

Analisa *Shakemap* dan Jenis Sesar Studi Kasus: Gempabumi Terasa Di Purworejo – Jawa Tengah

Nugroho Budi Wibowo* , Dian Susri Nurhaci

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Geofisika Yogyakarta
JL. Wates km 8, Dusun Jitengan, Desa Balecat, Kecamatan Gamping, Sleman,
D.I Yogyakarta Telp (0274) 6498383

*Email: nugrohobudiwibowo@gmail.com

ABSTRACT

Earthquake July 18, 2016 at 5:59:00 am occur on land 18 Km Northwest Purworejo. The earthquake measuring 3.6SR at a depth of 13 kilometers and was felt in Purworejo I - II MMI. This study aims to analyze the earthquake affected based on *shakemap* analysis and determine the type of fault used the initial motion of P waves that recorded on seismograph. *Shakemap* analysis using *shakemap* application at BMKG servers based on the accelerograph network BMKG. Meanwhile, an analysis the type of fault using focal application with data input signals from the seismograph SeisComp3 system. The highest values of peak ground acceleration (PGA) recorded in BPBD Kebumen's station is 0.5075 gal (EW component), 0.5018 gal (NS component) and 0.3538 gal (UD component). Model *shakemap* for Purworejo earthquake felt I SIG (I-II MMI) in Purworejo, Kebumen and Banjarnegara. The models of focal mechanism are the first nodal obtained strike 321, dip 33, rake 95, and the second nodal obtained strike 135, dip 57, rake 87. Based on the distribution model compression axis (up or T) and dilatation (down or P), the type of fault is reverse fault. The epicenter of the Purworejo earthquake correlated with the Rebung fault in Purworejo.

Keyword: *Shakemap*, Focal Mechanism, PGA, Intensity, Earthquake, Fault.

ABSTRAK

Gempabumi 18 Juli 2016 pukul 05:59:00 WIB terjadi di darat 18 Km Barat Laut Purworejo. Gempabumi tersebut berkekuatan 3.6 SR dengan kedalaman 13 Km dan dirasakan di Purworejo I – II MMI. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa daerah terdampak gempabumi Purworejo berdasarkan analisa *shakemap* dan mengetahui jenis sesar berdasarkan gerak awal gelombang P yang terekam pada seismograf. Analisa *shakemap* menggunakan aplikasi server *shakemap* BMKG Pusat berdasarkan data jaringan *accelerograph*. Sedangkan, analisa jenis sesar menggunakan aplikasi *focal* dengan input data sinyal seismograf dari sistem *seiscomp3*. Nilai percepatan getaran tanah (PGA) pada gempabumi Purworejo tertinggi terekam pada stasiun BPBD Kebumen yaitu 0.5075 gal (komponen EW), 0.5018 gal (komponen NS) dan 0.3538 gal (komponen UD). Model *shakemap* menunjukkan gempabumi Purworejo dirasakan I SIG (I-II MMI) di Purworejo, sebagian Kebumen dan Banjarnegara. Hasil model *focal mechanism* pada nodal 1 diperoleh strike 321, dip 33 dan rake 95, sedangkan nodal 2 diperoleh strike 135, dip 57 dan rake 87. Berdasarkan model distribusi sumbu kompresi (up atau T) dan dilatasi (down atau P), jenis sesar tersebut berupa sesar naik. Episenter gempabumi Purworejo berkorelasi dengan keberadaan Sesar Rebung di Purworejo.

Kata kunci: *Shakemap*, Focal Mechanism, PGA, Intensitas Gempabumi, Sesar.

PENDAHULUAN

Kepulauan Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu lempeng Indo-Australia di bagian Selatan dan Barat, lempeng Eurasia di bagian Utara, dan lempeng Pasifik di bagian Timur [1]. Kondisi ini membuat Kepulauan Indonesia memiliki resiko terhadap bencana gempabumi. Purworejo merupakan Kabupaten di Provinsi Jawa Tengah yang memiliki potensi bencana gempabumi, baik gempabumi dengan episenter di laut maupun di darat. Gempabumi dengan episenter di laut diakibatkan oleh aktifitas subduksi, sedangkan gempabumi di darat diakibatkan oleh aktifitas sesar. Pada tanggal 18 Juli 2016 pukul 05:59:00 WIB terjadi gempabumi tektonik dengan pusat gempa di darat 18 Km Barat Laut Purworejo. Gempabumi tersebut berkekuatan 3.6 SR dengan kedalaman 13 Km dan dirasakan di Purworejo I – II MMI. Berdasarkan data seismisitas, Kabupaten Purworejo jarang sekali terjadi gempabumi dengan episenter di darat dan dirasakan. Hipotesis awal, gempabumi tersebut diakibatkan aktifitas sesar Rebung. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa daerah terdampak gempabumi Purworejo berdasarkan analisa *shakemap* dan mengetahui jenis sesar berdasarkan gerak awal gelombang P yang terekam pada seismograf. Pembuatan *shakemap* menggunakan aplikasi server *shakemap* BMKG Pusat berdasarkan data jaringan *accelerograph*. Sedangkan analisa jenis sesar menggunakan aplikasi focal dengan input data sinyal seismograf dari sistem *seiscomp3*.

DASAR TEORI

Shakemap (Peta Tingkat Guncangan)

Shakemap (Peta Tingkat Guncangan) merupakan peta yang menunjukkan besarnya guncangan gempabumi dalam satuan percepatan (gal). Input model *shakemap* merupakan data percepatan maksimum dari jaringan *accelerograph* yang terdapat pada BMKG. Pemodelan nilai percepatan tanah pada suatu titik (x^*, y^*) menggunakan persamaan [5] :

$$\bar{Y}_{ry} = \frac{Y_{GMPE,xy} + \sum_{i=1}^n \frac{Y_{obs,xy,i}}{\sigma^2_{obs,xy,i}} + \sum_{j=1}^n \frac{Y_{conv,xy,i}}{\sigma^2_{conv,xy,j}}}{\frac{1}{\sigma^2_{GMPE}} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma^2_{obs,xy,i}} + \sum_{j=1}^n \frac{1}{\sigma^2_{conv,xy,j}}} \quad (1)$$

Dimana:

$Y_{GMPE,xy}$ dan σ^2_{GMPE} : amplitudo dan perbedaannya pada titik $(x, *y^*)$ yang diperoleh dari model GMPE

$Y_{obs,xy,i}$: Amplitudo observasi yang diskalakan pada titik $(x, *y^*)$

$\sigma^2_{obs,xy,i}$: Perbedaan yang berhubungan dengan nilai observasi pada titik $(x, *y^*)$

$Y_{conv,xy,i}$: Amplitudo yang telah diskalakan pada titik $(x, *y^*)$

$\sigma^2_{conv,xy,j}$: Perbedaan yang berhubungan dengan konversi observasi j pada titik $(x, *y^*)$.

Output model *shakemap* berwujud data percepatan dan dikonversi dalam Skala Intensitas Gempabumi (SIG) BMKG, seperti pada tabel berikut.

Tabel 1. (*color online*) Kategori Skala Intensitas Gempabumi (SIG) BMKG, MMI dan PGA ^[4]

Skala SIG BMKG	Warna	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci	Skala MMI	PGA (gal)
I	Putih	TIDAK DIRASAKAN (Not Felt)	Tidak dirasakan atau dirasakan hanya oleh beberapa orang tetapi terekam oleh alat.	I-II	< 2.9
II	Hijau	DIRASAKAN (Felt)	Dirasakan oleh orang banyak tetapi tidak menimbulkan kerusakan. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan jendela kaca bergetar.	III-IV	2.9-88
III	Kuning	KERUSAKAN RINGAN (Slight Damage)	Bagian non struktur bangunan mengalami kerusakan ringan, seperti retak rambut pada dinding, genteng bergeser ke bawah dan sebagian berjatuhan.	VI	89-167
IV	Jingga	KERUSAKAN SEDANG (Moderate Damage)	Banyak Retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah. Sebagian plester dinding lepas. Hampir sebagian besar genteng bergeser ke bawah atau jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang.	VII-VIII	168-564
V	Merah	KERUSAKAN BERAT (Heavy Damage)	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh. Struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Rel kereta api melengkung.	IX-XII	> 546

Bola Fokus dan Diagram Mekanisme Sumber Gempabumi

Bola fokus merupakan ilustrasi penjalaran gelombang yang berpusat pada sumber gempabumi. Bola fokus meliputi penjalaran gelombang seismik yang menjalar dari sumber gempabumi sampai ke stasiun penerima. Untuk menentukan titik pada suatu bola fokus yang memuat informasi polaritas gerakan pertama gelombang P (kompresi dan dilatasi) diperlukan koordinat sudut sinar (i, Δ). Koordinat i menyatakan sudut keberangkatan sinar atau disebut *incident angle*. Sudut ini diukur dari arah vertikal sampai arah sinar, besarnya sudut idapat dihitung dengan persamaan ^[6]:

$$\sin i = \frac{PV(h)}{(R-h)} \quad (1)$$

Dengan:

P : Parameter gelombang gempabumi /waktu kejadian detik (s).

V (h) : Kecepatan gelombang pada kedalaman h (m/det).

R : Jari-jari bumi (m).

h : Kedalaman sumber gempabumi (m)

Untuk menggambarkan distribusi polaritas gerakan pertama gelombang P secara global, hiposenter diasumsikan sebagai bola dengan radius sangat kecil yang disebut bola fokus gempabumi. Bola fokus gempabumi yang didapatkan dari hasil analisa polaritas gerakan pertama gelombang Padahal dalam bentuk tiga dimensi, sehingga sulit untuk diinterpretasikan secara visual. Untuk itu perlu diproyeksikan ke dalam bentuk dua dimensi dengan cara membagi bola fokus gempa bumi menjadi

dua bagian yang simetris memotong hiposenter, yaitu setengah bagian atas dan setengah bagian bawah. Proyeksi potongan bola pusat gempa bumi bagian bawah berwujud diagram mekanisme sumber gempa bumi (*focal mechanism*) dua dimensi. Dua garis nodal membagi diagram mekanisme sumber gempa bumi ke dalam empat kuadran yang memisahkan daerah kompresi dan dilatasi. Dua bidang nodal tersebut adalah bidang patahan (*fault plane*) dan bidang bantu (*auxiliary plane*) Sumbu P di kuadran dilatasi dan sumbu T di kuadran kompresi. Perpotongan antara dua garis nodal disebut sumbu N (*null*) yang merupakan arah *Stress* nol. Sumbu P, T, dan N ditentukan oleh sudut azimuth (diukur searah jarum jam dari arah utara) dan *Plunge* (diukur ke bawah dari horizontal). Kedua sudut diukur dengan menggunakan kertas stereografis. Tekanan dan tarikan menunjukkan arah gaya yang bekerja pada hiposenter, sedangkan kompresi dan dilatasi merupakan arah gerakan awal gelombang *Pyang* tercatat pada seismogram.

METODE PENELITIAN

Pengolahan *Shakemap* (Peta Tingkat Guncangan)

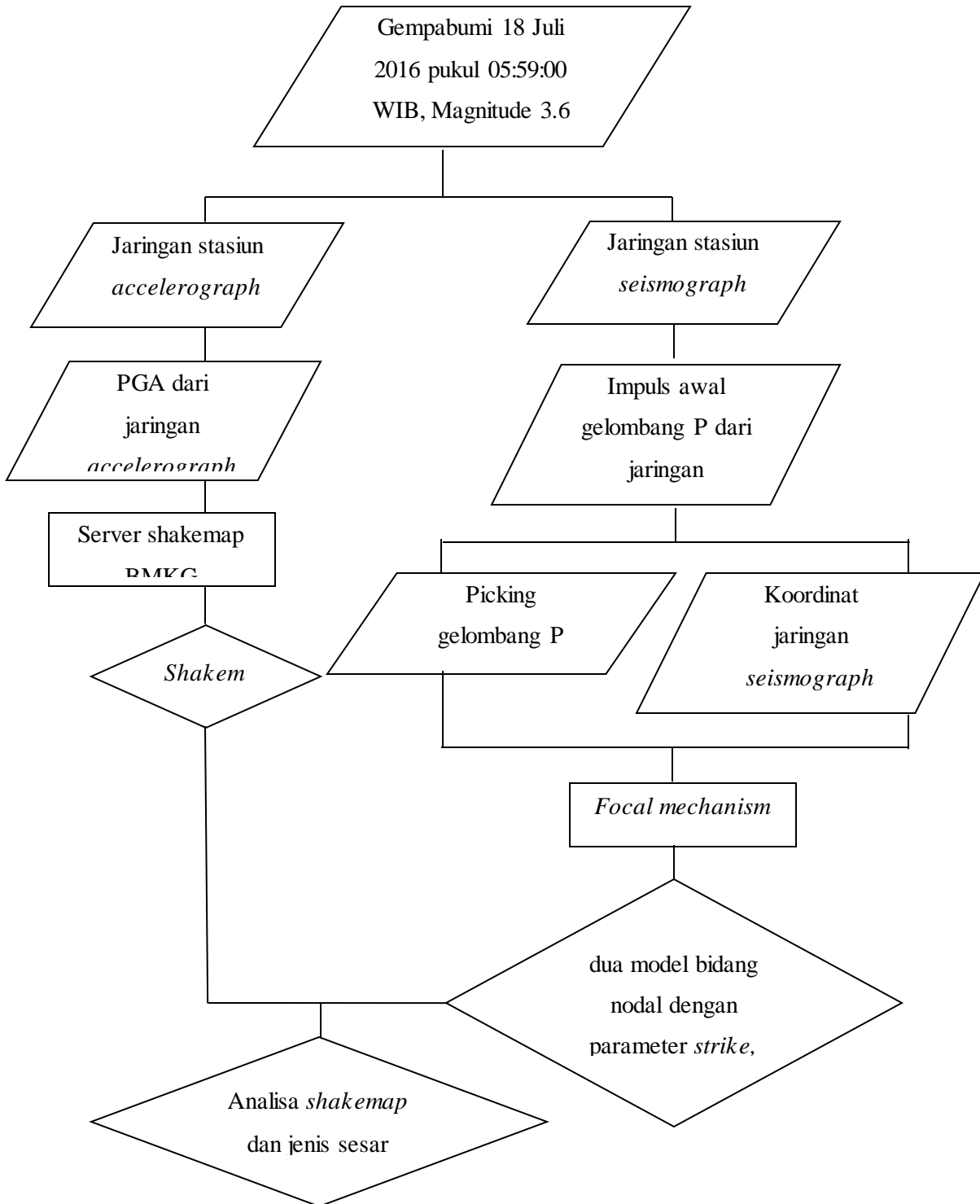
Shakemap dibuat menggunakan input stasiun *accelerograph* yang merekam sinyal gempa purworejo, yaitu stasiun WOJI (wonogiri), PCJI (Pacitan), KBJN (BPBD Kebumen), UGM (Wanagama), SCJI (Cilacap), SMRI (Semarang), dan SEKI (Staklim Semarang). Nilai percepatan tanah pada setiap stasiun dimodelkan untuk menghasilkan peta tingkat guncangan.

Identifikasi Sesar dengan Polaritas Gelombang P

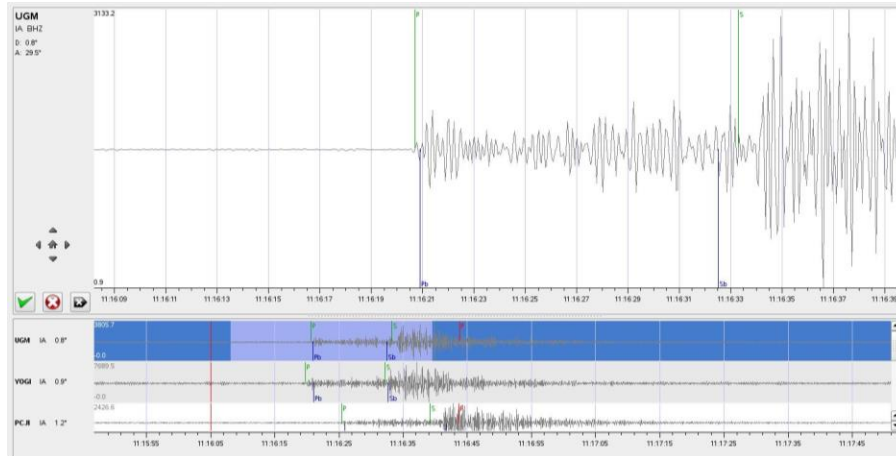
Parameter data yang digunakan adalah polaritas gelombang P, jumlah dan nama stasiun yang mencatat gempa bumi, koordinat (Lintang dan Bujur), dan kedalaman. Data polaritas gelombang P berupa sinyal kompresi (C) dan dilatasi (D) hasil rekaman sinyal gempa bumi pada seismograf *multistation*. Data tersebut dapat diperoleh dari jaringan pengamatan gempa bumi Seiscomp3 yang terdapat di Pusat Gempa Regional VII (Stasiun Geofisika Yogyakarta). Pembacaan impuls awal gelombang P sinyal gempa bumi dilakukan menggunakan aplikasi Seiscomp3. Gambar berikut menunjukkan proses *picking* gelombang P pada sistem Seiscomp3 ^[3].

Model sesar berdasarkan program focal

Program *focal mechanism* merupakan program pemodelan sesar berbasis MS-DOS dengan menggunakan input berupa parameter gempa bumi, impuls awal gelombang P (kompresi atau dilatasi) dan data lokasi stasiun pencatat gempa bumi. Model sesar yang dihasilkan dari program tersebut berupa dua model bidang nodal dengan parameter *strike*, *dip* dan *rake*. Interpretasi dilakukan pada dua model nodal untuk menentukan model nodal yang sesuai dengan kondisi lapangan. Interpretasi dilakukan dengan bantuan informasi data geologi regional di wilayah penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. (color online) Picking impuls awal gelombang P pada sistem Seiscomp3

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa *Shakemap* Gempabumi Purworejo

Gempabumi Purworejo 18 Juli 2016 terekam pada beberapa stasiun *accelerograph* BMKG, gempabumi tersebut dirasakan oleh masyarakat di Purworejo dan sekitarnya. Stasiun *accelerograph* yang mencatat gempabumi tersebut antara lain: KBJN (Kebumen), UGM (Wonosari), SCJI (Cilacap), SMRI (Semarang), SEKI (Semarang), WOJI (Wonogiri) dan PCJI (Pacitan). Nilai percepatan getaran tanah (PGA) pada masing – masing stasiun disajikan pada Tabel 1.

Tabel 2. Nilai PGA, MMI, SIG dan Jarak Stasiun Accelerograph BMKG pada Gempabumi Purworejo

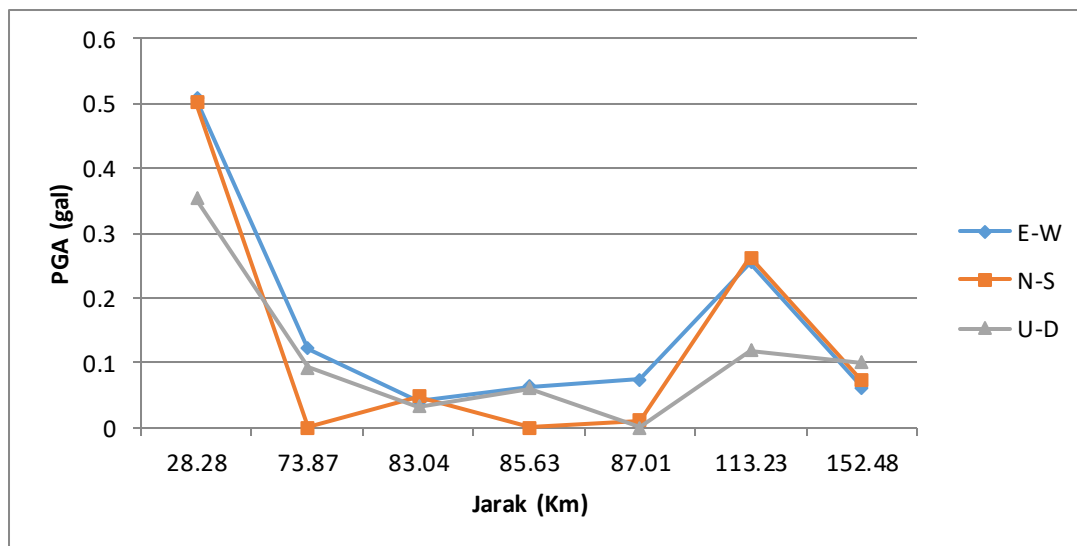
No	ID Stasiun	Stasiun	Jarak (Km)	MMI	SIG	PGA-EW (gal)	PGA-NS (gal)	PGA-UD (gal)
1	WOJI	Wonogiri	113.23	I	I	0.2548	0.2617	0.1186
2	PCJI	Pacitan	152.48	I	I	0.0608	0.0725	0.1000
3	KBJN	BPBD Kebumen	28.28	II	I	0.5075	0.5018	0.3538
4	UGM	Wanagama	73.87	I	I	0.1215	-	0.0921
5	SCJI	Cilacap	83.04	I	I	0.0392	0.0470	0.0323
6	SMRI	Semarang	85.63	I	I	0.0637	-	0.0598
7	SEKI	Staklim Semarang	87.01	I	I	0.0735	0.0098	-

Sumber: Accelerograph, BMKG

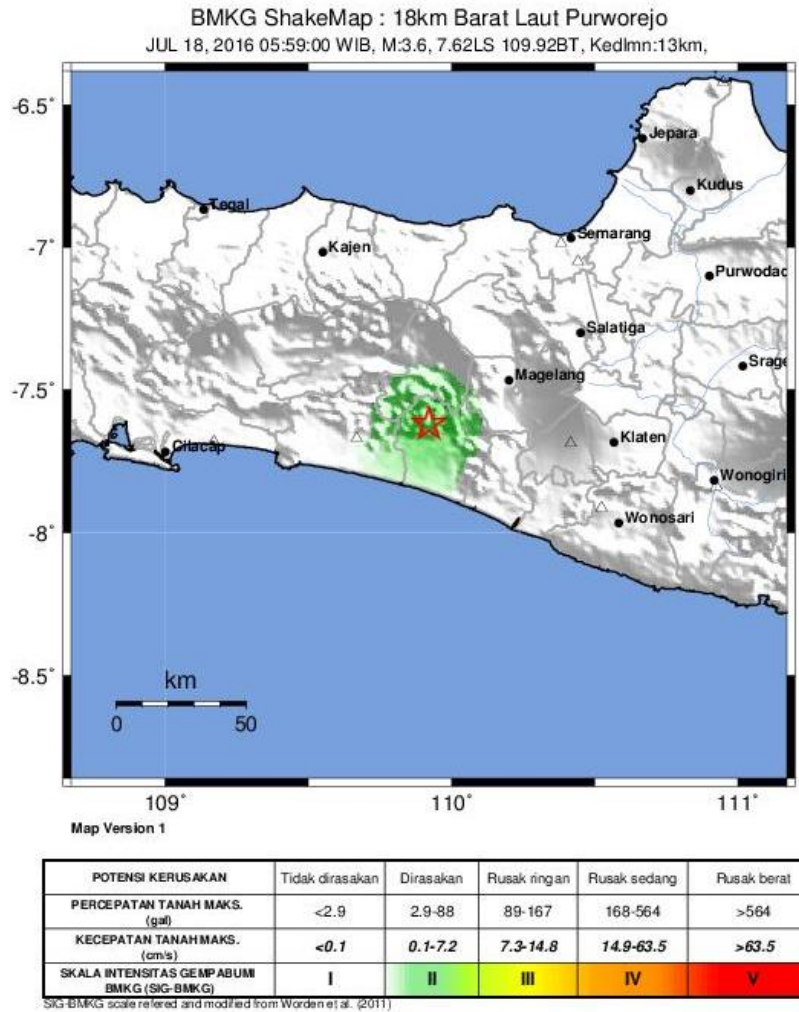
Nilai percepatan getaran tanah (PGA) pada gempabumi Purworejo tertinggi terekam pada stasiun BPBD Kebumen yaitu 0.5075 gal (komponen EW), 0.5018 gal (komponen NS) dan 0.3538 gal (komponen UD). Stasiun tersebut merupakan stasiun terdekat dengan episenter, yaitu 28.28 Km. Namun, jarak tidak selalu berkorelasi positif (semakin jauh lokasi stasiun, semakin kecil nilai PGA). Stasiun Wonogiri memiliki nilai PGA yang cukup tinggi, yaitu 0.2548 gal (komponen EW), 0.2617 gal (komponen NS) dan 0.1186 gal (komponen UD). Faktor geologi setempat dapat

mempengaruhi perbedaan nilai percepatan di suatu tempat, selain faktor jarak. Gambar 2, menunjukkan variasi nilai PGA pada masing – masing stasiun accelerograph.

Intensitas gempabumi (MMI) pada gempabumi Purworejo I – II MMI atau I SIG, yang berarti dirasakan oleh sedikit orang terutama pada bangunan bertingkat. Hasil tersebut merupakan hasil rekaman pada accelerograph, sedangkan informasi yang diperoleh Stasiun Geofisika Yogyakarta gempabumi purworejo dirasakan di Purworejo I – II MMI. Hal tersebut, sesuai dengan model *shakemap* yang dihasilkan. Model *shakemap* pada gambar 3, menunjukkan gempabumi tersebut dirasakan I SIG (I-II MMI) di Purworejo, sebagian Kebumen dan Banjarnegara.



Gambar 3. (color online) Variasi nilai PGA berdasarkan jarak stasiun accelerograph



Gambar 4. (color online) *Shakemap* gempabumi Purworejo 18 Juli 2016

Analisa Jenis Sesar berdasarkan Model *Focal Mechanism*

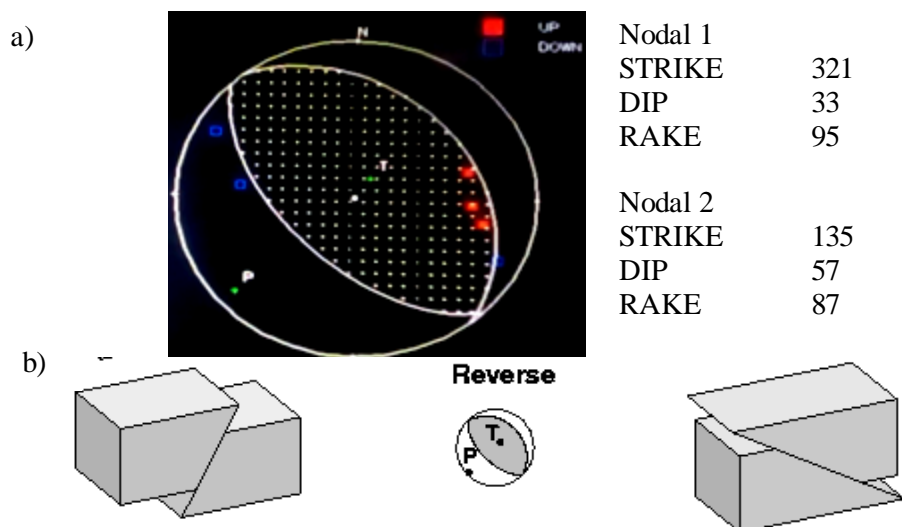
Analisa jenis sesar penyebab gempabumi Purworejo menggunakan data hasil rekaman seismograph jaringan BMKG dengan sistem Seiscomp3. Event gempabumi tersebut terekam pada 7 stasiun seismograph, yaitu YOGI, UGM, SMRI, WOJI, SWJI, GRJI dan CNJI seperti terdapat pada Tabel 2.

Tabel 3. Impuls Awal Gelombang P pada Stasiun Perakam Gempabumi Purworejo

No.	Kode Stasiun	Lokasi	Impuls Awal Gel P
1	YOGI	Yogyakarta	-1 (dilatasi)
2	UGM	Wanagama UGM DIY	-1(dilatasi)
3	SMRI	Semarang Jawa Tengah	1(kompresi)
4	WOJI	Wonogiri, Jawa Tengah	1(kompresi)
5	SWJI	Sawahan Jawa Timur	1(kompresi)
6	GRJI	Gresik, Jawa Timur	1(kompresi)
7	CNJI	Cibinong, Jawa Barat	-1(dilatasi)

Sumber: Seiscomp3, BMKG

Pembacaan impuls awal gelombang P menunjukkan, impuls awal berupa dilatasi terjadi pada stasiun YOGI, UGM, dan CNJI. Sedangkan stasiun SMRI, WOJI, SWJI dan GRJI memiliki impuls awal P berupa kompresi. Hasil plotting impuls awal gelombang P pada bola focal, distribusi sumbu kompresi (up atau T) terkonsentrasi di pusat bola fokus. Sedangkan distribusi sumbu dilatasi (down atau P) berada di sisi barat dan timur bola fokus. Hasil model pada nodal 1 diperoleh strike 321, dip 33 dan rake 95, sedangkan nodal 2 diperoleh strike 135, dip 57 dan rake 87. Berdasarkan model distribusi sumbu kompresi (up atau T) dan dilatasi (down atau P), jenis sesar tersebut berupa sesar naik. Gambar 3, menunjukkan model *focal mechanism* dan parameternya. Episenter gempabumi Purworejo berdasarkan peta geologi berkorelasi dengan keberadaan sesar Rembung.



Gambar 5.a) Bola fokus model *focal mechanism* dan b) Visual model bidang sesar naik ^[2]

KESIMPULAN

1. Nilai PGA gempabumi Purworejo tertinggi di Stasiun KBJN yaitu 0.5075 gal (komponen EW), 0.5018 gal (komponen NS) dan 0.3538 gal (komponen UD).
2. Model *shakemap* menunjukkan gempabumi Purworejo dirasakan I SIG (I-II MMI) di Purworejo, sebagian Kebumen dan Banjarnegara.
3. Hasil model *focal mechanism* pada nodal 1 diperoleh strike 321, dip 33 dan rake 95, sedangkan nodal 2 diperoleh strike 135, dip 57 dan rake 87. Berdasarkan model distribusi sumbu kompresi (up atau T) dan dilatasi (down atau P), jenis sesar tersebut berupa sesar naik.
4. Episenter gempabumi Purworejo berkorelasi dengan keberadaan Sesar Rebung di Purworejo.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Ibrahim, Gunawan dan Subardjo.2005, Pengetahuan Seismologi, Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.
- 2 *Focal Mechanism*, diakses dari <http://earthquake.usgs.gov/learn/topics/beachball.php> pada tanggal 5 September 2016.
- 3 Kirbani, dkk. 2006. Percepatan Getaran Tanah Maksimum Daerah Istimewa Yogyakarta 1943-2006. *Jurnal Geofisika* 19.
- 4 Munro Kim.2016. *Automatic event detection and picking of P-wave arrivals*. CREWES Research Report. Vol. 16 p1-10
- 5 Susanti Dwi B, dkk. *Skala Intensitas Gempabumi MMI (Modified Mercalli Intensity) dan SIG BMKG*. Informasi Geofisika. Stasiun Geofisika Yogyakarta. Edisi Juni Tahun 2016. Hal 9-11.
- 6 Wibowo, N. B.Sembri, J. 2016 Analisis *Peak Ground Acceleration (PGA)* dan Intensitas Gempabumi berdasarkan Data Gempabumi Terasa Tahun 1981 - 2014 di Kabupaten Bantul Yogyakarta, Vol.6, No.1, Hal. 65-72.
- 7 Worden Bruce C, Wald D. *Shakemap Manual Release*.2016. diakses dari http://usgs.github.io/shakemap/tg_processing.html#equation-equation2. Pada tanggal 5 September 2016
- 8 Zawawi A.2011. Analisa Mekanisme Pusat Gempabumi di Cilacap Jawa Tengah pada Tanggal 4 April 2011. Fakultas Saintek. UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta.