



Artikel

BENCANA GEMPABUMI SESAR AKTIF VERSUS MEGATHRUST DI SELATAN JAWA BARAT

(Studi Kasus: Gempabumi Cianjur 21 Nopember 2022, Gempabumi Majalengka 6 Juli 1990,
Gempabumi Pangandaran 17 Juli 2006 dan Gempabumi Yogyakarta 27 Mei 2006)

Dr. JAYA MURJAYA, MSi
Perekayasa Ahli Utama

ABSTRAK

Gempabumi Cianjur, Jawa Barat dengan magnitudo (Mw) 5.6 dan kedalaman sumber (h) 10 km yang terjadi pada tanggal 21 Nopember 2022 diduga berasal dari sesar “minor” disebelah utara sesar Cimandiri. Lokasi episenter gempabumi tersebut pada koordinat 6.84 S-107.05 E. Gempabumi Cianjur November 21, 2022 menyebabkan kerusakan bangunan yang cukup parah dan longsor, sekitar 334 orang meninggal dan hilang. Gempabumi Megathrust diselatan Jawa Barat 17 Juli 2006 dengan Mw 7.7 membangkitkan tsunami dan menelan korban jiwa 550 orang dan ratusan bangunan rusak. Gempabumi Yogyakarta diluar wilayah Jawa barat tahun 2006 menyebabkan lebih dari 200 ribu bangunan rusak dan 5600 orang meninggal. Tujuan tulisan ini untuk mempelajari resiko bahaya kedua sumber gempabumi tersebut untuk mendukung kajian mitigasi resiko kebencanaan gempabumi di masa depan di wilayah Jawa Barat (Cianjur, Sukabumi, Bogor) dan sekitarnya. Berdasarkan kajian data literatur dan lapangan dari kedua bencana gempabumi ini mempunyai karakteristik berbeda yang perlu diperhitungkan dalam pembuatan program mitigasi resiko bencana gempabumi.

Kata Kunci: Sesar aktif, sesar minor, megathrust, mitigasi resiko bencana

1. Latar Belakang

Banyaknya pertanyaan, mana yang lebih berbahaya antara bencana gempabumi sesar aktif di darat atau gempabumi megathrust di selatan wilayah Jawa Barat ? Pada tulisan ini akan di analisis tingkat bencana kedua “jenis” gempabumi berdasarkan data dan fakta yang ada di wilayah Jawa Barat. Berdasarkan Buku Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia tahun 2017[1], di wilayah Jawa Barat terdapat 10 (sepuluh) sesar aktif yang sudah

teridentifikasi nilai *sliprate* dan Maximum Credible Earthquake (MCE). Diluar kesepuluh sesar aktif tersebut, tentunya masih banyak sesar aktif yang belum teridentifikasi dengan lengkap dan salah satunya “sesar Cianjur” (pembangkit gempabumi Cianjur 21 Nopember 2022). Sesar aktif merupakan salah satu zona sumber gempabumi selain zona-zona lainnya. Ada beberapa zona pembangkit gempabumi di wilayah Jawa Barat, diantaranya zona outerrise, zona subduksi (termasuk zona

benioff), dan sesar aktif yang sudah teridentifikasi maupun sesar aktif yang belum teridentifikasi (*blind fault*).

Gempabumi Cianjur tanggal 21 Nopember 2022 dengan kedalaman fokusnya 10 km merupakan gempabumi dangkal yang sumbernya berasal dari sesar aktif tersembunyi berada di kerak Jawa (Eursia). Gempabumi Cianjur-Jawa Barat tanggal 21 Nopember 2022 mempunyai magnitudo momen (Mw) 5,6 dan kedalaman (h) 10-11 km (BMKG) dengan posisi episenter 6.84 LS-107.05 BT (BMKG)[2]. Parameter gempabumi sama dengan hasil penentuan parameter United State Geological Survey (USGS) dengan lokasi episenter terletak di koordinat 6.853 LS–107.09 BT, Mwb 5.6 dan h 10 km [3]. Dampak gempabumi Cianjur tersebut menyebabkan 334 orang meninggal akibat runtuh bangunan dan tertimbun tanah longsor dengan tingkat intensitas mencapai skala VI-VII MMI. Gempabumi dengan kekuatan (Mw) 5.6 tergolong gempabumi moderat (*moderate earthquake*)[4] yang pada umumnya tidak menimbulkan kerusakan signifikan. Mekanisme sumber gempabumi Cianjur diduga sesar geser manganan (*right lateral slip-dextral*) sebagai sesar “baru” cabang atau *Splay* (*En-echelon*) dari Sesar Cimandiri.

Berdasarkan sebaran pusat-pusat gempabumi susulan (*aftershocks*) yang berhasil di monitor dan data kerusakan maksimum yang dominan, diduga arah sesar gempabumi Cianjur tersebut mempunyai arah kurang lebih Barat Laut-Tenggara. Beberapa kejadian gempabumi kerak dangkal lainnya di Jawa Barat adalah gempabumi Majalengka tanggal 06 Juli 1990 dengan Mw 5.8 dan h 14 km sebagai pembanding gempabumi kerak dangkal yang sumbernya berasal dari sesar aktif berada di kerak Sunda (Eursia). Gempabumi pembanding lainnya adalah gempabumi Yogyakarta tanggal 27 Mei 2006 dengan Mw 6.3(mb 5.9) dan h 11 km juga merupakan gempabumi dangkal yang sumbernya berasal dari sesar aktif juga berada di kerak Sunda

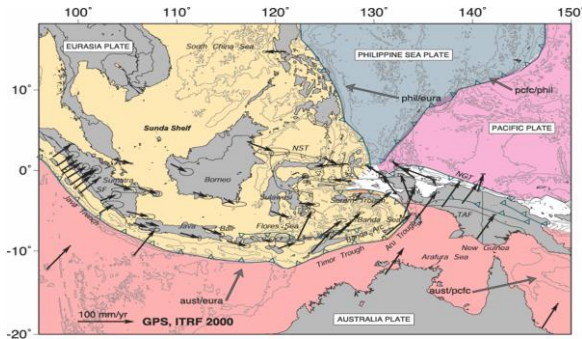
Sedangkan pembanding lainnya adalah gempabumi Pangandaran 17 Juli 2006 dengan Mw 7.7 dan h 10 km yang merupakan gempabumi pada zona *megathrust* sebagai sumbernya[5][6].

Dalam tulisan ini digunakan data primer dan sekunder dengan metode deskriptif-kualitatif sebagai dasar analisis dan pembahasan. Tujuannya ingin mengetahui atau membandingkan potensi dampak bencana akibat kedua jenis gempabumi yang berbeda sumbernya.

2. Tatanan Tektonik wilayah Jawa Barat

Gempabumi Cianjur tanggal 21 Nopember 2022 dengan magnitudo 5.6 dan h 10-11 km sebagai salah satu gempabumi jenis patahan *strike slip* yang terjadi dalam kerak Sunda (*Eurasia plate*). Sekitar 250 km arah selatan dari gempabumi Cianjur, terdapat terdapat lempeng Australia yang bergerak kearah “Utara-Timur laut” dengan kecepatan rata-rata sekitar 59 mm/tahun menyusup dibawah lempeng Eurasia di zona palung Sunda[7]. Zona ini merupakan batas pertemuan lempeng tektonik Australia dan Sunda (Eurasia) termasuk daerah seismik aktif tinggi. Pada masa lalu terjadi gempa-gempa kuat pada zona pertemuan kedua lempeng tektonik tersebut. Sejak tahun 2007 telah terjadi 4 (empat) gempabumi dengan $M \geq 6.5$ yang berjarak 250 km dari gempabumi Cianjur 21 Nopember 2022. Gempabumi terbesar di wilayah Jawa Barat yang terakhir adalah gempabumi tanggal 8 Agustus 2007 dengan M 7.5 kedalaman 280 km pada subduksi lempeng Australia dengan lokasi episenter di laut Jawa (utara Jawa Barat). Lempeng tektonik Australia yang menjam dari palung Jawa mencapai kedalaman 700 km di bawah pulau Jawa. Gempabumi kedalaman 700 km ini, episenternya berada di laut Jawa akibat penunjaman lempeng Australian yang mencapai kedalaman tersebut. Dilaut Jawa juga biasa terjadi gempabumi dengan kedalaman 280 km (gempabumi 2007). Gambar 1

menunjukkan peta tektonik di wilayah Jawa Barat, wilayah Banten dan sekitarnya.



Gambar1. Peta Tektonik Indonesia. Garis bergeri menunjukkan subduksi lempeng pada batas lempeng tektonik. Tanda panah menunjukkan besar dan arah gerakan lempeng[7].

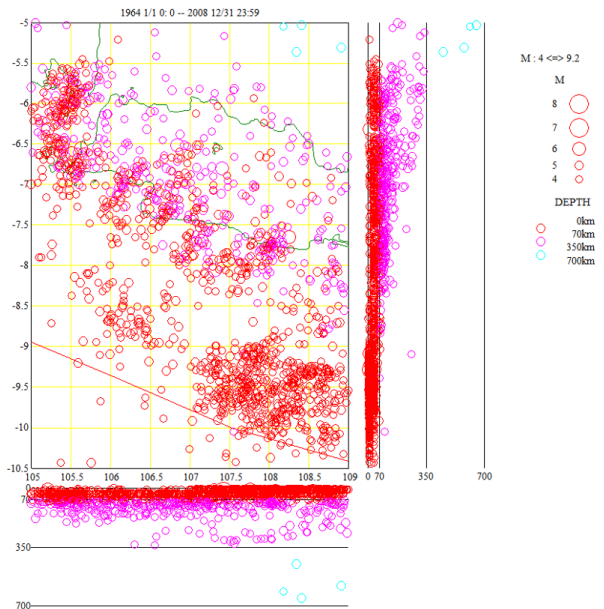
3. Data Gempabumi wilayah Jawa Barat

Data gempabumi yang di gunakan sebagai dasar kajian dan analisis adalah data katalog gempabumi di Indonesia dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), United State Geological Survey (USGS), data lapangan sumber primer dan sekunder gempabumi Cianjur (2021), gempabumi Majalengka (1990), gempabumi Yogyakarta (2006), gempabumi Pangandaran 2006 dan sumber lainnya.

a. Seismisitas

Berdasarkan data seismisitas di wilayah Jawa Barat khususnya di zona Cianjur dan sekitarnya, telah terjadi beberapa kali gempabumi relatif berdekatan dengan lokasi episenter gempabumi tanggal 21 Nopember 2022 yaitu lokasi gempabumi tanggal 10 Februari 1982 di 7.0 LS-106.9 BT dengan magnitudo 5.5 dan h 25 km, dan lokasi gempabumi tanggal 12 Juli 2000 di 6.9 LS-106.9 BT dengan magnitudo 5.1 dan h 33 km [5]. Kedua gempabumi tersebut juga menimbulkan kerusakan di wilayah Sukabumi dan sekitarnya. Data makroseismik gempabumi masa lalu (*paleoearthquakes*) memberikan data kerusakan gempabumi di wilayah Sukabumi, Cianjur dan Bogor. Gambar 2 merupakan peta

seismisitas gempabumi di Jawa Barat untuk gempabumi dengan magnitudo ≥ 4.0 [8].



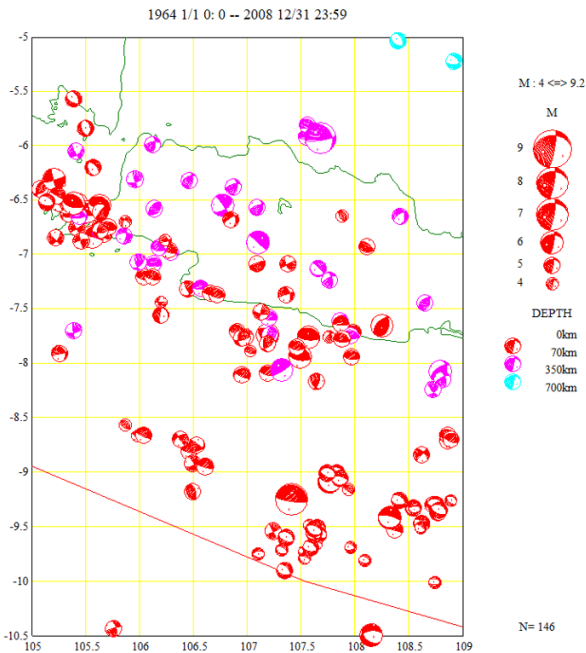
Gambar 2: Peta Seismisitas wilayah Jawa Barat-Banten dan sekitarnya ($M \geq 4.0$) dilihat dari atas bidang datar, penampang vertikal dilihat dari arah timur dan dilihat dari arah selatan.

b. Sebaran *Focal Mechanism*

Analisis Mekanisme Sumber (*focal mechanism*) gempabumi ini adalah untuk melihat pola-pola atau jenis patahan berdasarkan sinyal gelombang gempabumi yang terekam di stasiun seismik. Gambar 3 merupakan peta sebaran *focal mechanism* gempabumi yang terjadi untuk magnitudo diambil $M_w \geq 4.0$ di wilayah Jawa Barat dan sekitarnya. Berdasarkan peta analisis *focal mechanism* pada gambar 3 terlihat bahwa gempabumi dengan kedalaman dangkal sampai menengah (0-70 km) terdapat di zona subduksi di laut sebelah selatan wilayah Jawa Barat. Gempabumi kedalaman menengah (70-350 km) dan dalam (>350 km), tersebar dari zona mendekati pantai selatan sampai laut Jawa di utara wilayah Jawa Barat.

Berdasarkan gambar 3 juga terlihat tipe patahan gempabumi di sekitar zona subduksi selatan Jawa Barat di dominasi jenis patahan normal (*normal fault*) dan patahan naik (*thrust*

fault). Untuk gempa bumi daratan wilayah Jawa Barat mempunyai kedalaman dangkal dan menengah di dominasi patahan geser dan patahan naik atau campuran keduanya. Sedangkan gempa bumi dalam dominan mempunyai patahan normal.



Gambar 3: Segmen Mekanisme Sumber Gempabumi di wilayah Jawa Barat, Banten dan sekitarnya tahun 1964-2006 untuk $M_w \geq 4.0$ [8].

Gempabumi dangkal di daratan Jawa Barat akibat sesar aktif dan gempa bumi kedalaman menengah akibat subduksi dimana *slab* lempeng Australia menyusup ke lempeng Eurasia. Gempabumi darat di wilayah Sumatra Barat ada yang berasal dari patahan aktif yang belum “teridentifikasi” dengan lengkap yaitu gempa bumi Cianjur tanggal 21 Nopember 2022.

c. Gempabumi abad 19-20 di wilayah Jawa Barat

Data gempa bumi lainnya yang digunakan untuk dasar kajian dan analisis adalah data gempa bumi abad 19-20 yang terjadi di wilayah Sukabumi, Cianjur dan Bogor. Propinsi Jawa Barat termasuk salah satu zona yang mempunyai tingkat aktivitas seismik

yang tinggi di wilayah Indonesia. Wilayah Jawa Barat mempunyai jumlah 10 sesar aktif yang sudah teridentifikasi [1] dan sesar aktif yang belum teridentifikasi dengan lengkap, sehingga menjadikan wilayah ini rawan gempa bumi sesar aktif darat yang sering menimbulkan kerusakan. Gempabumi merusak akibat sesar aktif dalam kurun waktu 50 terakhir diantaranya gempa bumi tenggara Tasik tanggal 2 Nopember 1979 (M 6.4), gempa bumi Majalengka tanggal 6 Juli 1990 (M 5.8), gempa bumi Cicalengka (sesar tersembunyi) tanggal 18 Agustus 2000 (M 4.4), gempa bumi Sukabumi tanggal 10 Februari 1982 (M 5.5), gempa bumi Sukabumi tanggal 12 Juli 2000 (M 4.9-5.1) dan terakhir gempa bumi Cianjur tanggal 21 Nopember 2022.

Disamping itu berdasarkan catatan sejarah gempa bumi masa lalu di abad 19, wilayah Jawa Barat khususnya daerah sekitar Bogor, Cianjur dan Sukabumi terjadi paling tidak ada 5 kali gempa bumi dengan intensitas VII-IX MMI. Gempabumi Bogor-Cianjur tanggal 10 Oktober 1834 intensitas VIII-IX MMI, gempa bumi Bogor tanggal 25 Mei 1843 intensitas VII-VIII MMI, gempa bumi Cianjur tanggal 26 Februari 1844 intensitas VII-VIII MMI, gempa bumi Bogor 20 Desember 1852 intensitas VIII-IX MMI dan gempa bumi Jawa Barat (?) tanggal 28 Januari 1833 intensitas VII-VIII MMI[5][6].

d. Gempabumi Megathrust selatan Jawa Barat

Dalam kurun waktu 2 dekade terakhir wilayah Jawa Barat bagian selatan pernah dilanda gempa bumi megathrust “Pangandaran” yang terjadi pada tanggal 17 Juli 2006 (M 7.7) memicu tsunami. Diberitakan 550 orang meninggal, ratusan orang luka-luka di daerah pantai selatan Jawa Barat dan Jawa Tengah akibat hantaman tsunami. Tsunami menghantam pantai Pangandaran, pantai Kebumen, pantai Cilacap, pantai Samas dan pantai Parang Tritis Yogyakarta. Run-up

tsunami di perkirakan $\pm 1-6$ meter dan inundasinya $\pm 100 - 400$ meter[6].

Gambar 4 merupakan kerusakan bangunan dan tinggi tsunami akibat hantaman tsunami gempa bumi Pangandaran 17 Juli 2006 dengan magnitudo 7.7.



Gambar : Foto kerusakan akibat tsunami gempa bumi Pangandaran 17 Juli 2006 (Sumber: TribunManado.co.id)

4. Pembahasan

Merujuk pada data sejarah dan sumber-sumber gempa bumi di wilayah Jawa Barat dan dengan memperhatikan peta gempa bumi yang tercantum pada gambar 2 serta gambar 3, wilayah Jawa Barat dan sekitarnya merupakan daerah rawan gempa bumi merusak. Dan juga melihat skala intensitas gempa bumi masa lalu seperti di terangkan diatas di wilayah Bogor, Cianjur dan Sukabumi serta Majalengka dengan intensitas VII-IX MMI dan kerusakan bangunan bersifat lokal, dapat ditafsirkan bahwa sumber gempa bumi berasal dari gempa bumi sesar-sesar aktif dan kecil kemungkinan akibat gempa bumi subduksi atau gempa bumi megathrust. Dengan melihat skala

intensitas mencapai VII-IX MMI di beberapa wilayah di Jawa Barat, maka wilayah Sukabumi, Cianjur dan Bogor merupakan daerah yang relatif paling sering dilanda gempa bumi merusak dengan skala intensitas tinggi. Pada kurun waktu 50 tahun terakhir (tahun 1970-2022) wilayah ini juga sering dilanda gempa bumi dengan magnitudo moderat yang pusatnya berada di daratan dengan kedalaman sumber gempa bumi dangkal namun menimbulkan kerusakan cukup parah dan menelan korban jiwa. Jenis gempa bumi yang demikian bisa dipastikan sebagai gempa bumi akibat sesar aktif.

Walupun jumlah sesar aktif di wilayah Jawa Barat yang sudah diidentifikasi dengan baik berjumlah 10 sesar aktif [1], namun keberadaan sesar aktif yang belum teridentifikasi masih cukup banyak. Hal ini dibuktikan dengan adanya gempa bumi dangkal yang terjadi di wilayah Jawa Barat diluar zona sesar aktif yang sudah terpetakan khususnya di wilayah Sukabumi, Cianjur dan Bogor. Gempabumi Sukabumi tahun 2000 (M 4.9-5.1) terjadi di wilayah diluar sesar aktif yang sudah terpetakan, menimbulkan kerusakan di Sukabumi 35 orang luka-luka, 365 bangunan rusak berat dan 633 bangunan rusak ringan di daerah Sukaraja, Cibadak, Cikembar, Nagrak, Cicurug, Parakan dan lainnya[6]. Selain itu gempa bumi Gandasuli-Sukabumi tahun 1982 dengan M 5.5 sebagai gempa bumi darat yang menimbulkan bencana kerusakan berat sampai ringan, dan terakhir adalah gempa bumi Cianjur tanggal 21 Nopember 2022 merupakan gempa bumi sesar aktif yang menimbulkan bencana kerusakan infrastruktur lebih dari 1000 rumah rusak berat sampai ringan, dan menimbulkan korban jiwa ± 334 orang meninggal. Keempat contoh kejadian gempa bumi merusak di wilayah Sukabumi, Cianjur dan Bogor semuanya terjadi akibat sesar aktif di darat. Contoh gempa bumi sesar darat diluar wilayah Sukabumi, Cianjur dan Bogor adalah gempa bumi Cicalengka tahun 2000, gempa bumi Majalengka tahun 1990 juga

terjadi akibat sesar darat. Di luar wilayah Jawa Barat gempa bumi sesar darat adalah gempa bumi akibat sesar aktif Kali Opak-Oyo Yogyakarta tahun 2006 (Mw 6.3 atau mb 5.9) yang menelan korban jiwa terbesar (\pm 5600 orang meninggal) dan lebih dari 200 ribu bangunan mengalami kerusakan berat sampai ringan. Gempa bumi Cicalengka tahun 2000 (M 4.4) terjadi di wilayah Bandung diluar sesar aktif yang sudah terpetakan, menimbulkan kerusakan di Desa Marga Asih, Desa Narawita dan Desa Waluya. Gempa bumi Majalengka tahun 1990 (M 5.8) menyebabkan \pm 8000 bangunan roboh di Cengal, Wanahayu dan Sukamenak. Terdapat retakan tanah sepanjang \pm 10 km [6].

Telah diketahui bahwa secara defakto banyak faktor yang mempengaruhinya kerusakan bangunan atau infrastruktur akibat gempa bumi. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kerusakan bangunan akibat gempa bumi diantaranya besarnya kekuatan gempa bumi (magnitudo), kondisi tanah atau geologi, kondisi bangunan, tanah yang terurai akibat guncangan gempa, *subsidence*, likuifaksi, dan jarak pusat gempa bumi dari pemukiman dan lain sebagainya. Dari beberapa pengalaman bencana gempa bumi dangkal dengan episenter di darat, gempa bumi kekuatan moderat sering menimbulkan kerusakan terhadap bangunan yang serius dan bahkan menelan korban jiwa di wilayah Jawa Barat seperti diterangkan diatas. Artinya faktor jarak antara pusat gempa bumi dengan bangunan pemukiman menjadi salah satu factor penting dalam menyokong dan pemicu terjadinya kerusakan bangunan akibat guncangan gempa bumi.

Dalam rangka mengurangi dampak bencana gempa bumi sesar aktif darat, analisis gempa bumi selanjutnya dilakukan dengan melihat sebaran episenter gempa bumi dari magnitudo terkecil dan kedalaman sumber gempa (gambar.2) dan sebaran focal mekanisme (gambar.3). Analisis ini juga untuk mendukung penelusuran jejak sesar aktif

yang ada di wilayah Jawa Barat termasuk dugaan keberadaan sesar tersembunyi (*blind fault*), walaupun belum dapat memberikan analisis kuantitatif potensi dampak gempa bumi yang akan ditimbulkannya. Cara analisis seperti ini hanya untuk mencari atau mengidentifikasi keberadaan sesar aktif yang belum terpetakan. Namun cara ini belum bisa untuk melakukan analisis pengurangan resiko bencana gempa bumi secara kuantitatif mengingat tidak adanya data *slip rate* sesar yang teridentifikasi berdasarkan data sebaran episenter gempa bumi. Analisis pengurangan resiko gempa bumi sesar aktif bisa dilakukan apabila diketahui nilai *slip rate* dari masing-masing sesar aktif.

Kajian pengurangan resiko bencana gempa bumi sesar aktif darat selanjutnya adalah apabila dalam analisisnya menampilkan probabilitas estimasi tingkat guncangan gempa bumi, percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Acceleration-PGA*), Kecepatan Tanah Maksimum (*Peak Ground Velocity-PGV*) dan estimasi periode ulang gempa bumi sesar aktif dalam rangka mendukung tata ruang jangka panjang. Parameter tersebut biasa digunakan oleh para ahli teknik sipil (*Civil Engineering*) dalam rangka mendukung perencanaan bangunan tahan gempa bumi dan tata ruang jangka panjang suatu wilayah. Secara teori bahwa setiap gempa bumi yang terjadi pada lokasi sesar aktif yang sudah teridentifikasi, pada suatu saat akan terulang selama masa interseismik di diwilayah tersebut sudah terlampaui. Oleh karena itu kajian periode ulang gempa bumi suatu wilayah terutama untuk wilayah aktif gempa bumi pada wilayah pemukiman padat penduduk atau padat infrastruktur menjadi hal yang sangat penting [10].

5. Kesimpulan.

Dengan melihat data kerusakan infrastruktur akibat gempa bumi *megathrust* di selatan Jawa Barat dengan tingkat magnitudo “major” ($7 \leq M \leq 7.9$) dapat menimbulkan

kerusakan dan menelan korban jiwa bagi penduduk di sekitar wilayah pantai. Dan dengan mengacu pada data kerusakan gempabumi dangkal di darat yang dipicu akibat aktivitas sesar aktif darat di wilayah Jawa Barat, menjadi hal khusus untuk patut dilakukan kajian lebih serius terkait potensi dampak bencana gempabumi sesar aktif darat. Data kerusakan dan korban jiwa akibat gempabumi sesar aktif darat walaupun hanya magnitudo gempabumi skala moderat, dampak kerusakannya sangat nyata. Berdasarkan kejadian gempabumi kerak dangkal di wilayah Jawa Barat yang beberapa lokasi diluar zona sesar aktif yang telah teridentifikasi, maka kajian komprehensif bencana gempabumi tidak terbatas pada zona-zona sesar aktif yang sudah teridentifikasi saja. Namun perlu juga kajian untuk zona-zona yang diperkirakan adanya sesar aktif tersembunyi (*blind/hidden faults*) berdasarkan data geofisika lainnya (*Gravity, Geomagnet, resistivity*) dan juga berdasarkan data makroseismik gempabumi masa lalu (*paleo earthquakes*). Dengan demikian dalam kajian potensi dampak bencana gempabumi sesar aktif darat akan lebih baik dalam mendukung program mitigasi resiko bencana gempabumi dan tata ruang di masa datang.

Refrensi

1. Pusat Studi Gempa Nasional (Pusgen). (2017). Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia tahun 2017. Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman. Kemeterian PUPR kerja sama dengan beberapa Lembaga Nasional dan Internasional.
2. <https://www.bmkg.go.id>. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Jakarta.
3. [http:// usgs](http://usgs.gov). (2022). Earthquake Catalogs. United State Geological Survey of America.
4. Seth Stein and Michael Wysession. (2005). An Introduction to Seismology, earthquakes, and Earth Struture. Blackwell Publishing.
5. Pusat Gempabumi dan Tsunami. (2019). Katalog Gempabumi Indonesia Tahun 1800-2019. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Jakarta.
6. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. (2008). Katalog Gempabumi Merusak di Indonesia Tahun 1629-2008. Badan Geologi. Bandung.
7. Bock.Y, Prawirodirjo.L, Genrich.J.F, Steven.C.W, McCaffrey,R, Subarya.C, Puntodewo,S.S.O, and Calais.E. (2003). Crustal motion in Indonesia from Global Positioning System measurements. Journal Geophysical Research, Vol.108, No.B 8,2367.
8. International Institute Seismology and Earthquake Engineering. (2010). Lecture Note. Tsukuba. Japan.
9. Sukendar Asikin. (1985). Geologi Struktur Indonesia. Lab. Geologi Dinamis-Geologi Institut Tehnologi Bandung.
10. Edward A. Keller and Nicholas Pinter. Active Tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape. Prentice Hall. Upper Sadle River, New Jersey 07458.