

ANALISIS SEISMISITAS DAN ENERGI GEMPABUMI DI KAWASAN JALUR SESAR OPAK-OYO YOGYAKARTA

THE ANALYSIS OF SEISMICITY AND EARTHQUAKE ENERGY IN OPAK-OYA FAULT AREA YOGYAKARTA

Nugroho Budi W*, Juwita N.S

BMKG Stasiun Geofisika Yogyakarta

*email: nugrohobudiwibowo@gmail.com

Abstrak

Gempabumi yang terjadi di wilayah Yogyakarta terjadi akibat aktivitas sesar yang terdapat di permukaan, seperti Sesar Opak-Oyo, Sesar Dengkeng dan Sesar yang terdapat di Perbukitan Menoreh serta aktivitas lempeng tektonik yang terdapat di Selatan Pulau Jawa. Aktivitas Sesar Opak-Oyo dapat tercermin dari distribusi episenter dan energi gempabumi yang terjadi. Penelitian ini bertujuan menganalisis energi gempabumi yang memiliki episenter di sekitar Sesar Opak-Oyo secara spasial dan temporal. Berdasarkan data gempabumi tahun 2008–2016 terdapat 66 event gempabumi dengan 11 event terasa. Distribusi episenter tergambar dalam peta seismisitas dan untuk parameter tektonik digunakan metode least square. Peta seismisitas kawasan Sesar Opak-Oyo menunjukkan distribusi episenter lebih banyak di sebelah Timur dan Tenggara jalur sesar dengan nilai b hasil perhitungan metode least square yaitu 0,4. Secara temporal, terdapat kecenderungan peningkatan kejadian dari tahun 2008 hingga 2015 dan penurunan kecenderungan kejadian gempabumi dari tahun 2015 hingga 2017. Energi yang dihasilkan dari gempa pada kawasan Sesar Opak-Oyo bervariasi dari $1 \times 105,2 - 1 \times 1012$ joule. Sedangkan energi yang berasosiasi dengan keberadaan jalur Sesar Opak memiliki nilai berkisar antara $1 \times 105,2 - 1 \times 109,6$ joule dengan hiposenter 10-20 Km. Pola sebaran energi memiliki pola yang hampir sama dengan formasi geologi di kawasan tersebut.

Kata kunci : Sesar Opak-Oyo, episenter, seismisitas, least square, energi.

Abstract

Earthquake occurred in the Region of Yogyakarta were caused by fault activities on the surface, such as Opak-Oyo Fault, Dengkeng Fault and faults in the Menoreh Hills and plate tectonic activities in South of Java. Opak-Oyo Fault activity are reflected from epicenter distribution and earthquake energy. This research aimed to analyze the earthquake energy which has epicenter around the Opak-Oyo Fault in spatial and temporal. Based on earthquake catalogue from 2008 – 2016, there were 66 earthquakes with 11 significant events. Epicenter distribution was reflected in seismicity map and for the tectonic parameter least square method was used. Seismicity map of Opak-Oyo Fault area showed that distribution of epicenter in the Eastern and Southeastern of fault line with the calculation result of b value using least square method is 0.4. In temporal, there is an increasing trend of events in 2008-2015 and declining trend of earthquake in 2015-2017. Earthquake energy that released in Opak-Oyo Fault area has varying value about $1 \times 105.2 - 1 \times 1012$ joules. Meanwhile, the energy that associated with the existence of Opak Fault Lines has value between $1 \times 105.2 - 1 \times 109.6$ joule with hypocenter of 10-20 km. The energy distribution has similar pattern with geological formations in that area.

Keyword : Opak-Oyo Fault, epicenter, seismicity, least square, energy.

Pendahuluan

Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan wilayah yang termasuk dekat dengan zona tumbukan lempeng serta memiliki struktur geologi yang kompleks. Kondisi tatanan tektonik

yang begitu kompleks menyebabkan wilayah Yogyakarta dan sekitarnya telah menjadi kawasan seismik aktif dengan frekuensi kegempaan yang cukup tinggi. Gempabumi yang terjadi di wilayah Yogyakarta terjadi akibat aktivitas sesar yang terdapat di permukaan, seperti Sesar Opak-Oyo,

Sesar Dengkeng dan sesar yang terdapat di Perbukitan Menoreh. Selain itu, gempabumi di wilayah Yogyakarta juga diakibatkan oleh aktivitas lempeng tektonik yang terdapat di Selatan Pulau Jawa. Gempabumi yang berasosiasi dengan keberadaan Sesar Opak-Oyo memiliki karakteristik kedalaman gempa (hiposenter) dangkal, yaitu 10-30 km dengan kekuatan bervariasi antara 2-3 SR. Berdasarkan hasil kajian deformasi koseismik dengan metode survei GPS yang dilakukan oleh tim peneliti dari Teknik Geodesi ITB dan UGM bekerja sama dengan Nagoya University menyimpulkan bahwa sesar penyebab gempabumi 27 Mei 2006 adalah sesar jenis sinistral dengan panjang 18 km lebar 10 km strike 48° dan dip 89° dan berada 3-4 km di sebelah timur dari lokasi Sesar Opak yang biasa digambarkan pada peta geologi [1]. Berdasarkan penelitian aftershock yang datanya diambil selama 3 bulan mulai hari ke empat setelah gempa, sesar penyebab gempa berada kurang lebih 10 km-20 km di sebelah timur dari rendahan Sesar Opak [5]. Berdasarkan hasil kajian pemetaan Sesar Opak dengan metode gravitasi (studi kasus daerah Parangtritis dan sekitarnya), lokasi Sesar Opak yang diperkirakan dari metode gravitasi secara umum berada di sebelah barat Sesar Opak yang di tunjukkan dalam peta geologi lembar Yogyakarta. Keberadaan Sesar Opak berdasarkan penelitian - penelitian sebelumnya seharusnya menunjukkan korelasi dengan episenter gempabumi yang diakibatkan oleh aktivitas Sesar Opak-Oyo. Korelasi tersebut dapat tercermin berdasarkan distribusi episenter dan energi gempabumi yang terjadi. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis energi gempabumi yang memiliki episenter di sekitar Sesar Opak-Oyo secara spasial dan temporal dari tahun 2008-2016.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan data gempabumi PGR VII hasil analisa seiscomp3 dengan periode tahun 2008-2016. Batasan wilayah penelitian 7.760- 8.160LS hingga 110.30 – 110.80BT. Jumlah data gempabumi yang digunakan sebanyak 66 event gempabumi dengan 11 event gempabumi terasa.

Seismisitas

Seismisitas adalah aktivitas seismik (gempabumi) atau banyaknya gempabumi dalam kurun waktu tertentu. Studi pola seismisitas

ditujukan untuk memperoleh gambaran pola perbandingan aktivitas seismik suatu daerah dalam periode yang cukup panjang. Metode untuk mengetahui parameter seismik dan tektonik suatu wilayah adalah dengan hubungan Gutenberg-Richter atau magnitude-frequency relation (MFR) yang dituliskan sebagai :

$$\text{Log } n(M) = a - bM \quad (1)$$

dengan $n(M)$ adalah jumlah gempabumi dengan magnitude M . Nilai- a merupakan parameter seismik yang besarnya bergantung pada banyaknya kejadian gempabumi dan untuk wilayah tertentu bergantung pada penentuan volume dan time window. Nilai- b (biasanya mendekati 1) merupakan parameter tektonik yang menunjukkan jumlah relatif dari getaran yang kecil dan yang besar. Nilai- b dapat ditentukan dengan metode least square atau maximum likelihood. Metode maximum likelihood menggunakan persamaan yang diberikan Utsu (1967) yaitu [3] :

$$b = \frac{\log e}{M - M_{\min}} = \frac{0.4343}{M - M_{\min}} \quad (2)$$

dengan \bar{M} adalah magnitude rata-rata dan M_{\min} adalah magnitude minimum.

Energi Gempabumi

Dalam Rumus Gutenberg-Richter, energi dapat ditentukan dengan menggunakan input parameter magnitude melalui persamaan: $\log E_s = a + b M$, dimana a dan b merupakan konstanta. Berdasarkan persamaan Choy dan Boatwright (1995) persamaan energi adalah [2] :

$$\log E_s = 4.4 + 1.5 M_s \quad (3)$$

dimana M_s merupakan magnitude gelombang permukaan.

Persamaan konversi magnitude dari m , mb , MI menjadi M_s berdasarkan Ambrasseys (1990) sebagai berikut [1] :

$$m - 2.5 = 0.63 M_s \quad (4)$$

$$0.86 mb - 1.94 = 0.49 M_s \quad (5)$$

$$0.80 MI - 1.04 = 0.6 M_s \quad (6)$$

Hasil dan Pembahasan

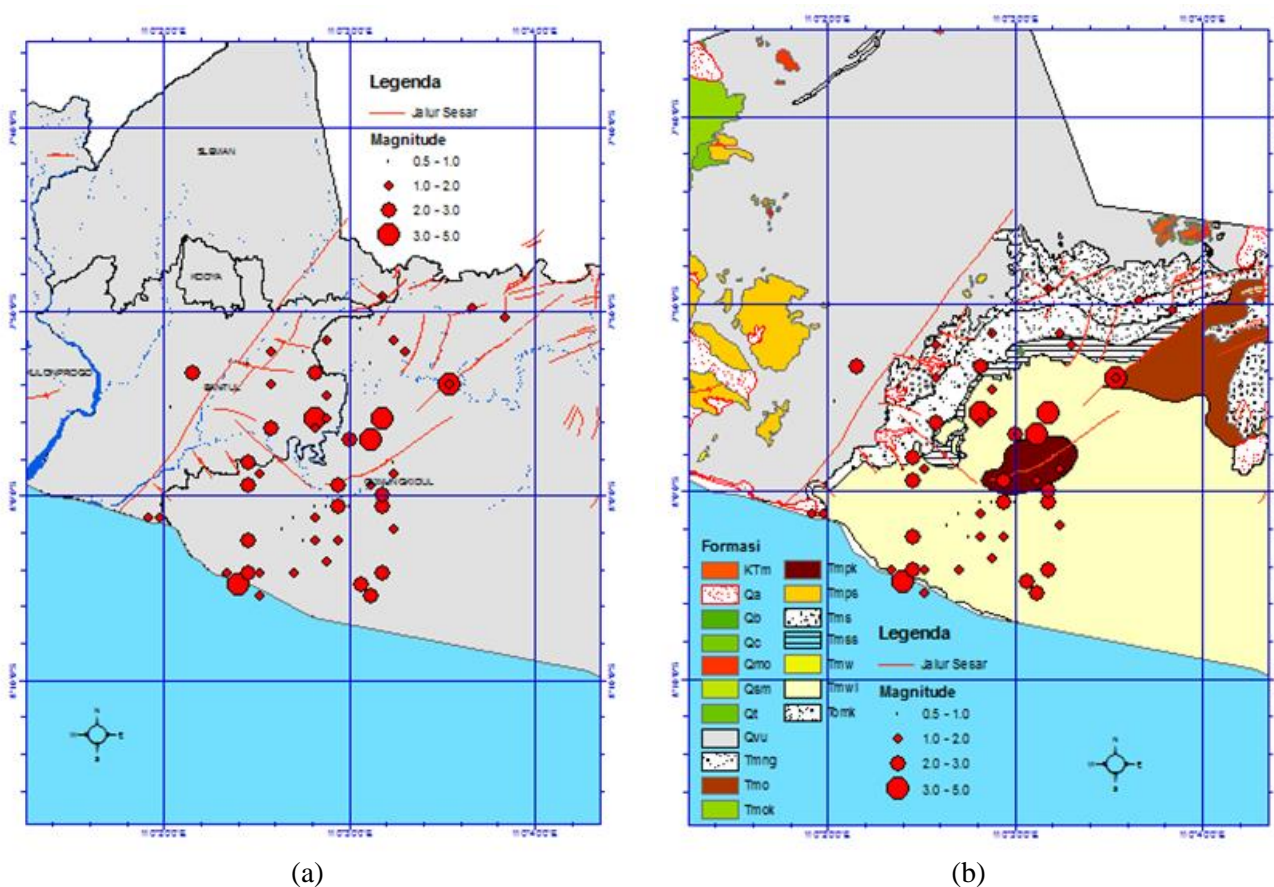
Analisa Seismisitas Kawasan Sesar Opak-Oyo

Gempabumi dengan magnitude kecil dan kedalaman dangkal merupakan bentuk manifestasi keberadaan jalur sesar di Yogyakarta. Jalur Sesar Opak-Oyo merupakan jalur sesar yang diduga

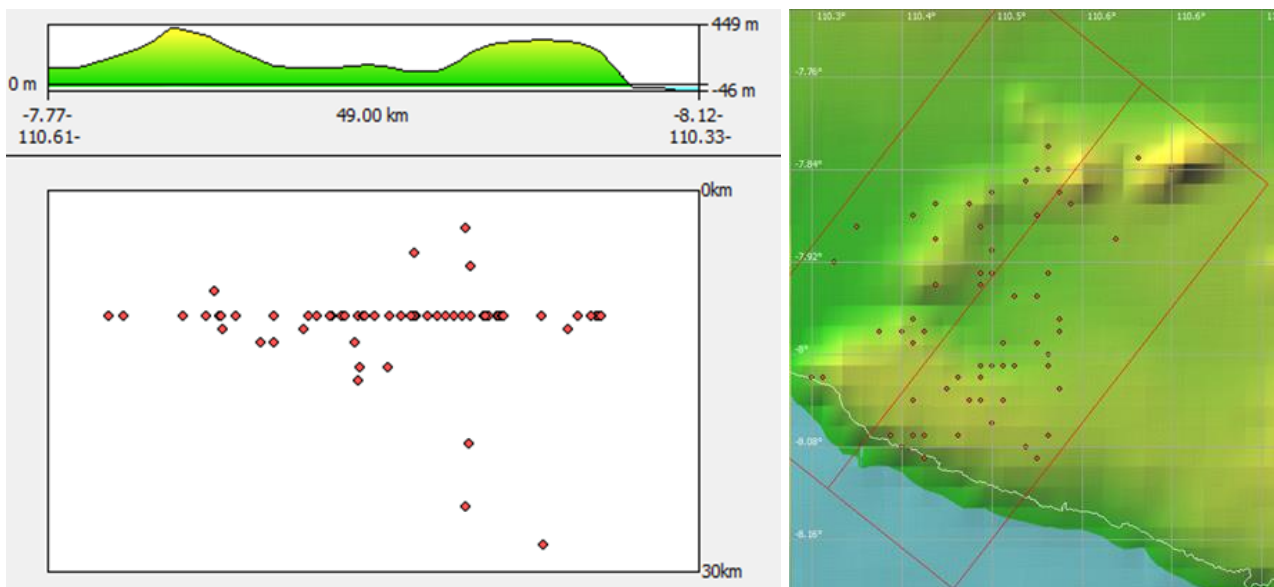
sebagai penyebab terjadinya gempa bumi Yogyakarta Tahun 2006. Berdasarkan data gempa bumi hasil analisa seiscomp3 PGR VII dari Tahun 2008 hingga 2017 terdapat 66 event gempa bumi dengan episenter di darat yang berasosiasi dengan keberadaan jalur sesar. Namun, berdasarkan peta seismisitas pada Gambar 1, distribusi episenter lebih banyak di sebelah Timur dan Tenggara jalur Sesar Opak-Oyo. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian-penelitian sebelumnya yang menginterpretasikan jalur Sesar Opak-Oyo berada di sebelah Timur dari jalur Sesar Opak-Oyo yang terdapat di peta geologi. Gempa-gempa tersebut memiliki kekuatan bervariasi dari 1-5 SR dengan kedalaman 5-30 km. Distribusi episenter sebagian berasosiasi dengan keberadaan sesar-sesar minor yang terdapat di wilayah Gunung Kidul. Namun, sebagian besar berada di kawasan Perbukitan Seribu (Gunung Sewu) yang berada di luar kawasan jalur sesar minor.

Distribusi episenter gempa bumi di kawasan jalur Sesar Opak-Oyo pada peta geologi

menunjukkan bahwa episenter sebagian besar berada pada Formasi Wonosari. Formasi Wonosari terdiri dari Subzona Wonosari dan Subzona Gunung Sewu. Berdasarkan Gambar 2, episenter pada Subzona Wonosari terdapat 4 event gempa bumi, sedangkan pada Subzona Gunung Sewu terdapat 40 event gempa bumi. Subzona Wonosari merupakan bagian dari Zona Pegunungan Selatan dengan material endapan permukaannya berupa lempung hitam dan danau purba, sedangkan batuan dasar berupa batugamping. Subzona Gunung Sewu dengan karakteristik perbukitan batu gamping membuat kawasan ini menjadi kawasan dengan bentang alam karst. Formasi Wonosari berdasarkan Surono, dkk (1992) memiliki ketebalan lapisan 800 meter [4]. Berdasarkan Gambar 2, hiposenter gempa pada Formasi Wonosari bervariasi 10-28 km, hal ini menunjukkan bahwa sumber gempa tidak berasal dari patahan yang terdapat pada formasi tersebut.



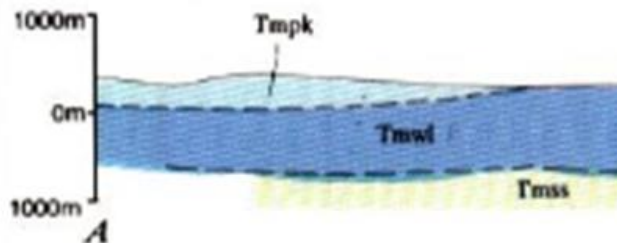
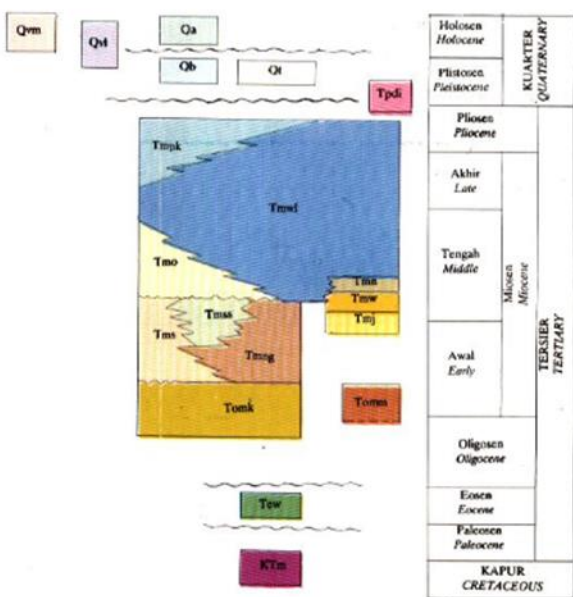
Gambar 1. (a) Peta Seismisitas di Kawasan Jalur Sesar Opak-Oyo Tahun 2008 -2016, (b) Peta Seismisitas di Kawasan Jalur Sesar Opak-Oyo pada Formasi Geologi



Gambar 2. Cross Section hiposenter gempa di Kawasan Jalur Sesar Opak-Oyo Tahun 2008-2016

Merujuk pada susunan stratigrafi (Gambar 3) pada peta geologi lembar Surakarta dan Giritontro, formasi yang terdapat di bawah Formasi Wonosari (Tmwl) antara lain Formasi Oyo (Tmo), Semilir (Tms), Sambipitu (Tmss), Nglanggran (Tmng), Kebobutak (Tomk), Gamping Wungkal (Tew) dan Malihan (Ktm). Sehingga hiposenter gempa yang terdapat pada Formasi Wonosari seperti pada Gambar 1(b) dapat diduga berasosiasi dengan Formasi Gamping Wungkal dan Malihan yang memiliki umur paling tua dan berada pada kedalaman lebih dari 1 km. Secara temporal, event gempabumi di kawasan jalur Sesar Opak-Oyo

tertinggi pada tahun 2015 sebanyak 23 event. Terdapat kecenderungan peningkatan kejadian dari tahun 2008 hingga 2015 dan penurunan kecenderungan kejadian gempabumi dari tahun 2015 hingga 2017. Nilai b hasil perhitungan dengan metode least square yaitu 0,4. Nilai tersebut merupakan parameter tektonik yang merepresentasikan aktivitas tektonik di kawasan tersebut. Nilai 0,4 menunjukkan bahwa dalam kurun waktu sembilan tahun aktivitas tektonik di kawasan Sesar Opak-Oyo tidak cukup signifikan atau 7 event gempa per tahun.

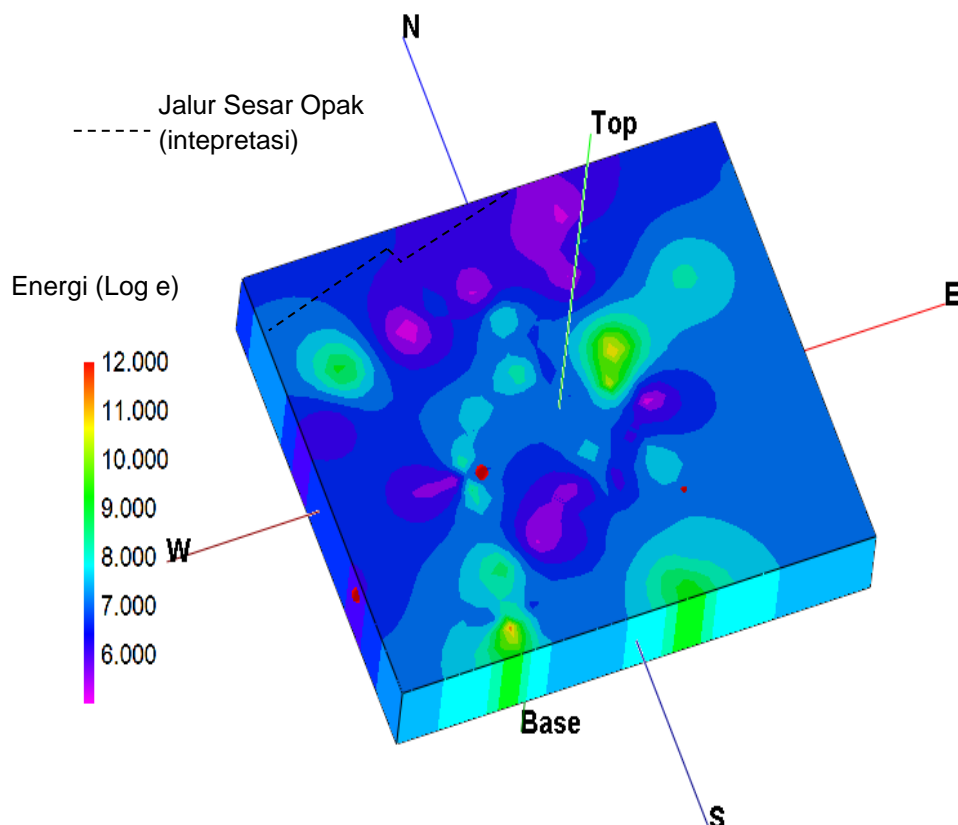


Gambar 3. Susunan Stratigrafi Peta Geologi Lembar Surakarta dan Giritontro [4]

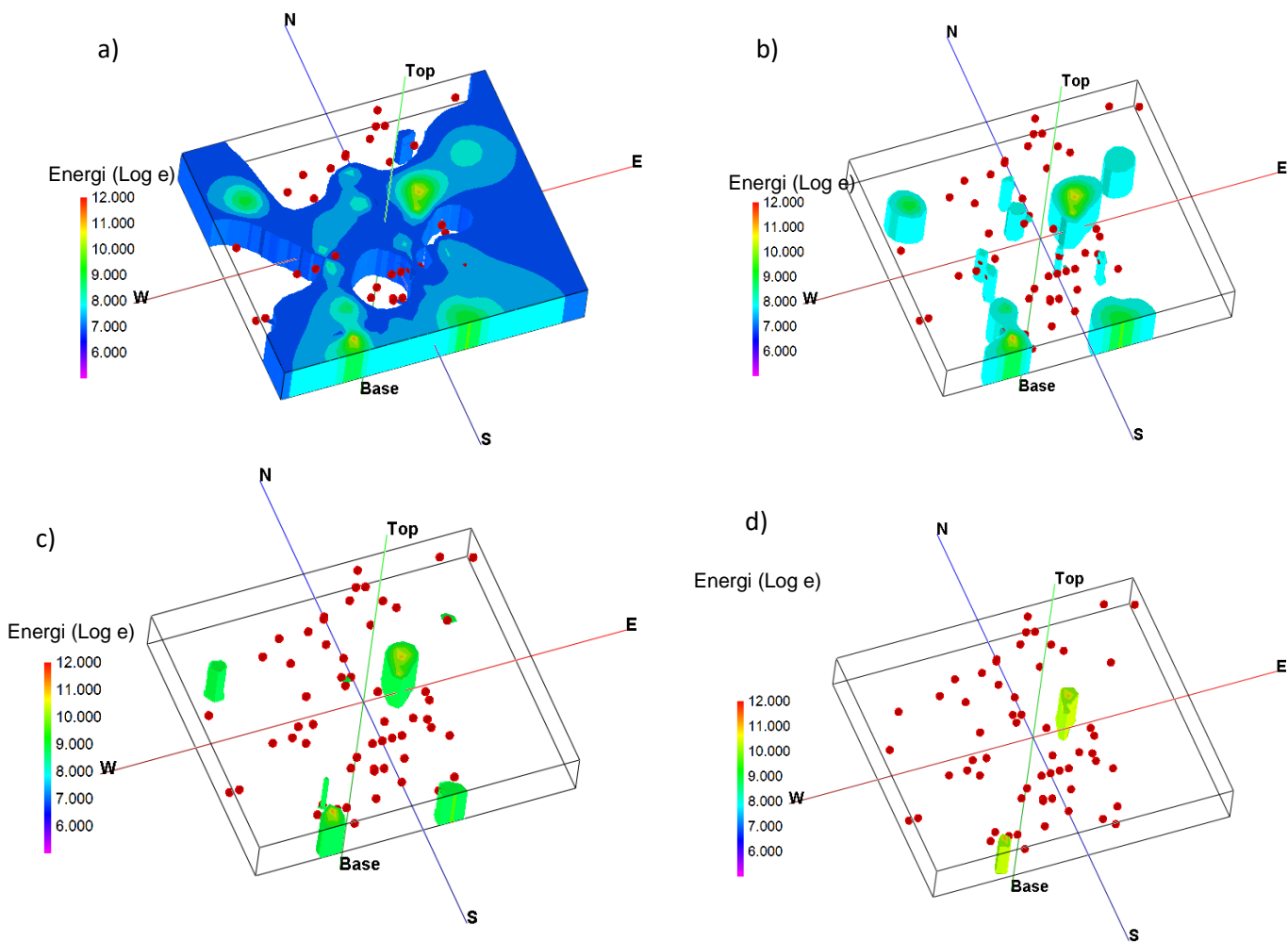
Analisa Energi Gempabumi di Kawasan Sesar Opak-Oyo

Energi gempabumi mencerminkan kekuatan gempa yang terjadi akibat adanya patahan. Material bidang patahan yang padat dan kompak berpotensi menghasilkan energi yang besar dan sebaliknya. Energi gempabumi dihitung berdasarkan persamaan empiris Choy dan Boatwright (1995). Energi yang dihasilkan dari gempa yang terjadi di kawasan Sesar Opak-Oyo bervariasi dari $1 \times 10^{5,2}$ – 1×10^{12} joule. Sedangkan energi gempa yang berasosiasi dengan keberadaan jalur Sesar Opak bervariasi dari $1 \times 10^{5,2}$ – $1 \times 10^{9,6}$ joule dengan hiposenter 10-20 km. Energi terbesar pada kawasan tersebut 1×10^{12} joule terdapat pada kawasan Formasi Wonosari Subzona Gunung Sewu. Model 3D distribusi energi pada Kawasan Sesar Opak Oyo (Gambar 4) menunjukkan blok energi yang besar terdapat di sebelah Selatan dan Timur Laut kawasan tersebut. Pola sebaran energi memiliki pola yang hampir sama dengan formasi geologi di

kawasan tersebut. Gambar 5(a) merupakan model distribusi energi 1×10^7 - 1×10^{12} joule, dimana blok model yang kosong merupakan kawasan dengan energi $1 \times 10^{5,2}$ – 1×10^6 joule. Kawasan dengan energi relatif rendah tersebut berada pada Formasi Aluvial, Nglanggran, Sambipitu, Semilir dan Kepek. Sedangkan kawasan dengan energi 1×10^7 - 1×10^{12} joule berada pada Formasi Wonosari. Model pada Gambar 5(b), 5(c), dan 5(d) menunjukkan distribusi blok energi menengah hingga tinggi pada kawasan tersebut. Keberadaan blok energi menengah hingga tinggi tersebut berasosiasi dengan keberadaan Formasi Wonosari di permukaan. Hal ini dikarenakan berdasar kedalaman sumber gempa pada blok tersebut, energi yang terlepas bersumber dari formasi yang lebih tua dari Formasi Wonosari. Pendugaan formasi yang bersesuaian dengan blok energi tersebut merupakan Formasi Gamping Wungkal dan Malihan.



Gambar 4. Model 3D Energi Gempa di Kawasan Jalur Sesar Opak-Oyo



Gambar 5. Model 3D Energi Gempa dengan Nilai (a) $1 \times 10^7 - 1 \times 10^{12}$ joule, (b) $1 \times 10^8 - 1 \times 10^{12}$ joule, (c) $1 \times 10^9 - 1 \times 10^{12}$ joule, (d) $1 \times 10^{10} - 1 \times 10^{12}$ joule

Simpulan

1. Peta seismisitas kawasan Sesar Opak-Oyo menunjukkan distribusi episenter lebih banyak di sebelah Timur dan Tenggara Jalur Sesar Opak-Oyo dengan nilai b hasil perhitungan dengan metode least square yaitu 0,4.
2. Distribusi episenter kawasan Jalur Sesar Opak-Oyo pada peta geologi menunjukkan bahwa episenter sebagian besar berada pada Formasi Wonosari dan diduga berkorelasi dengan keberadaan Formasi Gamping Wungkal dan Malihan yang berada di bawah Formasi Wonosari.
3. Energi yang dihasilkan dari gempa yang terjadi pada kawasan Sesar Opak-Oyo bervariasi dari $1 \times 10^{5,2} - 1 \times 10^{12}$ joule. Sedangkan energi yang berasosiasi dengan keberadaan Jalur Sesar Opak

bervariasi dari $1 \times 10^{5,2} - 1 \times 10^{9,6}$ joule dengan hiposenter 10-20 km.

4. Pola sebaran energi memiliki pola yang hampir sama dengan formasi geologi di kawasan tersebut.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

Pustaka

[1]. Abidin, Z. H, Andreas H, Meliano, I, Gamal M, Kusuma MA, Kimata F, Ando, M, 2007, Deformasi Seismik Gempa Yogyakarta Dari Survei GPS, Jurnal Geofisika Indonesia. Edisi 2007, No 1.

- [2]. Bormann, Peter . 2002. *Manual Baru: Praktik Stasiun Pengamatan Seismologi (MBPS²)*. Jilid 1A. Diterjemahkan oleh: Ibnu Purwana. Jakarta: P.D. Hobie Karya.
- [3]. Utsu, T., 1965, *A method for determining the value of b in a formula $\log N = a - bM$ showing the magnitude frequency for earthquakes*, Geophys. Bull. Hokkaido Univ., 13, 99–103.
- [4]. Surono, B. Toha, I. Sudarno, 1992. “*Peta Geologi Lembar Surakarta - Giritontro*”. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Direktorat Geologi, Departemen Pertambangan Republik Indonesia.
- [5]. Walter, T.R., Wang R., Leuher, B.G., Wassermann J., Behr, Y., Parolais, Anggaini A., Gunther E., Sobiesiak, M., Grosser H., Wetzel, H. U., Mikereit, C. P.J., Sri Broto Puspito, K., Harjadi P., and Zcshau, J. 2008, *The 26 May magnitude 6,4 Yogyakarta Earthquake South of Merapi Vulcano : did lahar deposit amplify ground shaking and thus lead to the disaster?*, G3, Volume 9, Number 5, 15 May, 2008. ISSN : 1525-2027. Published by AGU and The Geochemical Society.