah inilah kerusakan lebih banyak terjadi (Pawirodikromo, 2012:146). Pada penelitian Lomax dan Michellini telah menemukan hubungan antara panjang (*L*) dan durasi rupture (*T_{dur}*) yang bisa dinyatakan bahwa durasi rupture sebanding dengan panjang rupture. Madlazim (2011) juga telah menemukan dalam penelitiannya bahwa untuk mengestimasi durasi rupture bisa dilakukan dengan cara menganalisis seismogram-seismogram kelompok gelombang P yang dominan dari seismogram frekuensi tinggi pada gempa bumi yang diaplikasikan dalam software Joko Tingkir.

Dari data-data pencatatan gempa dan fakta keberadaan beberapa patahan yang beraktifitas, dapat disimpulkan bahwa di negara kita ini, terutama di daerah pantai barat Sumatra Utara yang merupakan daerah dengan potensi gempa yang cukup tinggi (Natawidjaja, 2007). Pada umumnya, gempa bumi yang berkekuatan besar khususnya magnitude di atas 7 skala momen (*M_w*) akan menimbulkan patahan/rupture di episenter yang cukup besar, serta longsor yang meluas dan sering terjadi gempa susulan yang sangat berbahaya akibat aktivitas *rupture*.

Namun dalam kenyataannya masih belum banyak lembaga-lembaga seismologi seperti BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika) yang memberikan informasi secara cepat tentang arah *rupture* diharapkan bisa mengantisipasi daerah yang mungkin akan terjadi gempa susulan untuk mengurangi korban jiwa masyarakat setempat.

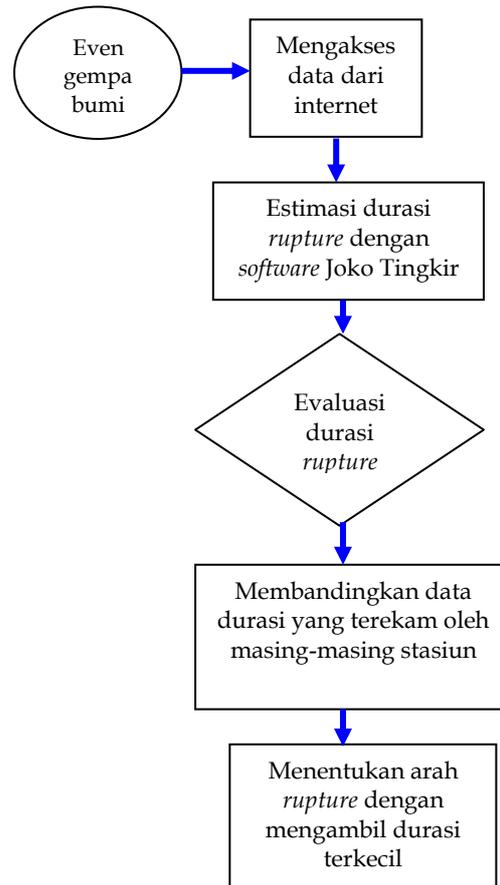
METODE

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium yang dianalisis menggunakan komputasi.

Data yang digunakan diakses dari internet. Dalam penelitian ini mengakses data dari IRIS: Wilber 3.

B. Rancangan Penelitian



Bagan 1

C. Lokasi atau Subjek

Pulau Sumatra utara bagian pantai barat yang sangat berpotensi terjadinya gempa besar karena terletak pada lempeng aktif yang merupakan daerah lintasan pertemuan lempeng Euroasia dan lempeng Australia di daerah itulah menurut data-data dan fakta keberadaan patahan yang beraktifitas,

Maka dari uraian diatas peneliti ingin meneliti tentang menentukan arah rupture dengan durasi rupture yang terjadi pada gempa berkekuatan tinggi (> 7,0 Mw) yang bertujuan untuk mengantisipasi daerah yang akan terjadi gempa susulan.

D. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data skunder yang diakses dari website (http://ds.iris.edu/wilber3/find_event). Pengambilan data hanya terbatas pada wilayah Sumatra dan dikategorikan gempa tektonik berskala besar (>7.0 Mw), dengan kedalaman sekitar 30 km pada tahun 2000 – 2014. Dengan data stasiun perekam dikataorkan data gempa teleseismik yang berjarak lebih dari 5° (500 km) karena tidak

dimungkinkan menemukan stasiun-stasiun yang tepat dalam jarak lebih dekat dengan episenter tersebut. Dalam pengumpulan data diambil 3 even gempa bumi sebagai sample percobaan yang terjadi pada tahun 2000-2014 pada pulau Sumatra dan sekitarnya. Dan sebaran stasiun-stasiun yang merekam gempa tersebut.



Gambar 1. Sebaran stasiun gempa bumi 2000-2014

E. Teknik Analisis Data

Setelah didapat data satu even gempa bumi (minimal empat stasiun perekam dalam posisi azimuth yang saling berhadapan atau berpasangan) yang telah diakses dari internet kemudian diestimasi menggunakan *software* SesGram2K60 dan Joko Tingkir yang telah ditemukan oleh Madlazim (2011) sebagai peneliti sebelumnya. Dimana perhitungan durasi *rupture* ini digunakan gelombang P dalam seismogram komponen vertikal (BHZ) Kemudian sinyal-sinyal tersebut difilter dengan menggunakan Butterworth 1-5 Hz untuk mendapatkan frekuensi tinggi (HF) pada masing - masing stasiun lalu mengkonversi seismogram HF tersebut menjadi velocity-squared envelopes untuk mendapatkan rms amplitudo setelah itu melakukan picking atas arrival time dari gelombang P secara otomatis pada seismogram HF tersebut kemudian mengukur delay waktu setelah kedatangan gelombang P untuk 90% ($T^{0,9}$), 80% ($T^{0,8}$), 50% ($T^{0,5}$) dan 20% ($T^{0,2}$) dari nilai puncaknya; dan menghitung durasi *rupture* pada setiap stasiun tersebut dengan menggunakan persamaan:

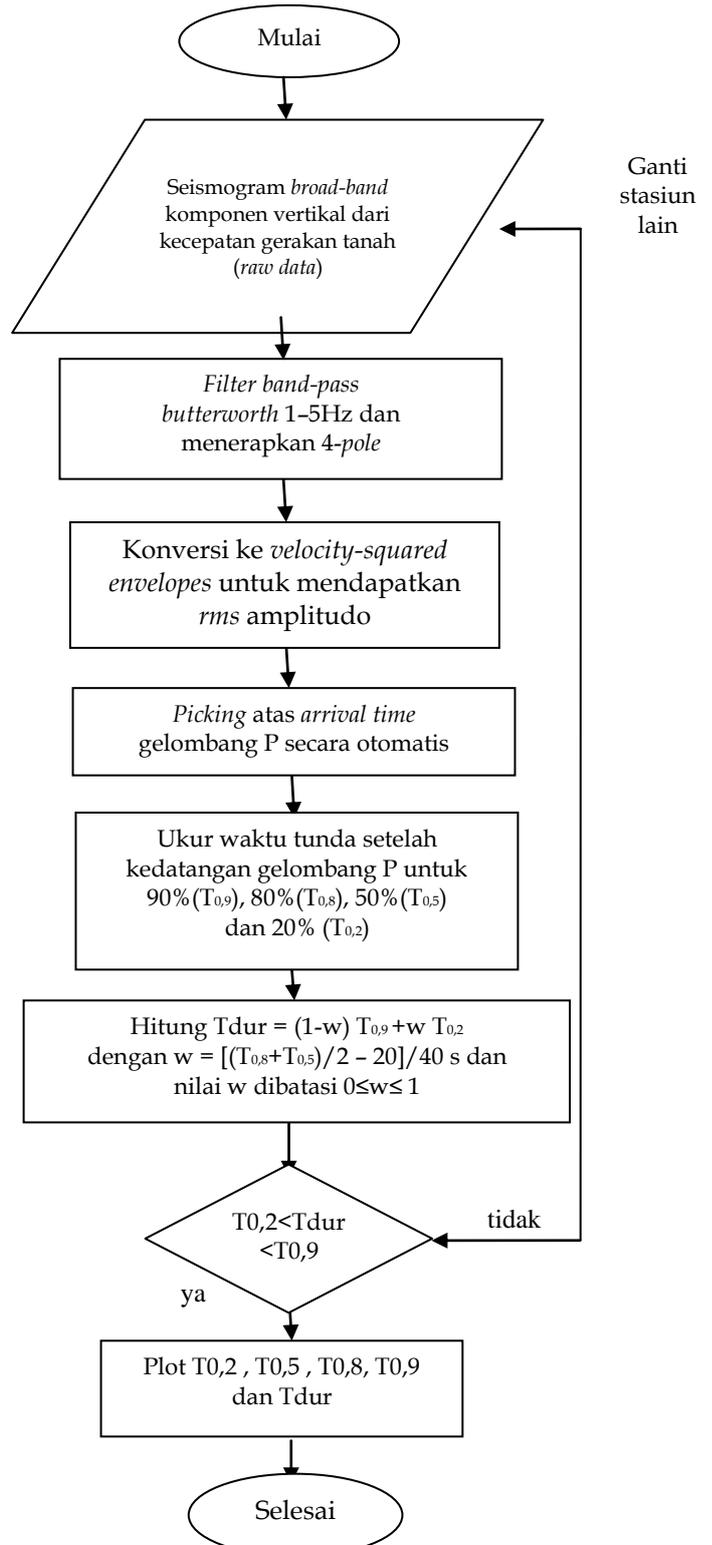
$$T_{dur} = (1-w) T_{0,9} + w T_{0,2}$$

dengan:

$$w = [(T_{0,8} + T_{0,5}) / 2 - 20] / 40 \text{ s dan nilai } w \text{ dibatasi } 0 \leq w \leq 1$$

(Madlazim, 2011:12)

Flowchart Software Joko Tingkir



Bagan 2

Setelah didapatkan durasi *rupture* pada setiap stasiun maka kemudian membandingkan antara durasi *rupture* yang terekam oleh sepasang stasiun tersebut untuk menentukan arah *rupture* dengan mengambil hasil

perbandingan durasi rupture terkecil (stasiun dengan durasi paling singkat).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perhitungan pada data yang diakses dari internet dengan menggunakan *software* SeismGram2K60 dan Joko Tingkir, maka diperoleh data uotput sebagai berikut :

Tabel 1. 2000-06-04 Mw 7.7 (7,9 SR) Southern Sumatera, Indonesia

| No | Nama stasiun | Jarak (°) | Azimuth (°) | Tdur (s) |
|----|--------------|-----------|-------------|----------|
| 1 | GUMO | 46.16 | 66.08 | 130.5 |
| 2 | RER | 47.90 | -114.47 | 184.7 |
| 3 | LSA | 35.89 | -16.41 | 72.80 |
| 4 | NWAO | 31.56 | 155.31 | 30.46 |

Data gempabumi di Sumatra pada 04 Juni 2001 dengan kekuatan 7.7 Mw di yang terjadi di Barat Daya Bengkulu atau tepatnya di laut dengan kedalaman 52, km menunjukkan arah rupture ke arah Tenggara (TG kompas) dari posisi episenter yang ditunjukkan pada tabel

perbandingan di atas dengan durasi terkecil pada stasiun NWAO dengan durasi 30.46 detik yang terletak di Narrogin, Australia. Iris Wilber 3 menunjukkan adanya gempa susulan kecil di beberapa titik seperti pada gambar .2 berikut :



Gambar 2. Pemetaan stasiun dan sebaran episenter gempa bumi sumatra , 04, Juni 2000

Tabel 2. 2004-12-26 MW8.2 Off W Coast Of Northern Sumatera

| No | Nama stasiun | Jarak (°) | Azimuth (°) | Tdur (s) |
|----|--------------|-----------|-------------|----------|
| 1 | PATS | 62.22 | 84.07 | 166.1 |
| 2 | KMBO | 58.80 | -93.39 | 200.0 |
| 3 | WUS | 40.65 | -19.36 | 137.8 |
| 4 | BLDU | 39.40 | 151.2 | 200.0 |

Gempa Bumi Sumatra Andaman yang terjadi pada hari minggu 26 Desember 2004 dengan kekuatan 8.2 Mw dengan kedalaman 26.1 km menewaskan lebih dari 230.000 orang di 14 negara dan menenggelamkan banyak permukiman tepi pantai ini memiliki arah rupture menuju

arah Utara Barat Laut (UBL kompas) mendekati stasiun WUS Wushi Xinjiang Uygur, China dengan durasi sebesar 137.8 detik. Seperti gambar.3 yang berhasil terekam oleh situs wilber 3 berikut :



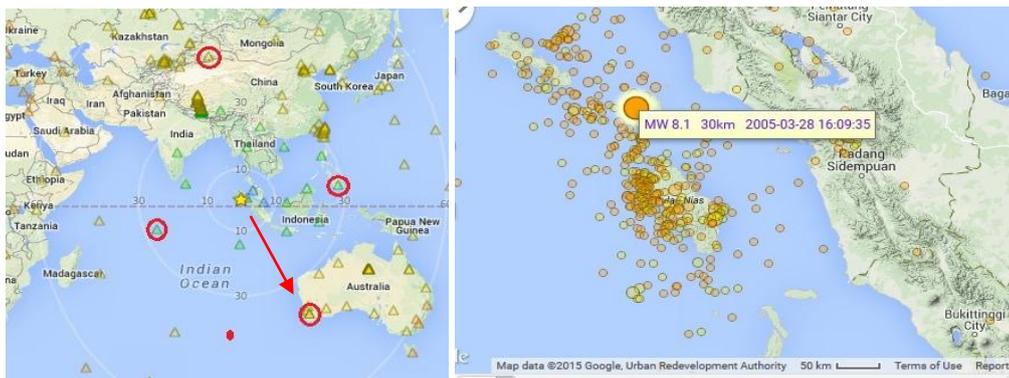
Gambar. 3 Pemetaan stasiun dan sebaran episenter gempa bumi sumatra , 26,Desember 2014

Tabel. 3. 2005-03-28 MW8.1 Northern Sumatera, Indonesia

| No | Nama stasiun | Jarak (°) | Azimuth (°) | Tdur (s) |
|----|--------------|-----------|-------------|----------|
| 1 | DAV | 28.80 | 79.10 | 130.15 |
| 2 | DGAR | 26.38 | -111.3 | 151.15 |
| 3 | WMQ | 42.55 | -10.05 | 152.15 |
| 4 | WNAO | 39.85 | 153.2 | 104.65 |

Terlihat pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa arah rupture gempa bumi 8.1 Mw yang terjadi di kedalaman 30 km pada 28 maret 2005 menuju pada selatan menenggara (SM kompas) dengan durasi terkecil terekam pada stasiun WNAO sebesar 104. 65 detik yang terletak di kawasan

Australia. Dan terlihat jelas yang digambarkan oleh situs Wilber 3 (situs data gempa online) gempa-gempa susulan kecil yang berhasil tercatat mengarah pada selatan tenggara seperti yang diperlihatkan oleh gambar.3 berikut :



Gambar. 3 Pemetaan stasiun dan sebaran episenter gempa bumi sumatra , 04, Juni 2000

Seiring ditemukannya software Joko Tingkir yang dapat digunakan untuk mengestimasi durasi rupture oleh peneliti sebelumnya, maka terdapat kaitan yang sangat penting antara durasi rupture dengan pembahasan arah rupture. Dimana arah rupture akan menuju pada titik tertentu dengan durasi terkecil atau paling singkat. Pada dasar teori gelombang dan efek Doppler sebelumnya menjelaskan bahwa durasi rupture berbanding terbalik dengan kecepatannya, selain itu ditinjau dari beberapa sudut pengamat kerapatan frekuensi pada arah yang dituju oleh rupture (forward directivity) lebih besar dari pada frekuensi yang dijauhi oleh rupture (backward directivity). Dalam pembahasan arah ruptur, Para ilmuan seismologi juga mengungkapkan bahawa pada saat terjadinya gempa bumi rambatan energi akan terfokus pada arah sepanjang patahan yang disebut dengan arah ruptur. Dengan demikian durasi ruptur yang terekam oleh beberapa stasiun terpilih bisa memberikan hasil yang berbeda dalam satu even gempa, hal ini dikarenakan pola aktivitas ruptur yang diinformasikan oleh gelombang P juga berbeda saat terekam pada masing–masing stasiun yang kemudian digambarkan terhadap durasi ruptur. Maka akan didapatkan perkiraan tempat terjadinya gempa susulan dengan menentuka arah atau tempat yang dilewati oleh patahan ruptur. Dengan demikian penelitian ini

dapat dimanfaatkan untuk mengantisipasi gempa susulan guna mengurangi korban jiwa di wilayah pulau Sumatra. Setelah dilakukan analisis dan evaluasi pada data gempa bumi di pulau Sumatra pada tahun 2000 - 2014 didapatkan hasil beberapa prediksi arah ruptur beserta gempa–gempa susulan.

PENUTUP
Kesimpulan

Untuk menentukan arah *rupture* bisa dicari dengan membandingkan evaluasi durasi *rupture* pada setiap stasiun yang telah diestimasi oleh *software* joko Tingkir, karena arah patahan *ruptur* akan menuju pada stasiun yang merekam durasi *rupture* paling singkat (terkecil). Dan Titik – titik episenter gempa bumi susulan banyak terjadi di daerah yang dilalui oleh arah patahan *rupture*.

Saran

- Diharapkan pada saat pengambilan posisi stasiun yang berpasangan saling berhadapan dalam sudut azimuth yang berlawanan arah.
- Pada pengambilan posisi pasangan staiun dipilih dengan jarak yang hampir sama terhadap episenter antara satu stasiun dengan yang lainnya.
- Dalam menyimpulkan arah *rupture* diharapkan mampu membandingkan secara tepat dan benar pada

masing – masing durasi yang terekam oleh setiap stasiun.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada IRIS Wilber 3 telah menyediakan data gempa bumi, Madlazim yang telah meminjamkan penemuan *software* Joko Tingkir untuk mengestimasi Durasi *Rupture*, Anthony Lomax atas *software* SeisGram2K60 dan para peneliti sebelumnya yang telah memberi referensi tentang *rupture*.

DAFTAR PUSTAKA

Chlieh, Mohamed; Avouac, Jean Philippe; Hjorleifsdottir, Vala; Song, Teh-Ru Alex. (2007). Coseismic Slip and Afterslip of the Great Mw 9.15 Sumatra–Andaman Earthquake of 2004. *Bulletin of the Seismological Society of America*, , 3.

Lomax, Anthony; Michelini, Alberto. (2011). Tsunami Early Warning Using Earthquake Rupture Duration and P-Wave Dominant Period: The Importance of Length and Depth of Faulting. *Geophysical Journal International* vol. 185 , 286-291.

Madlazim. (2011). Estimasi Durasi, Arah dan Panjang Rupture serta Lokasi-lokasi Gempa Susulan Menggunakan Perhitungan Cepat. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)* vol. 1 no. 2 , 3.

Madlazim. (2014). Panduan Praktis Pengukuran Durasi Rupture Gelombang Primer Secara Manual Menggunakan Software SeisGram2K. *Pusat Studi Sain Kebumihan* , 1-6.

Nandi. (2006). *Handouts Geologi Lingkungan: Gempa Bumi*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.

Natawidjaja, D. H. (2007). Interseismic deformation above the Sunda Megathrust recorded in coral microatolls of the Mentawai islands, West Sumatra. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 112 , 26.

Pawirodikromo, W. (2012). *Sesismologi teknik & Kegempaan*. Dalam W. Pawirodikromo, *Sesismologi teknik & Kegempaan* (hal. 102-103). Yogyakarta: Pustaka Pelajar.