ISBN : 978-602-72658-0-6

Analisis Mekanisme Sumber Gempa Vulkanik Gunung Merapi di Yogyakarta September 2010

Emilia Kurniawati[1] dan Supriyanto[2,*]
[1]Laboratorium Geofisika Program Studi Fisika FMIPA Universitas Mulawarman
[2]Program Studi Fisika FMIPA Universitas Mulawarman
*Email: supriyanto@gmail.com

Abstrak Telah dilakukan penelitian untuk menganalisis data seismogram (data seismik) gempa vulkanik Gunung Merapi September 2010 untuk mengetahui polaritas gerakan pertama gelombang P dan amplitude serta mengetahui mekanisme sumber gempa Vulkanik gunung Merapi September 2010. Data seismogram (data seismik) yang dianalisis dengan cara membaca rekaman data digital seismogram pembacaan data dilakukan oleh *software Scream! 4.5* pada setiap menit dalam 1 jam pada bulan September 2010 dengan mendapatkan hasil sebanyak 122 data event gempa Vulkanik, baik gempa vulkanik tipe A (VTA) maupun gempa vulkanik tipe B (VTB). Dengan hasilnya berupa impuls pertama gelombang P dan amplitudo yang keduanya merupakan data yang akan diinput pada program *FOCMEC.m* menggunakan software Matlab yang outputnya berupa nodal mekanisme sumber gempa Vulkanik gunung Merapi yang disertai dengan keterangan strike, dip dan rake yang kemudian dapat dianalisis jenis sesarnya sesuai dengan tujuan dari peneltian ini. Hasil analisis mekanisme sumber gempa Vulkanik gunung merapi pada bulan September 2010 adalah 45% merupakan sesar turun (normal fault) dan 55% merupakan sesar naik (reverse fault atau thrust fault).

Kata-kata kunci *seismogram, impuls pertama gelombang P, amplitudo, sesar naik dan sesar turun.*

Pendahuluan

Indonesia dikenal sebagai wilayah yang mempunyai tatanan geologi unik dan rumit. Hal ini dikarenakan, Indonesia merupakan jalur pertemuan tiga lempeng besar yaitu lempeng Indo-Australia yang relatif bergerak ke Utara, lempeng Eurasia yang relatif bergerak ke selatan, dan lempeng Pasifik yang relatif bergerak ke Barat. Pertemuan antar lempeng mengakibatkan sering terjadinya gempa bumi karena tumbukan atau pergeseran lempeng. Daerah Yogyakarta merupakan bagian dari jalur gempa bumi yang terbentang dari Pulau Sumatra, Jawa, Bali hingga Nusa Tenggara. Sebagai wilayah yang terletak dijalur gempa bumi, kondisi fisiografi Daerah Yogyakarta sangat dipengaruhi oleh aktivitas tumbukan lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia. Kondisi ini menjadikan Daerah Yogyakarta sebagai salah satu kawasan dengan tingkat aktivitas seismik yang tertinggi di Indonesia.

Keberadaan dapur magma Merapi yang berdekatan dengan zona seismik aktif, menyebabkan fluida di dapur magma menjadi labil karena terus menerus mendapat pukulan dan tekanan dari getaran gempa bumi yang seringkali terjadi. Penentuan mekanisme sumber gempa vulkanik menggunakan polaritas pertama gelombang P. Mekanisme sumber gempa vulkanik merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi sesar dan pergerakannya dengan cara menentukan parameter-paramater sesar berupa strike, dip dan rake.

Gelombang secara umum merupakan fenomena perambatan gangguan (usikan) dalam medium sekitarnya. Gelombang mempunyai hubungan antara frekuensi (f), panjang gelombang (λ) dan kecepatan (v) dan secara matematis dapat dirumuskan:

$$v = f\lambda \qquad (1)$$

Keterangan :
f : frekuensi
λ : panjanggelombang
v : kecepatan

Gelombang Longitudinal (P) yaitu gelombang yang arah rambat searah dengan arah getar partikel medium yang dilewatinya.

$$v_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \qquad (2)$$

Keterangan :
λ : Konstanta Lame (dyne/cm^2)
ρ : Densitas (g/cm^3)
μ : Modulus geser (dyne/cm^2)

ISBN : 978-602-72658-0-6

Gelombang S disebut juga gelombang shear atau gelombang transversal. Gelombang ini memiliki cepat rambat yang lebih lambat bila dibandingkan dengan gelombang P dan hanya dapat merambat pada medium padat saja [1].

$$v_s = \sqrt{\frac{\lambda}{\rho}} \qquad (3)$$

Keterangan :

ρ : Densitas (g/cm^3)

μ : Modulus geser (dyne/cm^2)

Mekanisme sumber gempa merupakan metode yang digunakan untuk menentukan jenis sesar dengan cara menentukan parameter-parameter sesar yang terdiri dari strike, dip dan rake. Mekanisme sumber gempa dapat ditentukan dengan beberapa cara, antara lain dengan menggunakan polaritas gerakan pertama gelombang *P*. Berdasarkan sifat radiasi gelombang *P*, polaritas gerakan pertama gelombang *P* dibedakan dalam bentuk gerakan kompresi dan dilatasi. Gerakan kompresi ditandai arah gerakan pertama naik, sedangkan gerakan dilatasi ditandai arah gerakan pertama turun.

Rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi bagaimana cara menganalisis data seismogram gempa vulkanik Gunung Merapi pada bulan September tahun 2010 dan bagaimana cara penentuan mekanisme sumber gempa Vulkanik gunung Merapi. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis data seismogram (data seismik) gempa vulkanik Gunung Merapi September 2010 untukmengetahui polaritas gerakan pertama gelombang P dan amplitude. Serta mengetahui mekanisme sumber gempa Vulkanik gunung Merapi September 2010. Salah satu manfaat dari penelitian dapat menjadi acuan instansi pemantauan gunung api tentang mekanisme sumber gempa vulkanik. Hal tersebut yang melatar belakangi penulis untuk meneliti lebih lanjut gempa vulkanik gunung Merapi di Yogyakarta September 2010.

Metodologi

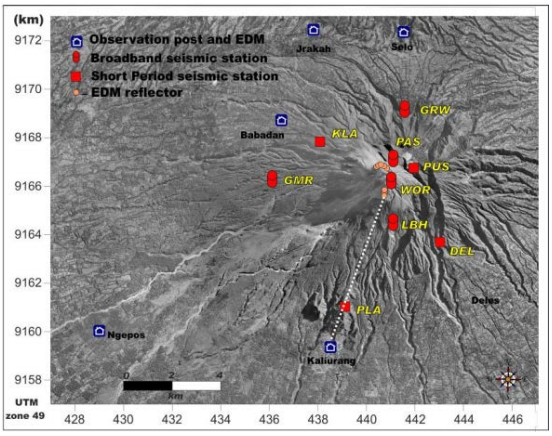
Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari BPPTKG Yogyakarta yang hasilnya berupa rekaman seismogram yang telah dianalisa secara manual kemudian data tersebut dirubah menjadi data seismik Gunung Merapi yang dapat dianalisa kembali menggunakan *software Scream! 4.5.*

Software yang digunakan antara lain Perangkat lunak *Scream! 4.5* untuk menentukan polaritas gerakan pertama gelombang *P* (impuls pertama gelombang *P*), dan amplitudo. Serta Perangkat lunak program *FOCMEC.m* yang akan dibaca oleh *software Matlab R2009a* untuk menentukan mekanisme sumber gempa vulkanik Gunung Merapi.

Input data pada penelitian ini adalah polaritas gerakan pertama gelombang P (impuls pertama gelombang P) dan amplitudo yang didapat dari picking data event gempa menggunakan *software Scream! 4.5*, kemudian data tersebut diinput ke dalam program *FOCMEC.m* dengan bantuan *software Matlab*. Sedangkan output datanya berupa nodal mekanisme sumber gempa vulkanik disertai dengan keterangan strike, dip dan rake yang kemudian dapat dianalisa jenis sesarnya.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan jaringan pemantauan seismik di BPPTKG pada tahun 2010 maka channel pada pengamatan gunung Merapi terdapat 9 buah statiun yaitu stasiun Woro (WOR), Pasarbubar (PAS), Pusunglondon (PUS), Klatakan (KLA), Labuhan (LBH), Gerawah (GRW), Deles (DEL), Gemer (GMR) dan Plawangan (PLA). Namun dalam pengolahan ini diambil beberapa stasiun yang baik yang dapat di seleksi kejadian eventnya.



Gambar 1. Monitoring Jaringan dan Stasiun di Gunung Merapi

Pada Gambar 1. nampak bahwa terdapat 9 stasiun pada gunung Merapi. Namun dalam penelitian ini digunakan 4 stasiun saja yaitu Pusung london (PUS), Klatakan (KLA), Deles (DEL), dan Plawangan (PLA).

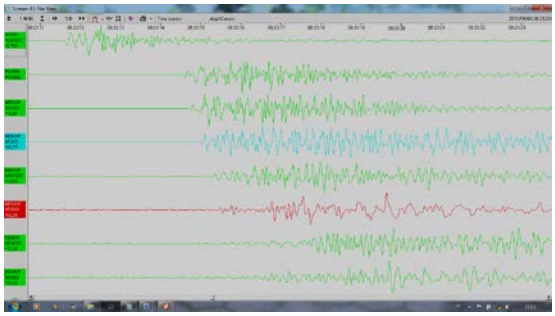
Seleksi data dilakukan dengan melakukan pemilahan data seismik dengan cara membaca rekaman data digital seismogram. Pembacaan data dilakukan oleh *software*

ISBN : 978-602-72658-0-6

Scream! 4.5 pada setiap menit dalam 1 jam. Hal pertama yang dilakukan ketika penyeleksian data yaitu memilih kenampakan gelombang (*waveform*) yang tidak putus gelombangnya. *Waveform* yang baik akan memudahkan tahap selanjutnya yaitu pada tahap pengolahan data.

Dalam menggunakan *software Scream! 4.5*akan diketahui rekaman sinyal seismiknya. Pembacaan sinyal ini dilakukan tiap menit untuk mencari Event gempa pada September 2010.

Berikut adalah contoh data untuk gempa vulkanik pada 06 September 2010.



Gambar 2. Tampilan data gempa Vulkanik pada 06 September 2010

Pada Gambar 2. terlihat bawah urutan untuk awal tiba gelombang secara berurutan adalah stasiun yang paling dekat dengan Gunung Merapi, yaitu stasiun Woro (WORO WOR0Z2), Pasar bubar (PASRB PAS0Z2), Pusung london (MERAPI SEISZ3), Klatakan (MERAPI SEISE2), Gerawah (MERAPI GRW0Z2), Deles (MERAPI SEISN2), Gemer (GEMER GEM0Z2), dan Plawangan (MERAPI SEISZ2). Namun dalam penelitian ini digunakan 4 stasiun saja yaitu Pusung london (PUS), Klatakan (KLA), Deles (DEL) dan Plawangan (PLA).

Dengan menggunakan software Scream! 4.5 serta bantuan katalog waktu tiba datang bulan September 2010 dapat menghasilkan impuls pertama gelombang P dan amplitudo yang keduanya merupakan input data pada program *FOCMEC.m* menggunakan software Matlab.

Mekanisme sumber gempa merupakan metode yang digunakan untuk menentukan jenis sesar dengan cara menentukan parameter-parameter sesar yang terdiri dari strike, dip dan rake.

1. Strike (Φ) adalah panjangnya pergesaran patahan secara horizontal yaitu sudut yang dibentuk jurus sesar dengan arah utara. Strike diukur dari arah utara ke timur searah jarum jam sampai jurus sesar $(0° \leq \Phi \leq 360°)$
2. Dip (δ) adalah besarnya pergeseran patahan kearah bawah, yaitu sudut yang dibentuk oleh bidang sesar dengan bidang horizontal dan diukur pada bidang vertikal dengan bidang arahnya tegak lurus strike sesar $(0° \leq \delta \leq 90°)$
3. Rake (λ) adalah sudut yang dibentuk oleh arah slip dan strike sesar. Rake bernilai positif pada sesar naik (reverse fault) dan bernilai negatif pada sesar turun (normal fault) $(-180° \leq \lambda \leq 180°)$

Jika parameter-parameter strike, dip dan rake diketahui maka dapat ditentukan jenis sesarnya. Berdasarkan genetisnya atau gaya yang bekerja padanya, sesar dibagi menjadi 4 bagian, yaitu sesar naik (reserve fault atau thrust fault), sesar turun (normal fault), sesar mendatar (strike dip fault) dan sesar kombinasi (oblique fault).

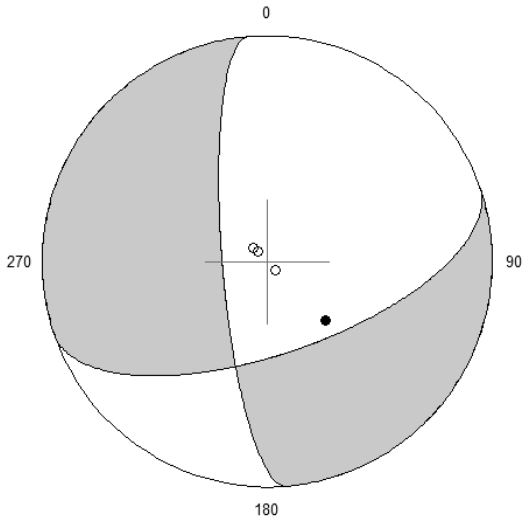
Setelah mengetahui dasar dari penentuan sesar maka tahap selanjutnya adalah dengan menginput impuls pertama gelombang P dan amplitudo kedalam program *FOCMEC.m* dengan menggunakan *software Matlab*.

Event	Nama Stasiun	Impuls Pertama	Origin Time	Amplitudo
01-Sep	pus	P+	100901170421.00	1,E+07
	kla	P-	100901170421.08	1,E+07
	del	P-	100901170421.47	1,E+07
	pla	P-	100901170422.03	9,E+06
03-Sep	pus	P-	100903012145.00	5,E+05
	kla	P+	100903012145.45	7,E+05
	del	P+	100903012145.76	2,E+06
	pla	P+	100903012146.52	8,E+05

Gambar 3. Event gempa Vulkanik pada 01 September dan 03 September 2010

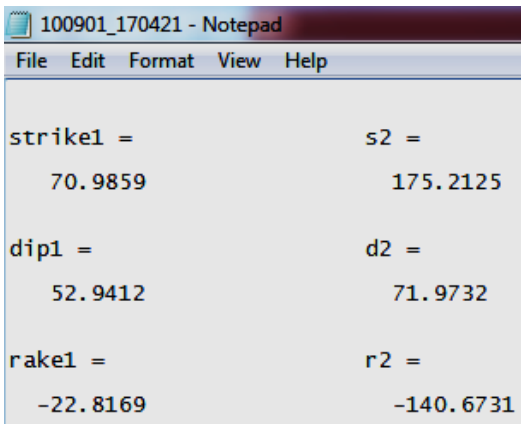
Diambil beberapa contoh event gempa pada tanggal 01 September dengan stasiun PUS adalah P+ dan stasiun KLA, DEL, PLA adalah P-, serta pada tanggal 03 September kebalikan dari tanggal 01 September yaitu dengan stasiun PUS adalah P- sedangkan ketiga stasiun lainnya KLA, DEL, PLA adalah P+. Jika diinput kedalam program *FOCMEC.m* menggunakan *software Matlab* adalah berupa nodal seperti Gambar 4. Contoh event gempa pada 01 September 2010 :

ISBN : 978-602-72658-0-6



Gambar 4. Solusi Mekanisme Sumber Gempa Vulkanik gunung Merapi pada 01 September 2010

Selain gambar nodal disertai juga keterangan strike, dip dan rake pada Command Window yang sudah dijadikan dalam notepad seperti Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan Command Window berisi strike, dip dan rake pada 01 September 2010

Tampak bahwa pada keterangan Command Window terlihat nilai rake 1 adalah -22.8169 dan rake 2 juga bernilai (-) yaitu -140.6731 sehingga dapat disimpulkan bahwa solusi mekanisme sumber gempa Vulkanik gunung Merapi pada 01 September 2010 jenis sesarnya adalah sesar turun (normal fault).

Pada Gambar 4 nodal mekanisme sumber gempa vulkanik gunung Merapi pada 01 September 2010 terlihat bahwa terdapat 4 tanda berupa ● dan ○. Tanda tersebut memiliki arti, untuk tanda ● merupakan impuls pertama gelombang P up (P+) dan tanda ○ adalah impuls pertama gelombang P down (P-). Dilihat untuk tanggal 01 September memiliki ● sebanyak 1 dan ○ sebanyak 3 dikarenakan pada stasiun PUS adalah P+ dan stasiun KLA, DEL, PLA adalah P-.

Pada penelitian ini terdapat 122 data event gempa yang dianalisis dan terdapat 67 event gempa yang solusi mekanisme sumber gempa vulkaniknya merupakan jenis sesar naik (reserve fault atau thrust fault) dan sisanya 55 event gempa vulkanik jenis sesarnya adalah sesar turun (normal fault).

Jika dipresentasekan dalam diagram lingkaran antara Sesar Naik dan Sesar Turun pada September 2010, maka Sesar Naik 55% dan Sesar Turun adalah 45%. Perhitungan presentasenya adalah sebagai berikut :

1. Sesar Naik (reverse fault atau thrust fault)

$$\frac{\text{jumlah sesar naik}}{\text{jumlah keseluruhan sesar}} \times 100\% = \text{Presentase Sesar Naik}$$

$$\frac{67}{122} \times 100\% = 54.91803$$

Jika dibulatkan menjadi 55%.

2. Sesar Turun (normal fault)

$$\frac{\text{jumlah sesar turun}}{\text{jumlah keseluruhan sesar}} \times 100\% = \text{Presentase Sesar Turun}$$

$$\frac{55}{122} \times 100\% = 45.08197$$

Jika dibulatkan menjadi 45%.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, yaitu mengenai Analisis Mekanisme Sumber Gempa Vulkanik Gunung Merapi September 2010, maka dapat disimpulkan :

1. Data seismogram (data seismik) yang dianalisis dengan cara membaca rekaman data digital seismogram pembacaan data dilakukan oleh *software Scream! 4.5* pada setiap menit dalam 1 jam pada bulan September 2010 dengan mendapatkan hasil sebanyak 122 data event gempa Vulkanik, baik gempa vulkanik tipe A (VTA) maupun gempa vulkanik tipe B (VTB). Dengan hasilnya berupa impuls pertama gelombang P dan amplitudo yang keduanya merupakan data yang akan diinput pada program FOCMEC.m menggunakan software Matlab yang outputnya berupa nodal mekanisme sumber gempa Vulkanik gunung Merapi yang disertai dengan keterangan strike, dip dan rake yang kemudian dapat dianalisis jenis sesarnya sesuai dengan tujuan dari penelitian ini.
2. Hasil analisis mekanisme sumber gempa Vulkanik gunung Merapi pada bulan

ISBN : 978-602-72658-0-6

September 2010 adalah 45% merupakan sesar turun (normal fault) dengan 55 data event gempa vulkanik gunung Merapi yang dapat dilihat pada lampiran. Sedangkan 55%nya merupakan sesar naik (reverse fault atau thrust fault) dengan jumlah 67 data event gempa yang juga dapat dilihat dalam lampiran. Sehingga mekanisme sumber gempa Vulkanik gunung Merapi pada bulan September 2010 merupakan sesar obliq (oblique fault) yaitu kombinasi antara sesar turun(normal fault) dan sesar naik(reverse fault atau thrust fault).

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada BPPTKG (Balai Penyelidikan dan Pengembangan Kebencenaan Geologi) Yogyakarta yang telah memberikan dukungan mulai dari penyedian software, pengolahan data serta berlanjut pada proses interpretasi data penelitian.

Referensi

[1] Daryono. 2012. *Aktivitas Gempa Bumi Tektonik di Yogyakarta Menjelang Erupsi Merapi 2010*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) : Yogyakarta.