

# ANALISIS REKAHAN GEMPA BUMI DAN GEMPA BUMI SUSULAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE OMORI

A. Wirma Sari R, Jasruddin, Nasrul Ihsan

Universitas Negeri Makassar. Jl. Dg. Tata Raya Jurusan Fisika Kampus UNM Parang Tambung

<sup>1</sup>email:wirmaazzahra@gmail.com

**Abstract: Analysis of Fracture Earthquakes and Earthquake Supplementary Using Omori Method.** *It has been conducted research on fracture analysis of aftershocks and the relationship between the law Omori and aftershock in the northeastern city of Soroako dated February 15, 2011. From the data as much as 190 aftershocks incident, obtained fracture longest aftershock of 1.722 km with seismic energy  $1.6737 \times 10^{15}$  J and the speed of earthquake fissures 79.629 m/s while the shortest fracture energy of 0.331 to  $1.45 \times 10^{13}$  J quake and speed earthquake fracture 1.327 m/s. The end time of analysis or prediction of aftershocks obtained by the method of Omori in 20 days. So on the 20th day of the quake, aftershocks will end with a frequency of earthquakes only once a day.*

**Analisis Rekahan Gempa bumi dan Gempa bumi Susulan dengan Menggunakan Metode Omori.** *Telah di lakukan penelitian analisis rekahan gempa susulan dan hubungan antara gempa susulan dengan Hukum Omori di wilayah timur laut kota Soroako tanggal 15 Februari 2011. Dari data gempa susulan sebanyak 190 kejadian, di peroleh rekahan terpanjang gempa susulan sebesar 1,722 km dengan energi gempa  $1,6737 \times 10^{15}$  J dan kecepatan rekahan gempa 79,629 m/s sedangkan rekahan terpendek sebesar 0,331 dengan dengan energi gempa  $1,45 \times 10^{13}$  J dan kecepatan rekahan gempa 1,327 m/s. Analisis atau prediksi Waktu berakhirnya gempa susulan dengan metode Omori di peroleh 20 hari. Jadi pada hari ke 20 dari gempa utama, gempa susulan akan berakhir dengan frekuensi gempa hanya satu kali dalam satu hari.*

**Kata kunci :** gempa susulan, hukum omori, rekahan gempa

Indonesia merupakan Negara kepulauan yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik aktif dunia yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Pasifik yang bergerak satu sama lainnya. Kondisi ini menjadikan Indonesia sebagai daerah tektonik aktif dengan tingkat seismisitas atau kegempaan yang tinggi. Lokasi tektonik aktif di Indonesia secara sepintas sudah dapat dipastikan berada diperbatasan lempeng tektonik. Namun efeknya bisa dirasakan pada jarak tertentu tergantung pada peluruhan energi dan geologi setempat.

Gempa bumi merupakan peristiwa pelepasan sejumlah energi pada batuan kerak bumi. Salah satu energi tersebut adalah energi gelombang yang disebut dengan gelombang seismik. Gelombang ini dipancarkan dari sumbernya dan menjalar kesegala arah, sehingga dapat dideteksi oleh sensor seismik. (Gunawan, 2005).

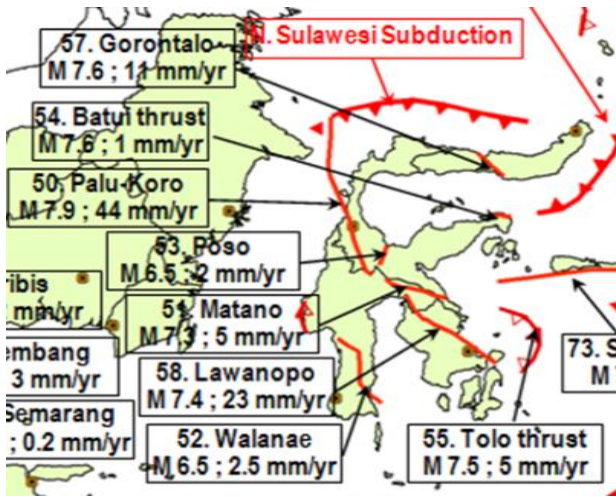
Akibat dari gempa bumi menimbulkan rekahan dan gempa susulan, dan juga tentu saja merugikan dan mengakibatkan kerusakan seperti kerusakan pada bangunan-bangunan disamping efek sekunder lain seperti tanah longsor, tsunami dan peristiwa *liquifaction* yang ditandai oleh adanya permukaan tanah yang terbelah dan disertai oleh keluarnya lumpur.

Gempa susulan adalah gempa bumi yang terjadi di wilayah yang sama dengan gempa utama tetapi memiliki magnitudo yang lebih kecil dan muncul dengan pola yang mengikuti Hukum Omori. Sejak tahun 1894, pakar seismologi Jepang, Fusakichi Omori sudah mengamati adanya pola teratur penyebaran gempa susulan secara global. Perhitungan matematik dari pola penyebaran seismik ini kemudian disebut Hukum Omori. Berdasarkan Hukum Omori.

Berdasarkan dari uraian di atas, maka perlu diadakan penelitian untuk mengetahui seberapa besar panjang rekahan secara empiris yang terjadi di daerah sekitar gempa dan kapan waktu berakhirnya gempa susulan dengan metode omori di daerah Soroako karena daerah tersebut terletak di selatan danau Matano Soroako yang dilalui oleh Sesar Matano di sebelah utara, sesar Palukoro di sebelah barat serta sesar Lawanopo di sebelah selatan, sementara itu ada pula tumbukan oleh tolo thrust di sebelah timur yang menyebabkan depresi sesar Matano. Sehingga menjadikan daerah Soroako rawan gempa bumi. Soroako merupakan suatu desa yang berada di kecamatan Nuha Kabupaten Luwu timur yang merupakan satu kabupaten Luwu timur yang merupakan satu kabupaten baru di propinsi

Sulawesi selatan hasil pemekaran darikabupaten Luwu utara. Daerah Soroako menjadi ramai dan dikenal dunia Internasional karena keberadaan PT.INCO, perusahaan tambang nikel ternama di dunia.

Soroako menjadi daerah rawan gempa bumi karena dilalui sesar Matano di Sebelah utara, sesar Palukoro di sebelah barat serta sesar Lawanopo di sebelah selatan. Sementara itu ada pula tumbukan oleh tolo thrust di sebelah timur yang menyebabkan depresi sesar Matano.



Sumber : BMKG Wilayah IV Makassar

**Gambar 1.** Penyebab pergerakan sesar Matano

Matano merupakan sebuah danau tektonik purba yang terbentuk dari aktifitas pergerakan lempeng kerak bumi, posisi danau ini tepat berada di atas zona patahan/sesar aktif yang disebut patahan Matano.(Ahmad,1977).

Beberapa ahli geologi struktur secara umum mengartikan struktur sesar/rekahan sebagai bidang rekahan yang disertai oleh adanya pergeseran. Beberapa definisi yang lengkap dari sebagian ahli geologi yaitu Park (1983) yang mengemukakan bahwa sesar/rekahan adalah suatu bidang pecah (fracture) yang memotong suatu tubuh batuan dengan disertai oleh adanya pergeseran yang sejajar dengan bidang pecahnya.

Gempa bumi merupakan fenomena yang disebabkan oleh terlepasnya energi secara tiba-tiba yang menghasilkan radiasi gelombang seismik. Gempa bumi tektonik disebabkan oleh pergeseran lempeng plat tektonik, gempa ini terjadi karena besarnya tenaga yang dihasilkan akibat adanya tekanan antar lempeng batuan dalam perut bumi.

Gempa bumi susulan adalah gempa bumi yang timbul setelah terjadinya gempa bumi utama. Hal ini disebabkan saat gempa bumi utama, energi yang dikeluarkannya belum

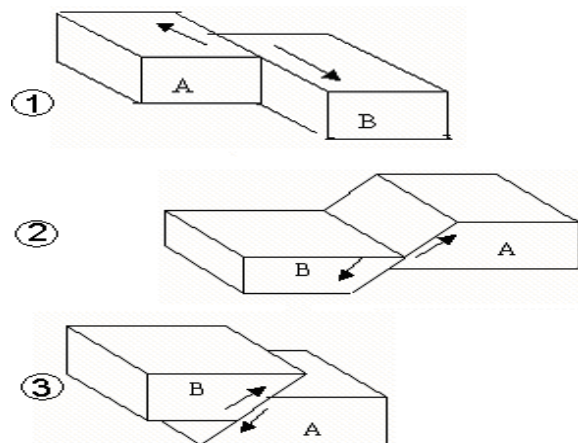
semuanya dilepaskan, sehingga pelepasan energi yang tersisa inilah gempa bumi susulan. Gempa susulan *Mogi* mempunyai tipe-tipe sebagai berikut:

1. Tipe pertama yaitu terjadi gempa bumi utama tanpa gempa pendahuluan, tetapi selalu diikuti oleh gempa bumi susulan, yang terbanyak ini adalah gempa bumi tektonik.
2. Tipe kedua secara prinsip gempa bumi bahwa gempa bumi pendahuluan terjadi
3. Tipe ketiga gempa bumi swarm dimana jumlah dan besarnya gempa bumi tersebut lambat laun akan bertambah sesuai dengan waktu dan berkurang sesudah beberapa lama.

Karena banyak sekali tegangan sisa yang umumnya tertinggal di dalam dan disekitar daerah patahan tersebut dan juga tegangan konsentrasi yang tinggi disekitarnya maka akan terjadi bentukan retak-retakan dan patahan-patahan. Ada beberapa bentuk patahan-patahan diantaranya:

1. Gerakan sejajar jurus sesar, disebut sesar mendatar atau *strike slip fault*. *Stress* yang terbesar adalah *stress* horisontal dan *stress* vertikal kecil sekali.
2. Sesar relatif ke bawah terhadap blok dasar, disebut sesar turun / sesar normal atau *gravity fault*.
3. Gerakan relatif ke atas terhadap blok dasar, disebut sesar naik atau *thrust fault / reverse fault*.

Untuk lebih jelasnya bisa di lihat pada peta yang ada pada gambar 2 berikut:



**Gambar 2.** Gerakan dasar dari sesar: sesar mendatar, sesar turun, dan sesar naik.

Konstanta b dalam hubungan magnitudo frekuensi dari gempa bumi susulan lebih besar dari pada gempa bumi lainnya, kecuali gempa bumi pendahuluan.

Bagian yang terpenting dari fenomena gempa bumi susulan yaitu distribusi waktu. Menurut Omori bahwa hal ini menunjukkan tingkat aktifitas gempa susulan dalam hubungan antara frekuensi gempa bumi terhadap waktu, yaitu:

$$n(t) = \frac{a}{t+b} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- n(t) = frekuensi dari gempa bumi susulan pada selang waktu tertentu (t).
- t = waktu sesudah gempa utama terjadi.
- a dan b = konstanta yang bergantung pada geologi daerah yang diteliti.

Untuk mengetahui hubungan antara frekuensi dan waktu, harus diketahui koefisien korelasinya, dalam hal ini formula untuk koefisien sampel (r) adalah sebagai berikut:

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(n(\sum X^2) - (\sum X)^2)(n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2)}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana  $-1 \leq r \leq 1$ .

Keterangan :

- r = koefisien korelasi antara frekuensi dan waktu.
- x = banyaknya hari dalam perekaman data gempa.
- y = banyaknya gempa susulan yang terjadi dalam satu hari.
- n = jumlah data keseluruhan.

**Pembagian distribusi gempa susulan**

Omori mengatakan bahwa gempa susulan pada 1891 di Nobi dan dua gempa lain di Jepang yang merusak di rumuskan sebagai berikut:

$$n(t) = \frac{k}{t + c} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- k dan c= parameter ofset waktu.
- t = waktu setelah gempa utama.
- n(t) = jumlah gempa susulan n yang di ukur dalam selang waktu t.

**Perekaman Data Gempa bumi Susulan**

Rekaman gempa bumi global yang moderen dan berisi informasi yang terperinci tentang berkurangnya peristiwa gempa bumi-gempa bumi yang besar sudah ada sejak 1977. Dari antara katalog-katalog global, dataset yang paling akurat dan lengkap yang perlu dipahami yaitu data dari hasil rekaman Harvard.

Gempa susulan digambarkan oleh urutan-urutan gempa susulan secara sederhana, semua kejadian yang terjadi di dalam suatu fase ruang-waktu dari suatu gempa utama (Trunbarger, 2005).

**Energi, Panjang Rekahan Dan Kecepatan Rekahan**

Hubungan antara magnitudo dengan jumlah energi yang dipancarkan adalah:

$$\text{Log}E=12.24+1.44M_s \dots\dots\dots(4)$$

Untuk magnitudo yang lebih besar digunakan rumus :

$$m=2,5+0,63M_s \dots\dots\dots(5)$$

Kita juga dapat mengetahui seberapa jauh panjang patahan yang ditimbulkan oleh suatu gempa, juga kecepatan penjalaran rekahan (rupture) dari suatu patahan.

Persamaan panjang rekahan adalah sebagai berikut:

$$\text{Log}L_m= 3,2 + 0,5 M_s \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

- $L_m$  = panjang patahan (cm)
- $M_s$  = magnitudo surface
- m = magnitudo

Benioff, Press dan Smith, Bath merupakan para ahli seismologi yang telah mengamati hubungan tersebut, sehingga hubungan antara magnitudo dengan kecepatan rupture secara empiris dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Log}(L_m/V_r)=0,5m1,9 \dots\dots\dots(7)$$

Dimana  $V_r$  adalah kecepatan penjalaran rekahan (m/dtk).

**METODE**

Wilayah yang menjadi fokus penelitian ini adalah beberapa wilayah gempa bumi yang terjadi di arah timur laut kota Soroako yang terjadi pada tanggal 15 Februari 2011. Kekuatan gempa bumi pada waktu tersebut adalah sebesar 6.1 SR yang berada pada

kedalaman  $\pm 21$  km. Epicenter gempa bumi berada pada koordinat 2.45LS-121.49BT.

Data yang digunakan dalam analisis rekahan gempa bumi dan gempa susulan, didasarkan pada rekaman data gempa bumi dari BMKG wilayah IV Makassar. Data ini berupa data sekunder yang terdiri atas tanggal kejadian gempa, lintang dan bujur lokasi gempa, kedalaman gempa dan magnitudo gempa.

Data-data ini akan diolah dengan menggunakan program Microsoft. Secara terinci, langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut.

#### 1. Menghitung Panjang Patahan dan Kecepatan Rekahan Gempabumi

- a. Menghitung magnitudo surface gempabumi, dengan memasukkan nilai magnitudo gempa bumi yang terjadi di laut Sulawesi ke dalam persamaan ( $M = 2,5 + 0,63Ms$ ) Untuk mendapatkan nilai magnitudo surface gempa .
- b. Setelah itu dimasukkan ke dalam persamaan ( $\text{Log } L_m = 3,2+0,5Ms$ ) Untuk mendapatkan nilai panjang rekahan gempa bumi di laut sulawesi.

c. Selanjutnya nilai panjang rekahan gempa yang di dapat dimasukkan kedalam persamaan ( $\text{Log } (L_m/V_r) = 0,5M-1,9$ ) untuk mendapatkan nilai kecepatan rekahan gempa bumi dilaut sulawesi.

2. Menentukan Waktu Berakhirnya Gempa Susulan di laut Sulawesi dengan metode Omori yang dihitung dengan menggunakan Microsoft Excell, kemudian diolah untuk mencari nilai konstanta a dan b. Nilai-nilai yang diperoleh dimasukkan ke dalam persamaan (1) untuk memperoleh waktu berakhirnya gempa susulan di Laut Sulawesi.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis data gempa bumi yang terjadi pada tanggal 15 Februari 2011 di arah timur laut kota soroako dengan kekuatan 6.1 SR berada pada kedalaman  $\pm 21$  km yang berada pada koordinat 2.45 LS – 121.49 BT, yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika wilayah IV Makassar.

Hasil pengolahan data gempa bumi susulan yang terjadi pada tanggal 15 Februari 2011 disajikan dalam tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Hasil pengolahan data gempa bumi susulan yang terjadi pada tanggal 15 Februari 2011

No	Magnitudo (SR)	Energi Gempa bumi (J)	Kecepatan Gempa (m/dtk)	Panjang (km)
Gempa utama	6,1	$3,088 \times 10^{20}$	8354,72	116,01
1	3,4	$2,031 \times 10^{14}$	312,76	0,82
2	3,4	$2,031 \times 10^{14}$	312,76	0,82
3	3,2	$7,07 \times 10^{13}$	15,041	0,57
4	3,1	$4,17 \times 10^{13}$	6,557	0,47
5	3	$2,46 \times 10^{13}$	3,467	0,39
6	3,3	$1,199 \times 10^{14}$	53,294	0,68
7	3,8	$1,6737 \times 10^{15}$	79,629	1,722
8	2,9	$1,45 \times 10^{13}$	1,327	0,33
9	3,2	$7,07 \times 10^{13}$	15,041	0,57
10	3,5	$3,441 \times 10^{14}$	4,583	0,99
11	3,6	$5,831 \times 10^{14}$	5,509	0,119
12	3,3	$1,199 \times 10^{14}$	3,148	0,68
13	3,1	$4,17 \times 10^{13}$	2,175	0,47

**Tabel 2.** Tabel omori untuk hasil pengolahan data gempa bumi pada tanggal 15 Februari 2011

No	hari (x)	Frekuensi (y)	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	Xy
1	1	47	1	2209	47
2	2	27	4	729	54
3	3	20	9	400	60
4	4	24	16	576	96
5	5	11	25	121	55
6	6	7	36	49	42
7	7	4	49	16	28
8	8	17	64	289	136
9	9	12	81	144	108
10	10	5	100	25	50
11	11	4	121	16	44
12	12	6	144	36	72
13	13	6	169	36	78
JUMLAH	91	190	819	4646	870

Dari hasil perhitungan koefisien-koefisien a dan b diperoleh bahwa nilai a dan b secara berturut-turut adalah 32,30 dan -2,527. Untuk memprediksi waktu berakhirnya gempa susulan maka nilai-nilai a dan b yang telah diperoleh dimasukkan ke dalam rumus omori:

$$Y = a + bx$$

$$\frac{1}{n(t)} = \frac{c}{k} + \frac{1}{k}t$$

Rumus omori setelah dimodifikasi dengan persamaan regresi linier hasilnya akan menjadi:

$$\text{Omori } n(t) = \frac{a}{t+b}$$

Dimana:

- n(t) = frekuensi dari Gempabumi susulan pada selang Waktu tertentu.
- t = Waktu akhir gempa susulan sesudah Gempa bumi utama terjadi.
- a dan b = konstanta yang bergantung pada daerah dimana terjadi Gempa bumi dan tergantung dari sifat batuan setempat.

Peluruhan  $n(t) = \frac{a}{t+b}$

$$1 = \frac{19,952}{t-0,402}$$

$$t - 0,402 = 19,952$$

$$t = 20,354$$

$$t = 20 \text{ hari}$$

**Diskusi**

Dari hasil pengolahan data gempa bumi dengan perhitungan rumus empiris pada tabel-1, diperoleh hasil energi gempa bumi pada gempa utama sebesar  $3,088 \times 10^{20}$  J dan kecepatan gempa bumi 8354,72 m/detik dengan panjang rekahan 116,01 km. Pada gempa susulan hari pertama sampai hari keenam energi gempa bumi dan kecepatan gempa serta panjang rekahan tidak besar tetapi pada hari ketujuh meningkat dengan energi gempa sebesar  $1,6737 \times 10^{15}$  dan kecepatan gempa 79,629 m/detik dengan panjang rekahan 1,722 km. Secara umum peningkatan dan penurunan energi gempa, kecepatan rekahan gempa dan

panjang rekahan sebuah gempa, dipengaruhi oleh besar magnitudo gempa yang terjadi, keras dan lembeknya tanah dan juga derajat kekerasan batuan yang ada di lokasi gempa dan jalur-jalur yang dilalui oleh gelombang gempa susulan (jarak dari gempa utama).

Pada tabel-2 ditunjukkan tabel omori hasil pengolahan data gempa susulan dimana pada hari pertama frekuensi gempa mencapai 47 gempa susulan yang terjadi. Sedangkan pada hari-hari berikutnya gempa susulannya yang datang mulai berkurang. Untuk menghitung waktu berakhirnya gempa susulan digunakan metode omori sehingga diperoleh waktu berakhirnya gempa susulan adalah 20 hari setelah terjadi gempa bumi utama dengan frekuensi gempa susulan hanya 1 kali. Tanda negatif pada nilai  $b$  menandakan bahwa proses rekahan terjadi setelah gempa bumi utama dan disebabkan oleh karena geologi setempat.

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil perhitungan analisis rekahan gempa bumi susulan menunjukkan bahwa secara umum gempa bumi susulan cukup berpengaruh. Pengolahan data gempa dengan magnitudo rata-rata gempa bumi dari 190 kejadian sekitar 2,9- 3,8 didapatkan hasil panjang rekahan terpanjang sebesar 1,722 km dengan energi gempa sebesar  $1,6737 \times 10^{15}$  J dan kecepatan rekahan 79,629 m/detik. Sedangkan rekahan terpendek sebesar 0,331 km dengan energi gempa  $1,45 \times 10^{13}$  J dan kecepatan rekahannya sekitar 1,327 m/detik.
2. Hasil perhitungan waktu berakhirnya gempa bumi susulan bila  $n(t) = 1$  maka diperoleh  $t = 20$  hari. Jadi pada hari ke 20 setelah gempa bumi utama, maka frekuensi gempa susulan = 1.

### **Saran**

1. Sebaiknya untuk memperoleh hasil yang lebih akurat pada proses analisis rekahan gempa susulan diperlukan data pendukung lain yaitu perubahan lingkungan daerah sekitar gempa dan perubahan garis pantai dilaut.
2. Sebaiknya perhitungan peluruhan gempa susulan dilakukan data yang cukup banyak sehingga peluruhan gempa dapat lebih jelas dan mendekati kondisi dilapangan.

### **DAFTAR RUJUKAN**

- Gunawan I dan Subarjo, 2005. *Pengantar Seismologi*. Badan Meteorologi dan Geofisika: Jakarta.
- Santoso Djoko, 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Penerbit ITB: Bandung.
- Slamet I, 2004. *Analisis Pada Survey Gempabumi Susulan (Studi Kasus Gempabumi Ulaweng dan Gempabumi Pinrang)*. BBMG Wil.IV Makassar.
- Subardjo, 2007. *Potensi Gempa dan Tsunami Wilayah Sulawesi Utara*: Panitia Workshop Manajemen Bencana, Makassar.
- Trunbarger K dan Schoenberg F. P, 2005, *Description Of Aftershock Sequence Using Prototype Point Patterns*. <http://www.google.co.id/search?hl=analysis+rupture+earthquake+with+Omori+law>

