



Hubungan Aktivitas Gempa Tektonik Daerah *Subduction* Indo-Australia Eurasia Segmen Enggano Tahun 2000 Dengan Aktivitas Gempa Vulkanik Gunungapi Kaba Dan Dempo

Refrizon dan Suwarsono

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Indonesia

Diterima 27 Juni; disetujui 1 Juli 2006

Abstrak - Telah dilakukan penelitian mengenai hubungan antara aktivitas tektonik Segmen Enggano dengan aktivitas vulkanik Gunungapi Kaba dan Dempo Sumatera Selatan. Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data aktivitas gempa yang berpusat di sekitar Segmen Enggano, aktivitas vulkanik Gunungapi Kaba dan Gunungapi Dempo sepanjang tahun 2000. Berdasarkan data itu dicoba melihat hubungan beserta pola hubungan tersebut. Aktivitas tektonik Segmen Enggano, aktivitas vulkanik Gunungapi Kaba dan Dempo memiliki kemiripan. Puncak aktivitas Gunungapi Kaba terjadi sekitar dua bulan setelah puncak aktivitas Segmen Enggano dan aktivitas vulkanik Kaba terpengaruh oleh aktivitas tektonik Segmen Enggano. Sedangkan pola aktivitas Gunungapi Dempo juga mengikuti pola aktivitas lempeng tektonik Segmen Enggano, puncak aktivitasnya terjadi tiga bulan setelah puncak aktivitas Segmen Enggano, tetapi ada segmen selain Enggano yang mempengaruhi aktivitas Gunungapi Dempo.

Kata Kunci : Gempa Tektonik; Subduction; Vulkanik

1. Pendahuluan

Pengamatan di lapangan setelah gempa tektonik besar di Bengkulu pada tanggal 4 Juni 2000 di Gunungapi Kaba juga terjadi gempa vulkanik yang meningkat secara signifikan dibandingkan waktu-waktu sebelumnya. Secara teoritis peningkatan dan penurunan gempa vulkanik akan berasosiasi dengan aktifitas pergerakan lempeng sehingga akan mengikuti fluktuasi terjadinya gempa tektonik. Pada saat aktivitas tektonik terjadi peningkatan selama 3 bulan dari Juni, Juli hingga Agustus 2000, aktivitas vulkanik juga meningkat tajam pada bulan-bulan itu, bahkan letusan sempat terjadi pada bulan tersebut.

Bengkulu terletak diantara dua jalur sumber gempa tektonik yaitu di sepanjang subduction antara lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia di Samudra Hindia, sedangkan sumber gempa di daratan terletak sepanjang sesar Sumatera. Sehingga Bengkulu termasuk daerah yang diapit oleh dua jalur sumber gempa tektonik yang sangat berbahaya. Dari data stasiun pengamatan gempa wilayah II Kepahiyang Bengkulu menunjukkan bahwa jumlah gempa berbahaya sejak tahu 1963 sampai dengan 2000 dengan

magnitudo antara 4 sampai 7 skala Richter tercatat lebih dari 1.192 kali.

Kenyataan menunjukkan bahwa frekuensi dan kekuatan gempa tektonik menurun setelah tiga bulan, di samping itu aktivitas gempa vulkanik di Gunungapi Kaba menunjukkan penurunan juga. Sehingga diperkirakan aktivitas gempa vulkanik Kaba di Curup berhubungan erat dengan aktivitas tektonik di daerah subduction Samudra Hindia. Jika pola hubungan kedua aktivitas tersebut dapat ditemukan, maka akan dapat dipakai sebagai salah satu cara antisipasi penentuan aktivitas vulkanik Kaba, untuk membantu perencanaan mitigasi bencana di masa datang. Atau sebaliknya dengan mengetahui peningkatan aktivitas Kaba akan dapat diramalkan kemungkinan adanya tanda-tanda akan terjadi gempa tektonik yang besar di daerah subduction Samudra Hindia. Penelitian ini merupakan awal dari berbagai kemungkinan untuk dapat mendeteksi lebih dini akan adanya gempa tektonik di daerah *subduction* ini.

Fakta yang ada setelah gempa tektonik besar 4 Juni 2000 di segmen Enggano, beberapa hari kemudian, aktivitas Gunungapi Kaba dan Dempo mengalami

peningkatan yang sangat tajam. Menurut teori plat tektonik memang aktivitas *subduction Indo Australia* dan *Eurasia* berubungan dengan deretan gunung berapi di Sumatera secara keseluruhan. Apakah terdapat hubungan langsung antara aktivitas tektonik segmen Enggano dengan aktivitas vulkanik Gunungapi Kaba dan aktivitas Gunungapi Dempo? Jika terdapat hubungan langsung bagaimana bentuk (pola) hubungan tersebut dan mungkinkah Gunungapi Kaba dan Dempo akan meletus dapat diramalkan dengan dasar aktivitas gempa tektonik di daerah *subduction* segmen Engano atau sebaliknya aktivitas kedua gunungapi tersebut untuk meramalkan gempa tektonik di Bengkulu.

Selama ratusan tahun yang lalu Bengkulu pernah mengalami gempa-gempa besar seperti yang pernah terjadi pada tengah malam 4 Juni 2000 dengan kekuatan 7,3 skala Riechter. Gempa bumi tersebut telah menimbulkan korban jiwa meninggal lebih dari 90 orang, luka berat 803 orang, luka ringan 1.782 orang, bangunan rusak total 1.836, rusak berat 10.460, rusak ringan 18.928 [1]. Dampak adanya gempa bumi tergantung dari besarnya gempa, kondisi tanah, atau batuan, struktur geologi serta kondisi infra struktur yang ada. Penyebab korban jiwa yang terbesar karena tertimpa bangunan, saat gempa pertama terjadi dan beberapa korban akibat gempa susulan. Hasil penelitian tim Departemen Pekerjaan Umum menunjukkan kerusakan pada bangunan-bangunan memiliki jenis kerusakan yang tipikal [5]

Bengkulu merupakan daerah yang diapit oleh dua jalur sumber gempa yaitu jalur *subducton* di samudra Hindia dan jalur sesar Sumatra di sepanjang bukit barisan. Dari hasil penelitian [6] menunjukkan bahwa: (1) pola gempa bumi tektonik yang sama terjadi setiap 9–10 tahun sekali (2) frekuensi gempa bumi tektonik di Bengkulu dari tahun 1963–2000 cenderung meningkat (3) Gempa bumi Bengkulu dengan magnitudo 4 sampai dengan 7 skala Richter dari tahun 1963–2000 mencapai 1.192 kali. Sehingga dapat dipastikan bahwa daerah Bengkulu masih akan memiliki frekuensi gempa yang cukup tinggi, yang memerlukan penelitian-penelitian untuk perencanaan mitigasinya.

Gempa bumi tektonik adalah gempa yang disebabkan oleh terlepasnya energi regangan elastik [2]. Sedangkan menurut teori elastic rebound bahwa di dalam kulit bumi senantiasa ada aktivitas geologis yang mengakibatkan pergerakan relatif satu massa batuan di dalam batuan yang lain di dalam kulit bumi. Batuan-batuan ini berifat elastik dan dapat menimbun regangan bilamana ditekan atau ditarik oleh gaya-gaya tektonik. Ketika tegangan yang terjadi pada batuan melampaui kekuatannya, batuan tersebut akan hancur pada daerah patahan dan melepaskan sebagian atau seluruh tegangan untuk kembali ke keadaan semula. Hancurnya batuan di dalam kulit bumi akan disertai dengan pemancaran gelombang-gelombang gempa ke segala arah, kadang-kadang sampai ke tempat yang jauh tergantung pada banyaknya energi yang terlepas. Menurut [2] gempa bumi tektonik hanya terjadi apabila (1) terjadi penimbunan regangan secara perlahan-lahan pada batuan-batuan di dalam bumi, (2) batuan-batuan di dalam bumi harus dapat menimbun regangan hingga mencapai satu besaran kira-kira 10^{20} - 10^{23} erg., sebagai perbandingan bom atom Hiroshima mempunyai energi sebesar 8×10^{20} erg.

Magnitude gempa adalah besaran yang berhubungan dengan kekuatan gempa di sumbernya. Gempa dengan magnitude besar belum tentu merusak kalau sumbernya sangat dalam apalagi kalau jaraknya juga sangat jauh. Pengukuran magnitude yang dilakukan di tempat yang berbeda, harus menghasilkan harga yang sama walaupun gempa yang dirasakan di tempat-tempat tersebut tentu berbeda.

Pada umumnya magnitude diukur berdasarkan amplitudo dan periode fase gelombang tertentu. Rumus untuk menentukan magnitude gempa yang umum dipakai pada saat ini adalah:

$$M = \log \frac{a}{T} + f(\Delta, h) + C_S + C_R \quad (1)$$

dengan M adalah magnitude, a adalah amplitudo gerakan tanah (dalam mikron), T adalah perido gelombang, Δ adalah jarak episenter, h adalah kedalaman gempa, C_S adalah koreksi stasiun oleh struktur lokal (sama dengan nol untuk kondisi tertentu), dan C_R adalah koreksi regional yang berbeda untuk setiap daerah gempa.

Magnitude gempa yang diperoleh berdasarkan amplitudo gelombang badan (P atau S) dapat dihitung dengan:

$$m_b = \log \frac{a}{T} + f(\Delta, h) \quad (2)$$

dengan m_b adalah magnitude gelombang badan, dengan anggapan bahwa C_s dan C_R keduanya sama dengan nol. Dalam prakteknya a adalah amplitudo gerakan tanah maksimum dalam mikron yang diukur pada 3 gelombang yang pertama dari gelombang P (seismogram periode pendek, komponen vertikal), dan T adalah periode gelombang yang mempunyai amplitudo maksimum tersebut.

Magnitude gelombang permukaan, M_s dapat ditentukan berdasarkan:

$$M_s = \log \frac{a}{T} + f(\Delta, h) \quad (3)$$

dengan a adalah amplitudo maksimum gelombang permukaan, yaitu gelombang Rayleigh (dalam mikron) dan T diukur pada gelombang dengan amplitudo maksimum tersebut.

Kekuatan sumber gempa disumbernya dapat juga diukur dari energi total yang dilepaskan oleh sumber gempa tersebut. Energi yang dilepaskan oleh gempa biasanya dihitung dengan mengintegalkan energi gelombang sepanjang kereta gelombang (wave train) dan seluruh luasan yang dilewati gelombang (bola untuk gelombang badan, silinder untuk gelombang permukaan), yang berarti mengintegalkan energi ke seluruh ruang dan waktu.

Berdasar perhitungan energi dan magnitude yang pernah dilakukan, ternyata antara magnitude dan energi mempunyai relasi:

$$\log E = 4,78 + 2,57m_b \quad (4)$$

dengan m_b adalah magnitude gelombang badan dan satuan energi adalah *dynes cm* atau *erg*.

Berdasarkan persamaan (1) dan (4), kenaikan magnitude gempa sebesar 1 skala richter akan berkaitan dengan kenaikan amplitudo yang dirasakan di suatu tempat sebesar 10 kali, dan kenaikan energi sebesar 25 sampai 30 kali.

Namun karena M_s (amplitudo gelombang permukaan) juga mempunyai hubungan langsung dengan m_b secara empiris ditulis sebagai:

$$m_b = 0,56M_s + 2,9 \quad (5)$$

maka E juga berhubungan dengan M_s yang bentuknya adalah:

$$\log E = 12,24 + 1,44M_s \quad (6)$$

2. Metode Penelitian

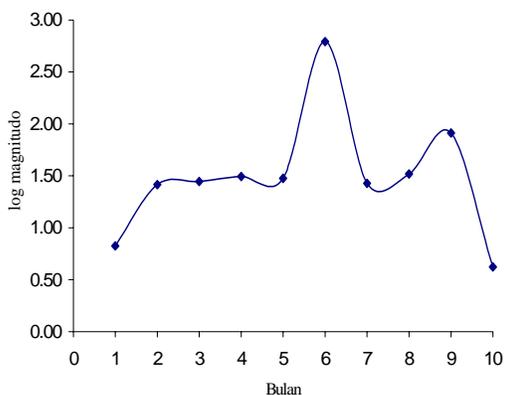
1. Mengumpulkan dan mentabelkan data gempa tektonik Bengkulu yang terjadi selama tahun 2000 dari stasiun Meteorologi dan Geofisika Kepahyang Bengkulu
2. Mengumpulkan dan mentabelkan data gempa vulkanik Kaba yang terjadi selama tahun 2000, dari stasiun pengamatan gunung api Kaba.
3. Mengumpulkan dan mentabelkan data gempa vulkanik gunungapi Dempo yang terjadi selama tahun 2000, dari stasiun pengamatan gunung api Dempo.
4. Mengolah data-data tersebut dalam bentuk grafik magnetudo versus waktu terjadinya gempa tektonik maupun vulkanik.
5. Mencari hubungan, baik dalam magnetudo, waktu dan frekuensi terjadinya gempa. Pola hubungan tersebut digambarkan dalam bentuk grafik hubungan aktivitas kegempaan tektonik dan vulkanik versus waktu terjadinya.
6. Grafik yang terbentuk dicari persamaan matematikanya, yang mencerminkan besar magnetudo sebagai fungsi waktu terjadinya gempa. Persamaan tersebut menyatakan pola hubungan yang dimaksud pada point 1.

3. Hasil Dan Pembahasan

Pengumpulan data-data gempa tektonik segemen Enggano dan data-data gempa vulkanik Gunungapi Kaba dan Dempo selama tahun 2000 telah dapat dilakukan. Untuk mengetahui perkembangan aktivitas gempa tersebut dibuat grafik yang menghubungkan total magnetudo selama selang satu bulan dari Januari sampai Nopember. Aktivitas gempa tektonik Segemen Enggano, gempa vulkanik Gunungapi Kaba dan

Dempo berturut-turut diperlihatkan pada gambar 1, gambar 2 dan gambar 3.

Aktivitas gempa tektonik Segmen Enggano yang terjadi sepanjang tahun 2000 mengalami peningkatan sejak dari Bulan Pebruari 2000 dan mencapai puncaknya Juni tahun 2000. Aktivitas gempa tektonik pada bulan Juni 2000 mengalami peningkatan yang sangat besar dibandingkan dengan rata-rata total magnitudo gempa bulan Pebruari sampai Mei 2000. Besar peningkatan total magnitudonya sekitar 20 kali lebih besar (Tabel 1). Bila dihubungkan dengan energi yang dilepaskan sekitar 900 kali lebih besar dibandingkan total energi pada bulan Pebruari sampai Mei.

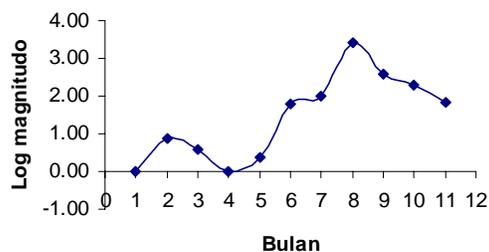


Gambar 1. Aktivitas gempa tektonik Segmen Enggano setiap bulannya pada tahun 2000.

Aktivitas gempa vulkanik Gunungapi Kaba selama tahun 2000 diperlihatkan pada Gambar 2. Sejak Januari sampai Mei aktivitas Gunungapi Kaba sedikit mengalami kenaikan pada bulan Pebruari. Secara umum aktivitasnya ini bisa dianggap sangat kecil karena total magnitudo dalam satu bulan kurang dari sepuluh. Pada bulan Juni aktivitas Gunungapi Kaba mulai naik, demikian juga Juli dan mencapai puncaknya pada bulan Agustus 2000, kemudian pada Bulan September terus menurun sampai Nopember.

Aktivitas gempa tektonik Segmen Enggano secara umum memiliki pola peningkatan aktivitas sepanjang tahun 2000 yang hampir sama dengan pola aktivitas Gunungapi Kaba, hanya saja terjadi pergeseran puncak aktivitas dua bulan setelah puncak aktivitas tektonik Segmen Enggano. Sementara aktivitas vulkanik Gunungapi Dempo di Sumatera Selatan, letaknya

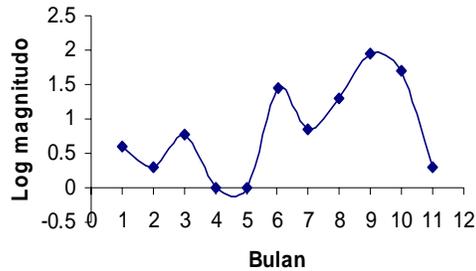
relatif lebih jauh dibandingkan Gunungapi Kaba dari Segmen Enggano yang diduga akan mempengaruhi aktivitas gunungapi ini. Aktivitas Gunungapi Dempo selama tahun 2000 diperlihatkan pada gambar 3. Dari gambar 3 tersebut dapat dilihat bahwa aktivitas Gunungapi Dempo sepanjang tahun 2000 tersebut juga mengalami perubahan yang signifikan.



Gambar 2. Aktivitas gempa vulkanik Gunungapi Kaba setiap bulannya pada tahun 2000.

Pola perubahan aktivitas Gunungapi Dempo sejak awal tahun 2000 sampai akhir tahun sebenarnya mirip dengan pola aktivitas Gunungapi Kaba. Awal tahun 2000 Gunungapi Dempo mengalami peningkatan di Bulan Maret sedangkan Gunungapi Kaba Bulan Pebruari, sedangkan ketika bulan Juni Gunungapi Kaba telah mulai meningkat aktivitasnya Gunungapi Dempo juga mengalami peningkatan, kemudian turun lagi. Gunungapi Dempo ini mengalami puncak aktivitasnya di bulan September 2000, yang berarti tergeser tiga bulan setelah aktivitas tektonik Segmen Enggano.

Bila dibandingkan pola aktivitas tektonik Segmen Enggano, aktivitas Gunungapi Kaba dan aktivitas Gunungapi Dempo di Sumatera Selatan, memiliki kemiripan pola puncak aktivitasnya. Hal ini membuktikan bahwa kegiatan pergerakan lempeng Segmen Enggano mempengaruhi aktivitas kedua gunungapi ini. Puncak aktivitasnya terjadi dua bulan sesudah puncak aktivitas tektonik untuk Gunungapi Kaba dan sesudah tiga bulan untuk Gunungapi Dempo. Perbedaan ini dapat dipahami sebagai waktu yang diperlukan untuk mengumpulkan energi aktivitas lempeng yang memicu aktivitas gunungapi. Secara geografis posisi Gunungapi Kaba lebih dekat dibandingkan Gunungapi Dempo di Sumatera Selatan.



Gambar 3. Aktivitas gempa vulkanik Gunungapi Dempo di Sumatera Selatan setiap bulannya pada tahun 2000.

Sementara pola aktivitas gunungapi Dempo sepanjang tahun 2000 memiliki sedikit perbedaan dengan memiliki dua puncak aktivitas sebelum aktivitas tertinggi pada bulan September 2000. Kemungkinan penyebab hal ini selain letaknya yang relatif lebih jauh dari Segmen Enggano, juga akan dipengaruhi oleh aktivitas lempeng tektonik lain yang sebagaimana diketahui juga terdapat aktivitas tektonik, sementara posisinya sedikit lebih jauh dari Segmen Enggano.

4. Kesimpulan

Pola aktivitas Gunungapi Kaba memiliki kemiripan dengan pola aktivitas tektonik Segmen Enggano, tetapi puncak aktivitasnya terjadi sekitar dua bulan setelah puncak aktivitas Segmen Enggano, sehingga dapat dikatakan bahwa aktivitas vulkanik Kaba dominan dipengaruhi oleh aktivitas tektonik Segmen Enggano.

Pola aktivitas Gunungapi Dempo sebenarnya mengikuti pola aktivitas lempeng tektonik Segmen Enggano, puncak aktivitasnya terjadi tiga bulan setelah puncak aktivitas Segmen Enggano, tetapi ada sedikit perbedaan pola, hal inilah yang membuktikan bahwa terdapat pengaruh segmen lain selain Segmen Enggano.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih

1. Proyek Peningkatan Sumberdaya Manusia Dirjen Dikti.
2. Staf dan pegawai Stasiun Meteorologi dan Geofisika Wilayah II Kepahiyang, Stasiun

Pengamatan Gunungapi Kaba dan Stasiun pengamatan Gunungapi Dempo.

Daftar Pustaka

- [1] Anonim, *Informasi Gempa Susulan Kekuatan Gempa (Magnitude)*, 2000, Badan Meteorologi Dan Geofisika, Bengkulu.
- [2] Boen T., *Gempa Bumi Bengkulu Fenomena dan Perbaikan Perkuatan bangunan (berdasarkan hasil pengamatan terhadap bangunan-bangunan yang rusak akibat gempa bumi Bengkulu 4 Juni 2000)*, 2000, Seminar Nasional Kegempaan dan Mitigasi Bengkulu Masa Mendatang, Universitas Bengkulu.
- [3] Dobrin M.B. & Savit C.H., *Introduction to Geophysical Prospecting*, fourth edition, 1996, McGraw-Hill International Edition, New York.
- [4] Garg K.S., *Geologi The Science Of The Earth*, 1983, Kanna Publishers, New Delhi.
- [4] Kertapati E., *Kondisi Geologi Bengkulu Dan Pengaruh Terhadap Resiko Gempa Bumi*, 2000, Seminar Nasional Kegempaan dan Mitigasi Bengkulu Masa Mendatang, Universitas Bengkulu.
- [5] Maryoko H. dkk, *Petunjuk Perbaikan Bangunan Yang Rusak Akibat Gempa Bumi*, 2000, Departemen Pekerjaan Umum, Bengkulu.
- [6] Meva Arianti dan Suwarsono, *Karakteristik Gempa Tektonik di Bengkulu*, 2000, Program Studi Fisika, Universitas Bengkulu.