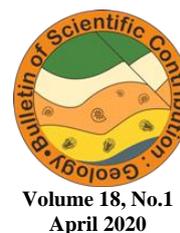




Bulletin of Scientific Contribution GEOLOGY

Fakultas Teknik Geologi
UNIVERSITAS PADJADJARAN

homepage: <http://jurnal.unpad.ac.id/bsc>
p-ISSN: 1693-4873; e-ISSN: 2541-514X



Volume 18, No.1
April 2020

ANALISIS KERENTANAN GEMPA PADA JALUR SESAR BARIBIS MENGGUNAKAN METODE *MICROEARTHQUAKE* (MEQ)

Siska Febyani¹, Mochammad Fattahillah Pradhana K.¹, Mohammad Rivaldy¹, Ildrem Syafri¹, Andi Agus Nur¹,
Patra Embara¹, Sigit Dwi Nugroho²

¹Program Pascasarjana, Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

²PT. Suwanda Karya Mandiri

corresponding e-mail: siskafebyani@yahoo.co.id; mochammad19005@mail.unpad.ac.id

ABSTRACT

In West Java, some tectonic earthquakes occurred due to fault activity, including the Cimandiri Fault, Baribis Fault, Citanduy Fault, and Lembang Fault. One of the faults that is thought to be active is the Baribis Fault. As a result, 3 seismometers have been installed in 3 villages i.e.: Jatigede Village in Sumedang, Anggrawati Village and Sinar Galih Village are both in Majalengka Regency. The purpose of this study is to detect the existence of microearthquakes that occur in the Baribis Fault line using the Microearthquake (MEQ) method, as a factual verification step in the field so that the level of activity that takes place on the Baribis Fault pathway can be known. The results of Microearthquake (MEQ) recording show the number of earthquake events recorded over 60 days is 46 earthquakes on a scale of 0.1 Mw to 3.2 Mw. The depth of the shallow earthquake is 1 km and the deepest one is 85 km. The dominant earthquake source is the Baribis Fault Zone with an earthquake depth of less than 50 km. The direction and force regime recorded from the moment tensor calculation shows the thrust fault and strike-slip fault. Based on the depth of MEQ recording data and surface observations, the Baribis Fault Zone is estimated to be an active fault.

Keywords: Baribis Fault, Microearthquake, Earthquake Vulnerability

ABSTRAK

Di Jawa Barat, terjadi beberapa gempa tektonik yang berasal karena aktivitas sesar, diantaranya adalah Sesar Cimandiri, Sesar Baribis, Sesar Citanduy dan Sesar Lembang. Salah satu sesar yang diperkirakan aktif adalah Sesar Baribis. Sehubungan dengan hal tersebut telah dipasang 3 seismometer di 3 desa yaitu: Desa Jatigede di Sumedang, Dusun Anggrawati dan Desa Sinar Galih keduanya berada di Kabupaten Majalengka. Tujuan kajian ini adalah mendeteksi adanya gempabumi mikro yang terjadi di jalur Sesar Baribis menggunakan metode *Microearthquake* (MEQ), sebagai langkah verifikasi secara faktual di lapangan sehingga tingkat aktivitas yang berlangsung pada jalur Sesar Baribis tersebut dapat diketahui. Hasil dari perekaman *Microearthquake* (MEQ) menunjukkan jumlah kejadian gempa yang terekam selama 60 hari adalah 46 gempa dari skala 0,1 Mw hingga 3,2 Mw. Kedalaman gempa terdangkal adalah 1 km dan yang terdalam adalah 85 km. Sumber gempa dominan adalah pada Zona Sesar Baribis dengan kedalaman gempa kurang dari 50 km. Arah dan rezim gaya yang tercatat dari perhitungan momen tensor memperlihatkan sesar naik dan sesar geser. Berdasarkan kedalaman data perekaman MEQ dan pengamatan permukaan, Zona Sesar Baribis diperkirakan adalah sesar aktif.

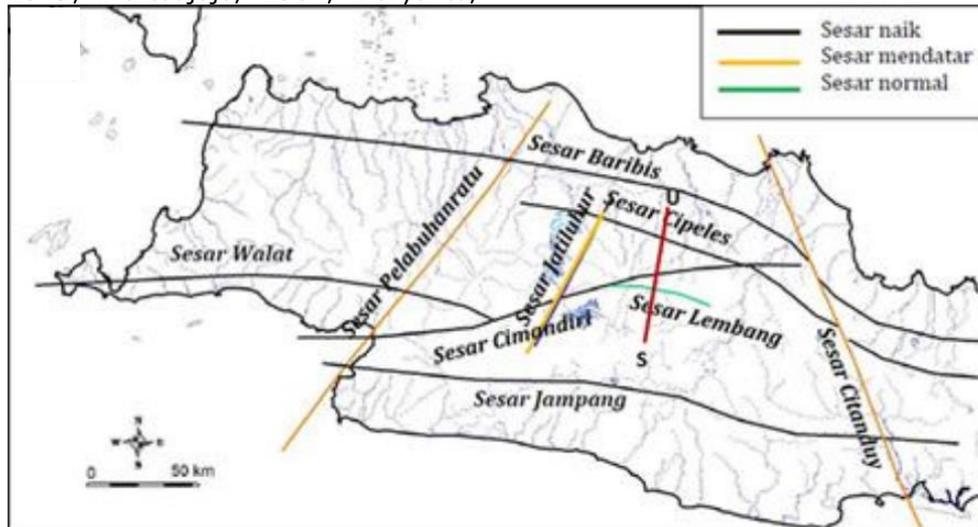
Kata Kunci: Sesar Baribis, *Microearthquake*, Kerentanan Gempa

PENDAHULUAN

Indonesia terletak pada jalur pertemuan tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Eurasia di bagian utara, lempeng Pasifik di bagian timur, dan lempeng Indo - Australia di bagian selatan. Ketiga lempeng tersebut bergerak satu sama lain, sehingga memiliki potensi tingkat kegempaan yang tinggi. Lempeng India -Australia bergerak dari selatan ke utara dan Lempeng Pasifik bergerak dari timur ke barat.

Di wilayah Provinsi Jawa Barat, setidaknya dijumpai enam struktur sesar regional, yaitu Sesar Cimandiri, Sesar Cipeles, Sesar Baribis, Sesar Lembang, Sesar Pelabuhanratu, dan Sesar Citanduy (van Bemmelen, 1949; Martodjojo, 1984; Haryanto,

2014). Salah satu sesar yang diperkirakan aktif di wilayah Jawa Barat adalah Zona Sesar Baribis yang berada di daerah Kabupaten Majalengka (**Gambar 1**). Hal ini dapat ditunjukkan dengan adanya gempa bumi pada tahun 1990 (5,5 Moment Magnitude / Mw) dan 2001 (5 Mw) yang bersifat destruktif, sehingga menyebabkan banyaknya kerusakan infrastruktur dan pemukiman penduduk serta terjadinya longsor besar di beberapa lokasi. Berdasarkan kaitan antara proses kegiatan penelitian dan kegiatan pembangunan infrastruktur di Pulau Jawa, kajian mengenai keaktifan Sesar Baribis sangat penting untuk dilakukan.



Gambar 1. Peta Pola Struktur Sesar Regional di Pulau Jawa bagian Barat (Haryanto, 2014)

MAKSUD DAN TUJUAN

Kajian ini dimaksudkan untuk melaksanakan pengukuran gempa bumi mikro yang terjadi di jalur Sesar Baribis menggunakan metode *Microearthquake* (MEQ), dengan tujuan untuk mengetahui aktivitas tektonik sesar tersebut sebagai langkah verifikasi secara faktual berdasarkan perekaman data di lapangan sehingga tingkat aktivitas yang berlangsung pada jalur Sesar Baribis tersebut dapat diketahui.

METODE PENELITIAN

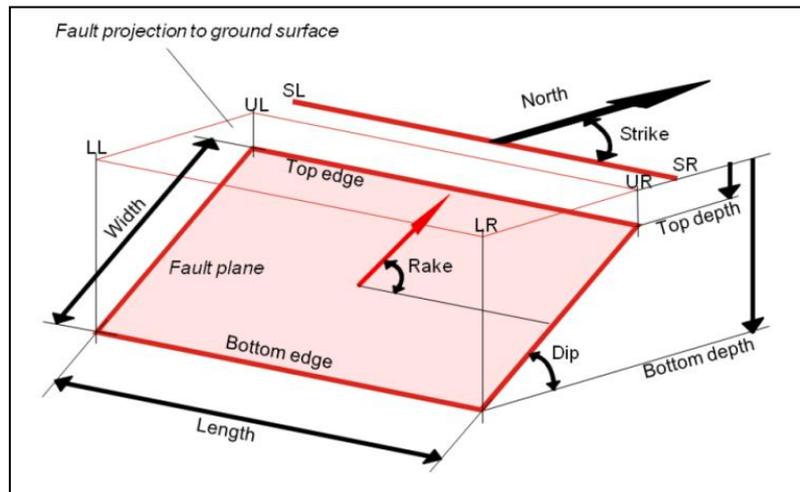
Untuk mengetahui keaktifan suatu sesar, salah satu caranya adalah dengan melalui monitoring MEQ. Suatu sesar yang aktif akan menimbulkan sumber gelombang dari setiap pergerakannya dan sumber gelombang ini akan menghasilkan gelombang seismik yang direkam oleh seismometer dan dilakukan pengolahan data lebih lanjut guna mengetahui keadaan bawah permukaan. Tahapan yang dilakukan antara lain menentukan lokasi gempa, pengukuran besar gempa di sumber menggunakan inversi magnitudo serta mengetahui mekanisme fokus sumbernya menggunakan metode *focal mechanism*.

TINJAUAN PUSTAKA

Sesar Baribis

Sesar adalah suatu rekahan pada batuan dimana bagian yang dipisahkan oleh rekahan akan bergerak satu terhadap yang lain. Bidang sesar (*fault plane*) adalah sebuah bidang tektonik diantara dua blok tektonik yang terpisah akibat adanya sesar tersebut. Dalam penentuan orientasi bidang sesar perlu diperhatikan beberapa parameter umum (**Gambar 2**), yaitu :

- a. *Strike* (Φ) = sudut yang dibentuk antara jurus Sesar dengan arah utara, siukur searah jarum jam ($0^\circ \leq \Phi \leq 360^\circ$).
- b. *Dip* (δ) = sudut yang dibentuk oleh bidang Sesar dan bidang horizontal, yang diukur dari permukaan horizontal ($0^\circ \leq \delta \leq 90^\circ$).
- c. *Rake* = sudut yang dibentuk oleh arah *strike* dengan arah *slip*. *Slip angle* (λ), dimana arah *slip* didasarkan pada arah gerak *hanging wall*, ($-180 \leq \lambda \leq 180$). Jika patahan berupa *thrust fault* $\lambda > 0^\circ$, sedangkan jika patahan *normal fault* maka $\lambda < 0^\circ$.

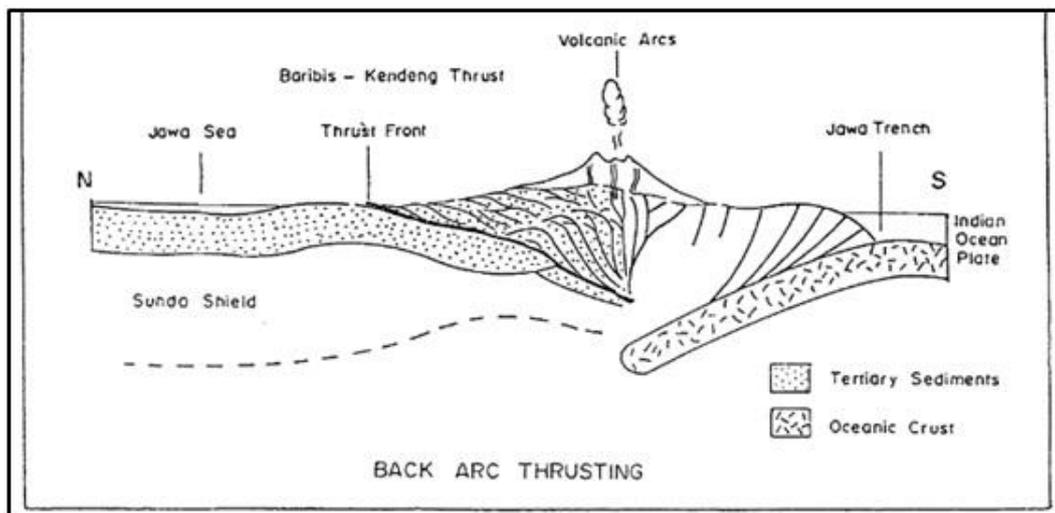


Gambar 2. Parameter umum sesar.
(Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)

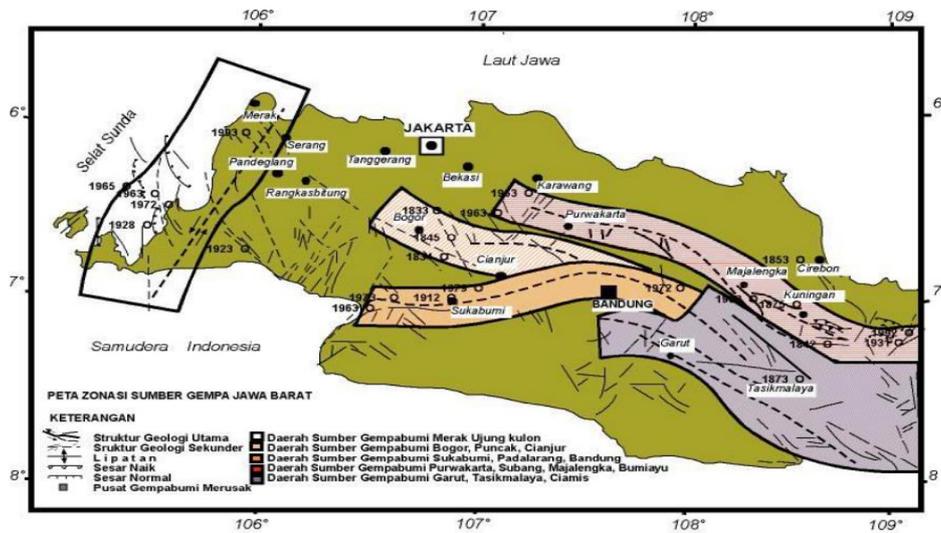
Sesar Baribis merupakan sesar muda (pola Jawa) yang terbentuk pada periode tektonik Pliosen-Plistosen dan diyakini masih aktif hingga sekarang (Pulunggono dan Martodjojo, 1994 dalam Haryanto 2004). Kelompok sesar berarah barat-timur umumnya berjenis sesar naik dan merupakan struktur dominan diantara jenis sesar lainnya mengacu kepada model struktur Boyer dan Eliote (1970) maka geometri Sesar Baribis termasuk kedalam jenis *Imbricated Trailing Fault* (Helmi & Haryanto 2008). Pola struktur Sesar Baribis terbentuk pada lingkungan belakang busur (*Back Arc Thrusting*) dengan posisi paling utara (lihat **Gambar 3**) (Simandjuntak, 1992).

Gempabumi

Gempabumi merupakan peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi dari dalam bumi secara tiba-tiba. Gempabumi bisa disebabkan oleh pergerakan kerak bumi. Berdasarkan kondisi struktur geologi dan data rekaman gempabumi destruktif yang tercatat, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (Puslitbang Geologi) telah mengidentifikasi dan mengelompokkan ke dalam lima titik sumber gempabumi di daratan Jawa Barat (**Gambar 4**) (Djadja & Pratomo, 2009)



Gambar 3. Profil skema tektonik Jawa (Simandjuntak, 1992)



Gambar 4. Peta Zonasi Kerawanan Gempabumi dan Hubungannya dengan Sebaran Sesar Aktif di Daerah Jawa Barat (Puslitbang Geologi dalam Djadja & Pratomo 2009)

Mikroseismik

Mikroseismik merupakan metode geofisika yang sering digunakan dalam kegiatan survei pendahuluan baik untuk eksplorasi minyak bumi, panas bumi, pemantauan aktivitas gunung api dan dapat juga digunakan untuk mendeteksi ketidakstabilan lapisan batuan dengan memanfaatkan getaran kecil dari gelombang seismik yang merambat melalui lapisan batuan (Blake *et al.*, 1974 dalam Hendri, 2016). *Microseismic* dibedakan ke dalam dua bagian berdasarkan rentang periodenya. Jenis pertama adalah mikroseismik periode pendek dengan periode kurang dari 1 detik dan keadaan ini terkait dengan struktur bawah permukaan yang dangkal dengan ketebalan beberapa puluh meter, jenis kedua adalah mikroseismik periode panjang dengan periode lebih dari 1 detik, keadaan ini terkait dengan struktur tanah yang lebih dalam menuju ke dasar batuan keras.

Microearthquake (MEQ)

MEQ merupakan salah satu metode di dalam geofisika dengan memanfaatkan aktivitas kegempaan untuk mengetahui kondisi yang berlangsung di bawah permukaan. Aplikasi ini banyak digunakan dalam survei eksplorasi panas bumi, mengetahui resiko bencana pada wilayah vulkanik dan sesar aktif, serta investigasi kerak dan struktur interior bumi (seperti kerak dan mantel), dengan mengidentifikasi gempa kecil dengan skala magnitudo $\pm \leq 3$ dan durasi kurang dari 5 detik. Tahapan yang dilaksanakan untuk kegiatan monitoring MEQ antara lain:

- Picking Gelombang P dan S**
Picking gelombang P dan S berkaitan dengan pengukuran waktu tiba gelombang dan permulaan fase seismik. Penentuan waktu tiba gelombang P dan S merupakan salah satu faktor yang penting dalam menentukan lokasi gempa.
- Penentuan Hiposenter**
Lokasi gempa didefinisikan oleh tiga koordinat ruang dan waktu terjadinya gempa (*origin time*). Dalam koordinat kartesian dinyatakan sebagai

(x_0, y_0, z_0, t_0) . Hiposenter atau fokus adalah titik didalam bumi tempat bermulanya gempabumi sedangkan episenter adalah proyeksi episenter pada permukaan bumi yang dinyatakan (x_0, y_0) . Penentuan lokasi hiposenter melibatkan suatu proses inversi untuk mencari suatu lokasi hiposenter yang mempunyai *error* minimum antara waktu tempuh observasi dengan waktu tempuh kalkulasi. Metode inversi pada umumnya memiliki tujuan untuk mencari nilai minimum global, bukan untuk mengetahui secara keseluruhan bentuk permukaan fungsi obyektif pada ruang model. Untuk meningkatkan efisiensi pencarian acak, pemilihan model dimodifikasi sehingga model pada daerah tertentu yang mengarah atau dekat dengan solusi memiliki probabilitas lebih besar untuk dipilih. Metode ini disebut sebagai metode pencarian acak terarah atau *guided random search* yang salah satunya dapat menggunakan *Simulated Annealing (SA)*.

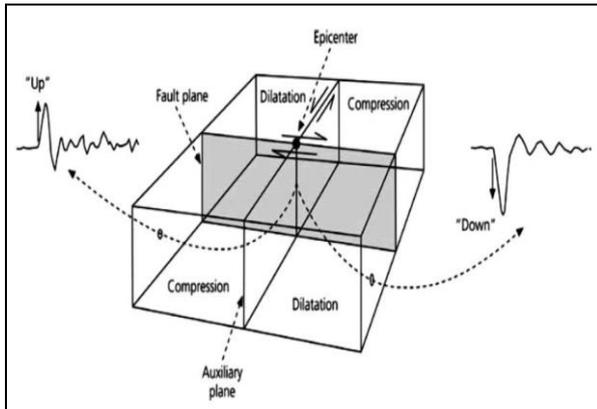
c. Relokasi Hiposenter

Relokasi dianggap dapat memperbaiki kesalahan model kecepatan 1D yang digunakan pada SA dan menghasilkan lokasi hiposenter yang lebih akurat dengan seperangkat koreksi stasiun sebagai koreksi terhadap kesalahan model kecepatan 1D yang digunakan.

Focal Mechanism

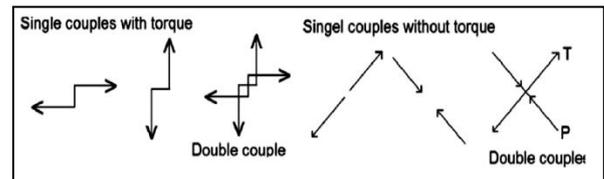
Focal mechanism adalah parameter yang dapat menunjukkan orientasi dari bidang sesar serta arah pergerakannya yang mengacu pada sistem koordinat geografis. *Focal mechanism* ini dapat diperoleh dengan beberapa cara yaitu menggunakan polaritas yang dapat diketahui melalui gerakan pertama gelombang P pada data analog, melalui amplitudo atau rasio amplitudo bersamaan dengan polaritas dari data gelombang P dan gelombang S, atau dengan cara menggunakan *complete waveform*, baik *forward modeling* maupun *inverse modeling*. Salah satu penyebab terjadinya gempabumi adalah adanya pergerakan pada permukaan sesar. Pada saat sebuah aesar mengalami pergerakan, dua sisi dari aesar bergerak

berlawanan arah akan menciptakan polaritas yang berbeda untuk gerakan awal gelombang P pada arah yang berbeda. Sebagai ilustrasi, permukaan bumi yang datar akan dibagi menjadi 4 kuadran yang tiap daerahnya akan mengalami perbedaan polaritas. Jika sisi pada sesar bergerak menuju ke arah stasiun maka disebut kompresi (C) sedangkan yang bergerak sebaliknya menjauhi stasiun disebut dilatasi (D). Pada komponen vertikal, hanya terekam gerakan up-down saja (**Gambar 5**). Untuk mengetahui arah bidang sesar (*fault plane*) sendiri membutuhkan informasi tambahan. Pada gempa yang memiliki energi cukup besar, akan



Gambar 5. Gambaran mengenai radiasi sumber gelombang
(Stein & Wyssession, 2003)

memungkinkan jika mencoba mengestimasi bidang Sesar (*fault plane*) melalui informasi geologi, arah retakan yang didapat dari permodelan *waveform*, dan orientasi *aftershock*. Namun, secara umum terdapat cara untuk mengetahui arah bidang sesar (*fault plane*) secara sederhana. Telah diketahui bahwa polaritas yang dihasilkan oleh *fault plane* dan *auxiliary plane* adalah sama pada suatu *event*, hal ini kemudian menjadi dasar bagi perhitungan yang digunakan pada amplitudo radiasi gelombang dari 2 pasangan pergerakan atau yang biasa disebut *double couple* yang dapat mencegah terjadinya rotasi pada sistem sesar (*fault sistem*) (**Gambar 6**).



Gambar 6. Perbandingan *single couple* dan *double couple*
(Stein & Wyssession, 2003)

ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN

Pendekatan Skala Magnitudo

Dari analisa morfotektonik, dihasilkan banyak segmen sesar dengan geometri dan karakteristik yang tidak seragam. Untuk perhitungan magnitudo, dilakukan analisis dan perbandingan rumus yang dikembangkan oleh beberapa ahli geologi maupun fisika. Terdapat sedikit perbedaan pada formula untuk menghitung sesar-aesar yang berbeda jenisnya seperti sesar naik (*thrust*), sesar geser (*strike slip*), dan sesar turun (*normal*). Selain itu, parameter gempa seperti panjang, lebar, dan luas sesar menjadi data dasar dalam perhitungan magnitudo maksimum (M_{max}).

a. Sesar Naik (*Thrust*)

Pada sesar naik, perhitungan estimasi magnitudo maksimum adalah sebagai berikut:

Wells & Coppersmith (1994)

$$M_{max} = 5.0 + 1.22 \log(RL)$$

RL = *Rupture Length* (Panjang Sesar)

Leonard (2010)

$$M_{max} = \log A + 4$$

Asumsi bahwa lebar sesar adalah 20 Km dan A = Area (Panjang x Lebar Sesar)

b. Sesar Geser (*Strike Slip*)

Pada sesar geser, perhitungan estimasi magnitudo maksimum adalah sebagai berikut:

Wells & Coppersmith (1994)

$$M_{max} = 5.16 + 1.12 \log(RL)$$

RL = *Rupture Length* (Panjang Sesar)

Stein (2007)

$$M_{max} = 4.2775 A^{*0.0726}$$

A = Area (Panjang x Lebar Sesar)

Hans & Bakun (2010)

$$M_{max} = 3.07 + 4/3 \log A$$

Asumsi bahwa lebar Sesar adalah 20 Km dan A = Area (Panjang x Lebar Sesar)

Leonard (2010)

$$M_{max} = \log A + 3.99$$

A = Area (Panjang x Lebar Sesar)

c. Sesar Turun (*Normal Fault*)

Pada sesar turun, perhitungan estimasi magnitudo maksimum adalah sebagai berikut:

Wells & Coppersmith (1994)

$$M = 4.86 + 1.32 \log(RL)$$

RL = *Rupture Length* (Panjang Sesar)

Papazachos (2004)

$$M = 3.9818 + 1.8182 \log(L)$$

L = Length (Panjang Sesar)

Dari perhitungan momen magnitudo secara keseluruhan, daerah penelitian memiliki nilai momen magnitudo terendah yaitu 3.97 dan magnitudo yang tertinggi yaitu 6.75 dari data gabungan semen kecil dan segmen besar. Koordinat episenter dan hiposenter dari *event* gempa beserta besar magnitudonya telah disertakan dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Hiposenter dan Magnitudo Gempabumi Mikro di area kajian

No.	LONGITUDE	LATITUDE	DEPTH	Mw
1	108.2529	-6.9762	71.46	2.6
2	108.1962	-6.9306	85.06	2.9
3	108.1759	-6.8158	24.51	3.0
4	108.2186	-6.8829	30.68	2.5
5	108.3348	-6.9926	25.75	2.7
6	107.9351	-6.6906	10.00	0.8
7	108.1200	-6.6840	6.00	0.5
8	108.0782	-6.5321	5.00	0.7
9	107.8890	-6.5984	9.00	1.3
10	108.0096	-6.8212	2.00	1.3
11	107.9801	-6.5759	10.00	0.5
12	108.1090	-6.7336	6.00	1.3
13	107.9424	-6.7586	10.00	0.4
14	107.4385	-7.9748	20.00	3.2
15	107.9700	-6.5400	10.00	2.6
16	107.8889	-6.8077	12.00	1.1
17	108.0873	-6.7424	10.00	1.1
18	108.3210	-6.6197	7.00	1.3
19	108.0991	-6.6540	1.00	0.9
20	107.8199	-6.7136	11.00	1.4
21	107.9268	-6.8112	12.00	0.8
22	107.7520	-6.4990	10.00	1.6
23	108.0695	-6.7510	10.00	1.1
24	108.0688	-6.5103	5.00	0.8
25	108.1350	-6.8341	9.00	0.9
26	108.1034	-6.6087	5.00	0.9
27	108.0061	-6.5441	4.00	0.8
28	107.9541	-6.7383	9.00	0.1
29	107.6447	-6.5763	5.00	2.0
30	107.9967	-6.5883	4.00	0.8
31	107.9601	-6.7113	8.00	0.4
32	108.0730	-6.5860	3.00	0.4
33	108.1853	-6.9574	16.00	3.0
34	107.9806	-6.7367	1.00	0.5
35	107.9592	-6.7525	2.00	0.7
36	107.9574	-6.7200	13.00	0.8
37	107.9741	-6.7661	11.00	2.8
38	108.1002	-6.6534	2.00	2.1
39	108.0859	-6.8379	10.00	1.0
40	107.6177	-6.6120	12.00	2.2
41	108.1931	-6.7687	7.00	1.3
42	107.7338	-6.7135	10.00	1.6
43	107.9234	-6.7440	8.00	1.0
44	107.9038	-6.7792	8.00	1.3
45	107.9892	-6.7847	2.00	1.3
46	107.9801	-6.7901	1.00	0.1

Recurrence Period (Periode Ulang)

Periode ulang merupakan salah satu bagian dari analisis statistik seismisitas. Periode ulang gempabumi ditentukan oleh parameter keaktifan gempabumi yang disimbolkan dengan **a** dan **b**.

Nilai **a** merupakan nilai parameter keadaan seismisitas. Sedangkan nilai **b** merupakan nilai parameter keadaan tektonik. Dalam menentukan periode ulang gempabumi di Zona Sesar Baribis, digunakan metode *maximum likelihood*. Metode ini digunakan karena menghasilkan data yang lebih stabil karena memodelkan kemiringan garis yaitu dari kemiringan nilai tengah magnitudo fungsi distribusi (Pasau dan Tanauma, 2011).

Relasi antara frekuensi dan magnitudo oleh Gutenberg-Richter dinyatakan dalam suatu hubungan sebagai:

$$\log N = a - b M$$

dimana

- N = jumlah gempabumi dengan magnitudo
- M = magnitudo gempa
- a = konstanta parameter sesimik yang bergantung pada periode pengamatan dan tingkat kegempaan suatu wilayah
- b = konstanta parameter tektonik yang bergantung pada karakter tektonik dan tingkat stress atau struktur material suatu wilayah

Nilai-b dapat diperkirakan dengan cara statistik, salah satunya yang dikemukakan oleh Utsu (1965) yang dikenal dengan metode estimasi maksimum likelihood dengan persamaan:

$$b = \text{Log } e / (M - M_0)$$

dimana:

- M = rata-rata magnitudo
- M₀ = nilai minimum magnitudo Log e = 0,4343

Bersesuaian dengan nilai a yang diperhitungkan dari hubungan frekuensi kumulatif untuk M>M₀ adalah:

$$A = \text{Log } N (M > M_0) + \text{Log } b(b \ln 10) + M_0 b$$

dimana:

- N = jumlah kumulatif data yang digunakan
- b = kemiringan garis lurus

Jumlah gempa per tahun secara teoritis dihitung dengan membagi nilai a dengan periode observasi (T) yaitu a₁=a/logT, dimana T adalah tahun. Adapun indeks seismisitas atau jumlah frekuensi kumulatif gempa pertahun adalah:

$$N_1(M) = 10a_1 - bM$$

Dengan demikian dapat diformulasikan kemungkinan terjadinya satu kali atau lebih gempa bumi dengan magnitudo lebih besar dari M dalam periode T sebagai:

$$(M,T) = (1 - e^{-N_1(M)T})$$

Dengan diperoleh N₁(M) maka dapat dihitung kemungkinan waktu terjadinya kembali gempa bumi merusak, yaitu:

$$\theta = 1/N_1(M) \text{ tahun}$$

Dengan θ adalah periode berulang.

Data gempa yang digunakan dalam metode ini adalah katalog gempa ISC tahun 1990 - 2016. Jumlah data dari katalog gempa tersebut sebanyak 676 buah. Data gempa yang diambil hanya yang memiliki momen magnitudo ≥ 4 dan memiliki kedalaman ≤ 40 km.

Dari hasil pengolahan data tersebut, diperoleh:

$$\text{Nilai } a = 7.466878023$$

$$\text{Nilai } b = 1.3029$$

Sehingga diperoleh periode ulang gempa dengan skala tertentu yang dituangkan dalam **Tabel 2**.

Tabel 2. Perhitungan Frekuensi Kumulatif dan Periode Ulang Gempabumi di Zona Sesar Baribis

No.	Rentang Magnitudo	Frekuensi Kumulatif	Periode Ulang
	Mw	Tahun ⁻¹	Tahun
1	4.0 - 4.4	0.638065105	1.567238189
2	4.5 - 4.9	0.142368856	7.02400813
3	5.0 - 5.4	0.03176618	31.48002043
4	5.5 - 5.9	0.007087858	141.0863524
5	6.0 - 6.4	0.001581485	632.3172147
6	6.5 - 6.9	0.00035287	2833.903161
7	7.0 - 7.4	7.87345E-05	12700.91488

Berdasarkan tabel di atas, periode ulang gempa bumi dengan magnitudo 4.0 - 4.4 Mw di zona Sesar Baribis adalah 1.57 tahun, sedangkan untuk magnitudo 4.5 - 4.9 Mw periode ulang terjadinya gempa bumi adalah 7.02 tahun. Gempa bumi dengan magnitudo 5.0 - 5.4 Mw terjadi di Zona Sesar Baribis memiliki periode ulang 31.48 tahun. Hal ini tercerminkan pada data katalog gempa bumi yang dikeluarkan ISC dari tahun 1990 - 2016 bahwa terjadi gempa bumi dengan magnitudo kisaran 5.0 - 5.4 Mw sebanyak 3 kali dalam kurun waktu 26 tahun terakhir. Kemudian, gempa bumi dengan magnitudo 5.5 - 5.9 Mw memiliki periode ulang 141.09 tahun. Untuk magnitudo 6.0 - 6.4 Mw memiliki periode ulang 632.32 tahun. Gempa dengan magnitudo 6.5 - 6.9 Mw memiliki periode ulang 2833.9 tahun. Berdasarkan perhitungan momen magnitudo, momen magnitudo terbesar yang akan dihasilkan dari zona Sesar Baribis adalah 6.5. Jika dihitung periode ulangnya maka gempa bumi yang memiliki momen magnitudo sebesar 6.75 akan terjadi setiap 2883.9 tahun. Sementara gempa bumi dengan magnitudo 7.0 - 7.4 Mw mempunyai periode ulang 12700.91 tahun.

Periode ulang dikonversikan ke dalam angka probabilitistik terjadinya gempa dengan magnitudo tertentu dalam 50 tahun. Hal ini digunakan dalam rencana pembangunan infrastruktur. Peluang terjadinya gempa dengan magnitudo 4 - 4.4 Mw dalam kurun 50 tahun adalah 3190.33%. Nilai ini dikarenakan frekuensi terjadinya gempa bumi dalam 2 tahun adalah 1 kali. Untuk magnitudo 4.5

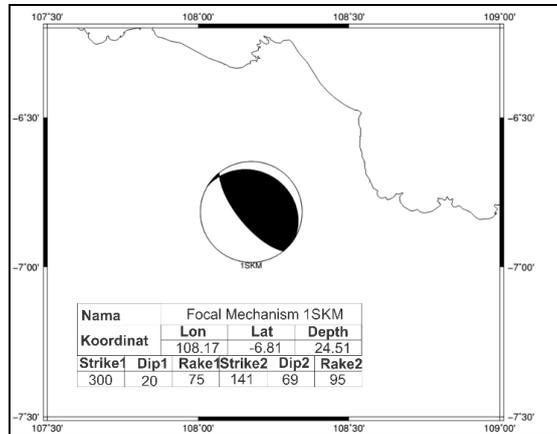
- 4.9 Mw peluang terjadinya gempa bumi dalam kurun 50 tahun adalah 711.84%. Sementara magnitudo 5 - 5.4 Mw peluang terjadinya gempa dalam kurun 50 tahun adalah 158.83%. Untuk magnitudo 5.5 - 5.9 Mw peluang terjadinya gempa bumi dalam kurun 50 tahun adalah 35.43%. Magnitudo 6 - 6.4 Mw memiliki peluang terjadinya gempa bumi dalam kurun 50 tahun adalah 7.9%. Magnitudo paling besar dihasilkan dari zona Sesar Baribis adalah 6.5 Mw sehingga peluang terjadinya gempa bumi dengan momen magnitudo tersebut dalam kurun 50 tahun adalah 7.9%.

Focal Mechanism

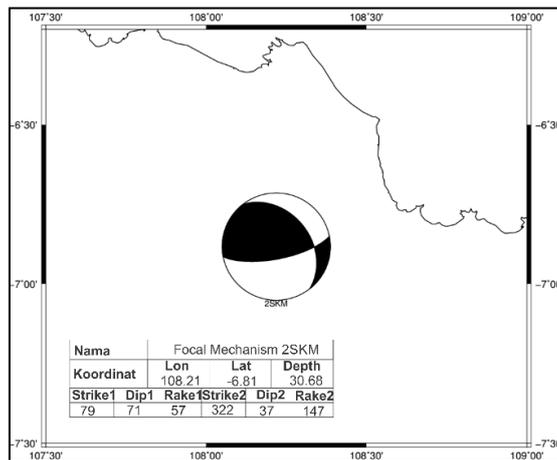
Focal mechanism adalah suatu perangkat lunak yang dapat digunakan dalam menentukan mekanisme fokus. Data yang diperlukan sebagai input adalah polaritas (P, SV, dan SH) dan atau rasio amplitudo (SV/P, SH/P, SV/SH). Metode yang digunakan dalam *focal mechanism* ini berdasarkan *grid search*. Proses yang dilakukan adalah menghitung polaritas secara teoritis dengan menggunakan parameter stasiun yang didapat dari hasil observasi pada titik grid tertentu (*strike*, *dip* dan *rake*), sehingga secara sistematis mencari kombinasi nilai *strike*, *dip*, dan *rake* dengan nilai *error* polaritas terkecil. Aplikasi ini dapat digunakan untuk menentukan solusi bidang sesar yang cukup akurat untuk gempa bumi lokal dan regional, analisis gempa bumi teleseismik, dan

menghasilkan *waveform synthetics* dari polaritas dan amplitudo relatif yang terekam (Snoke, 2003). Dalam melakukan identifikasi *focal mechanism* yang perlu diutamakan adalah kuantitas dan kualitas data. Semakin banyak seismometer yang dipasang, maka data akan semakin mendekati nilai yang

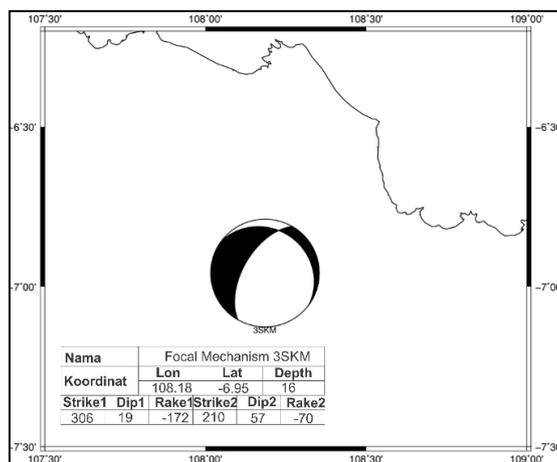
sebenarnya. Dibutuhkan minimal tiga unit seismometer yang dipasang mengelilingi geometri *event* yang akan dilakukan identifikasi. Oleh karena itu, dalam kajian ini hanya dilakukan identifikasi pada tiga buah *event* yang dianggap memiliki kriteria cukup. Hasilnya dapat dilihat pada **Gambar 7 – Gambar 9** dan **Tabel 3**.



Gambar 7. Hasil *focal mechanism* 1



Gambar 8. Hasil *focal mechanism* 2



Gambar 9. Hasil *focal mechanism* 3

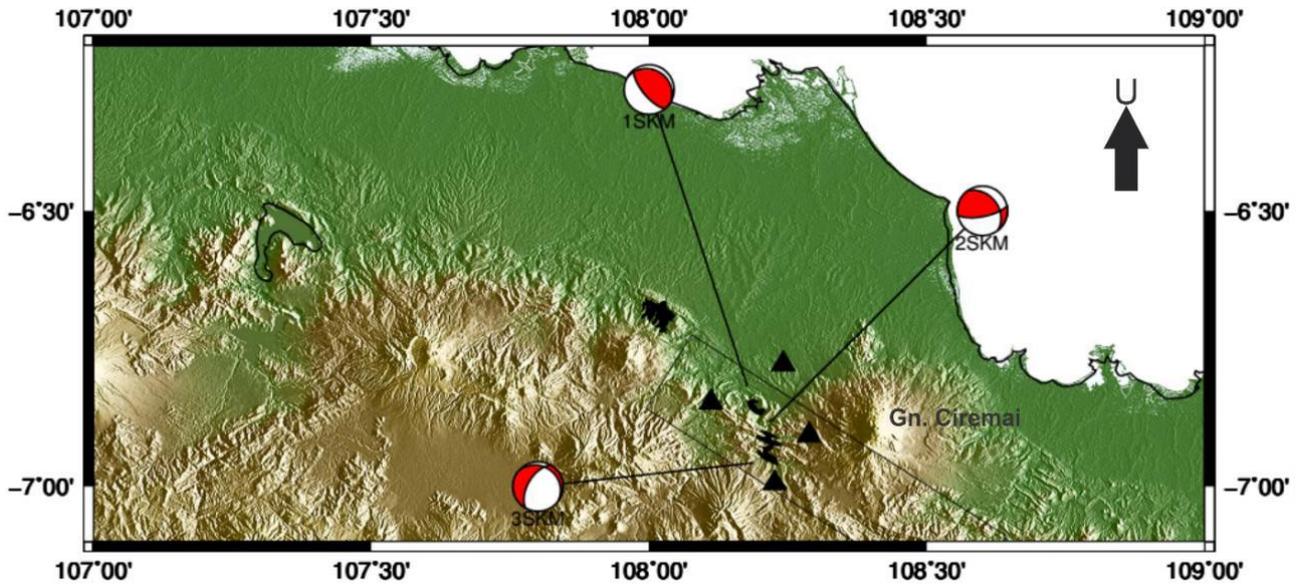
Tabel 3. Data *Focal Mechanism* Area Kajian

Nam e	LONGITUD E	LATITUD E	DEPT H	STRIKE 1	DIP 1	RAKE 1	STRIKE 2	DIP 2	RAKE 2
1SKM	108.1759	-6.8158	24.51	300	20	75	141	69	95

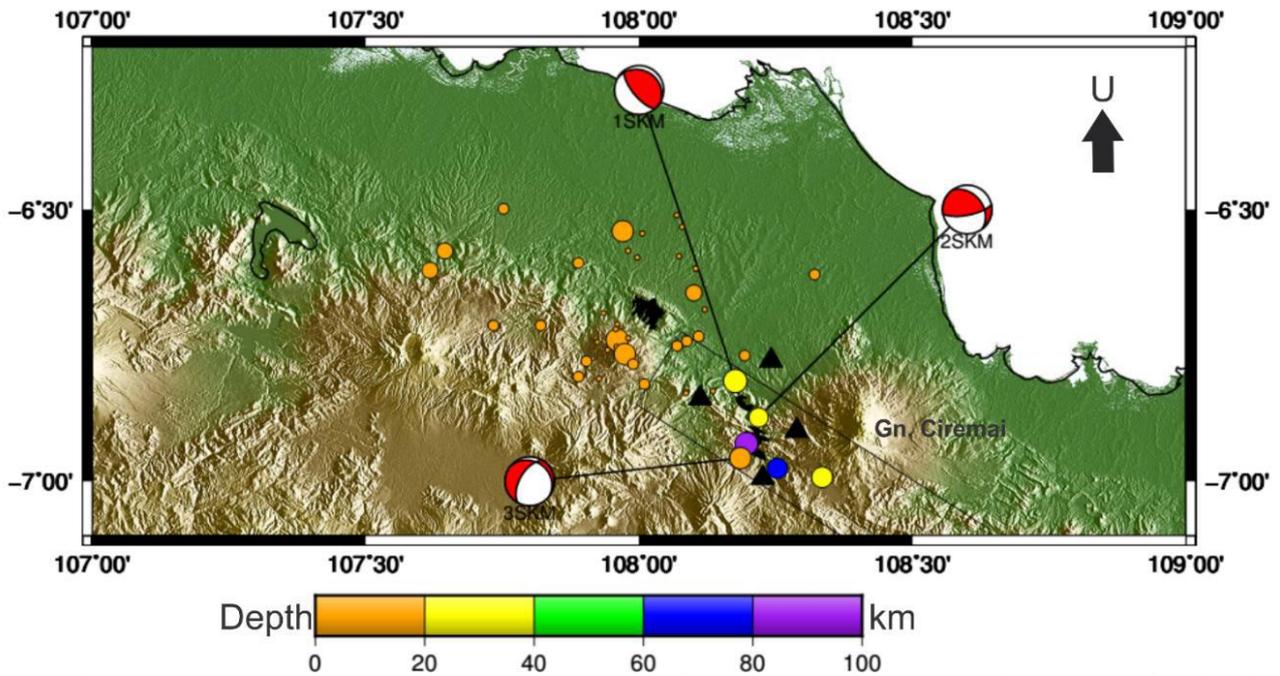
2SKM	108.2186	-6.8828	30.68	79	71	57	322	37	147
3SKM	108.1853	-6.9574	16.00	306	19	-172	210	57	-70

Berdasarkan hasil pengolahan data yang terekam pola persebaran hiposenter dapat dilihat pada **Gambar 10**. Sedangkan gabungan keseluruhan

hasil pengolahan data MEQ berupa penentuan hiposenter, nilai *magnitude moment*, dan *focal mechanismnya* dapat dilihat pada **Gambar 11**.



Gambar 10. Hasil perhitungan *focal mechanism* terhadap tiga buah event di area Sesar Baribis. Segitiga hitam merupakan lokasi persebaran seismometer



Gambar 11. Hasil pemrosesan data MEQ (penentuan hiposenter, nilai *magnitude moment*, dan *focal mechanism*)

Dari kedua gambar diatas (**Gambar 10** dan **Gambar 11**), dapat ditarik sebuah interpretasi bahwa seismisitas yang berlangsung pada zona Sesar Baribis terdapat 2 aktivitas yaitu tektonik dan vulkanik. Dari **Gambar 11**, dapat diamati bahwa gempa yang ada tersebar di jalur Sesar Baribis di bagian utara (Segmen Subang dan Ujungjaya) dengan kedalaman yang relatif dangkal yaitu 0-20 km.

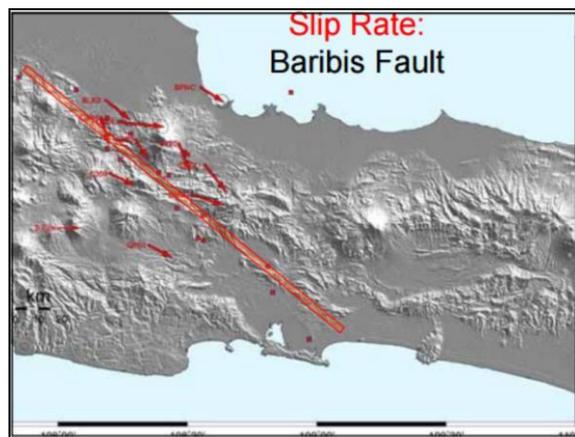
Pada analisis *focal mechanism* 1SKM diperoleh kedudukan bidang N300E/20 dengan karakter berupa *thrust slip* yang dapat diinterpretasikan masih bagian segmen Utara, segmen Baribis_7. Pada daerah Kadumalik terdapat adanya *event* dan dilakukan perhitungan *focus mechanism*, hasil perhitungan menunjukkan adanya pergerakan *slip* naik dan geser. Segmen yang berada pada daerah Kadumalik merupakan sesar yang berumur tua berdasarkan pengamatan Geologi. Namun, dari pengamatan mikroseismik didapatkan adanya gempa dengan kedalaman antara 20-100 Km. Berdasarkan data tersebut, keberadaan gempabumi di daerah ini dapat disebabkan karena batuan yang menyusun daerah tersebut merupakan batuan sedimen dengan umur yang relatif tua yaitu batupasir dan batulempung Formasi Cinambo (25 juta tahun) yang telah mengalami kompaksi yang baik dan memungkinkan untuk terjadinya deformasi *failure* atau bergerak pada bidang yang telah ada

sebelumnya. Selain itu, dari *focus mechanism* yang dilakukan, 2 diantaranya merupakan sesar geser yang terakhir terbentuk menjadi media yang paling mudah untuk melepaskan *stress*. Kedudukan sesar geser dari perhitungan *focus mechanism* yaitu N79E/71 untuk bagian bawah Sesar Geser Cidarma dan N306E/19 untuk Sesar Geser Cihikeu.

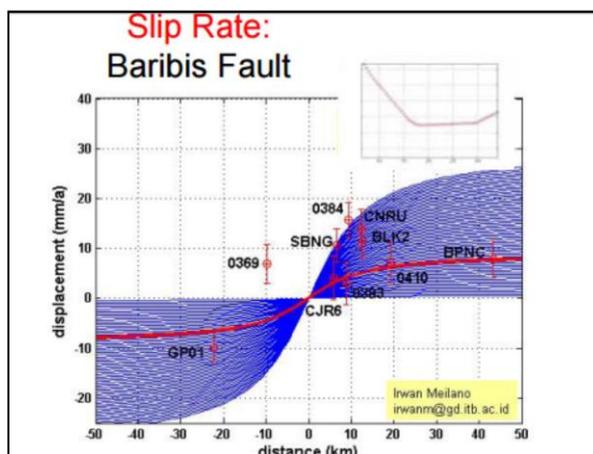
Kecepatan Pergerakan Sesar Baribis

Kecepatan pergerakan Sesar Baribis sejauh ini didapatkan dari beberapa studi terdahulu maupun penelitian institusi pendidikan. Salah satu metode perhitungan laju pergerakan sesar yang telah banyak dilakukan di pulau Jawa adalah dengan menggunakan metode GPS (*Global Positioning System*).

Pengukuran GPS oleh Meilano, dkk telah dilakukan sejak tahun 2008 hingga saat ini. Pengukuran dilakukan dengan menempatkan GPS Geodetik di beberapa titik tersebar di sekitar zona Sesar Baribis dilakukan dengan 2 cara. Pertama adalah dengan metode kontinu artinya GPS selama 2008 hingga saat ini dipasang 24 jam, kedua dengan metode berkala artinya pengukuran dilakukan setiap beberapa bulan atau beberapa tahun sekali dengan lokasi perhitungan yang sama di tiap *benchmark* yang telah dibuat. Adapun hasil perhitungan *slip rate* dari metode ini ialah 2 mm/tahun hingga 1cm/tahun (Meilano, dkk, 2012).



Gambar 12. Peta Vektor Kecepatan Pergerakan Sesar pada Zona Sesar Baribis (Meilano, 2012)



Gambar 13. Diagram *Slip Rate* Zona Sesar Baribis (Meilano, 2012)

KESIMPULAN

Hasil dari perekaman *microearthquake* menunjukkan jumlah gempa yang terekam selama 60 hari adalah 46 gempa dari skala 0,1 Mw hingga 3,2 Mw. Kedalaman gempa terdangkal adalah 1 km, dan yang terdalam adalah 85 km. Sumber gempa dominan adalah pada Zona Sesar Baribis dengan kedalaman gempa kurang dari 50 km.

Arah dan rezim gaya yang tercatat dari perhitungan momen tensor memperlihatkan sesar naik dan sesar geser.

Maximum Credible Earthquake (MCE) dari data empiris panjang sesar dan literatur menunjukkan Zona Sesar Baribis memiliki nilai 6,5. Perhitungan kemungkinan perulangan gempa (parameter a dan b) pada daerah sekitar Sesar Baribis menghasilkan tingkat kemunculan gempa dengan skala 6,4 dalam 50 tahun sebesar 7,9%. Nilai a dan b yang didapatkan dari sebaran data katalog dan perekaman adalah 7,47 dan 1,303.

Berdasarkan kedalaman data perekaman MEQ dan pengamatan permukaan, Zona Sesar Baribis diperkirakan adalah sesar aktif, terutama pada segmen bagian utara. Sesar ini diklasifikasikan menurut UBC tahun 1997 adalah Sesar Aktif Tipe C. Dikarenakan momen magnitudonya sebesar 6.5 Mw.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penelitian ini, penulis ucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu kajian ini hingga dapat terselesaikan dengan baik. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi mereka yang membutuhkannya.

DAFTAR PUSTAKA

Djadja & Indyo Pratomo. 2009. *Potensi Bencana Alam Gempabumi dan Gerakan Tanah, di Kawasan Taman Nasional Gunung Ciremai dan Sekitarnya*. Jurnal Biologi Indonesia 5 (3): 339-354 (2009).

Fadhila, H. 2012. *Studi Aktivitas Sesar Baribis Berdasarkan Data Pengamatan GPS Tahun*

2007 – 2010. Tugas Akhir Program Studi Sarjana Teknik Geodesi dan Geomatika ITB.

Hilmi, Faisal dan Iyan Haryanto. 2008. *Pola Struktur Regional Jawa Barat*. Bandung: Bulletin of Scientific Contribution Vol 6. No. 1.

Haryanto, I. 2004. *Tektonik Sesar Baribis-Cimandiri*. Prosiding Tahunan IAGI 33.

Haryanto, I. 2014. *Evolusi Tektonik Pulau Jawa Bagian Barat Selama Kurun Waktu Kenozoikum*. Disertasi Unpad. Tidak dipublikasikan, hlm 247.

Hendri Sulistiawan, 2016. *Analisis Seismic Hazard Berdasarkan Data PGA dan Kerentanan Gempa Menggunakan Metode Mikroseismik di Daerah Kampus UNNES, Gunungpati, Kota Semarang*. Universitas Negeri Semarang.

Martodjojo, S. 1984. *Evolusi Cekungan Bogor*. Bandung : ITB. Tidak dipublikasikan.

Meilano, I., Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., D. Sarsito, R. Hanifa, Rino, H. Harjono, T. Kato, F. Kimata, and Y. Fukuda. 2012. *Slip Rate Estimation of the Lembang Fault West Java from Geodetic Observation*. J. Disaster Res., vol. 7, no. 1, pp. 12–18, 2012

Ramadhana, F. 2016. *Deformation Analysis of Baribis Fault Based on Campaign and Continuous GPS Measurement from 2007 – 2014*. Tugas Akhir Program Studi Sarjana Teknik Geodesi dan Geomatika ITB.

Simandjuntak, T.O. 1992. *Neogene tectonics and orogenesis of Indonesia*. Geological Society of Malaysia. Kualalumpur. Malaysia.

Snoke, J.. 2003. 85.12 *FOCMEC: FOCal MEchanism determinations*. International Geophysics. 81. 1629-1630. 10.1016/S0074-6142(03)80291-7.

Stein, S., Wyssession, M., & Stein, S. (Ed.). 2003. *Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure*. Blackwell Publishing.

van Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia*. Vol. I-A. Gov. Printed Office. The Hague, 732 p.

