

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2019.02.PA.14

ANALISIS BAHAYA GEMPA BUMI KABUPATEN DAN KOTA BEKASI BERBASIS SKENARIO

Aditya Alif Rama^{1, a)}, Bambang Sunardi^{2, b)}, Sunaryo¹

¹Program Studi Fisika, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka No.1, Jakarta Timur, Indonesia.

²Puslitbang BMKG, Jl. Angkasa 1 No. 2 Kemayoran, Jakarta 10720.

Email: ^{a)}adityarama1307@gmail.com, ^{b)}b.sunardi@gmail.com

Abstrak

Secara seismotektonik, Kabupaten dan Kota Bekasi dipengaruhi oleh gempa bumi yang berasal dari zona subduksi di selatan Jawa dan patahan aktif yang ada di sekitar wilayah tersebut. Penelitian terbaru memaparkan adanya patahan aktif kepanjangan dari patahan Baribis, yang melintang dari Purwakarta, Cibatu (Bekasi), Tangerang, dan Rangkasbitung yang memiliki kemungkinan menimbulkan gempa bumi di masa depan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bahaya gempa bumi di Kabupaten dan Kota Bekasi menggunakan pendekatan skenario gempa bumi. Data historis dan parameter gempa bumi di sekitar area penelitian diperoleh dari BMKG, USGS, ISC dan katalog global CMT. Geometri patahan Baribis merujuk pada penelitian Koulali et al. *Event based* dan *simple fault source* PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*) dipergunakan untuk memperkirakan bahaya gempa bumi di area studi. *Peak Ground Acceleration* (PGA) di batuan dasar yang sesuai dengan probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun dihitung. Hasil penelitian menunjukkan tingkat bahaya gempa bumi di Kabupaten dan Kota Bekasi dari historis gempa bumi yang pernah terjadi maupun skenario gempa bumi yang bersumber dari kepanjangan patahan Baribis yang kemungkinan dapat terjadi di masa depan. Hasil penelitian diharapkan dapat dimanfaatkan dalam perencanaan strategis untuk mitigasi gempa bumi di Kabupaten dan Kota Bekasi.

Kata-kata kunci: bahaya gempa bumi, skenario gempa bumi, PGA, percepatan spektrum, Bekasi.

Abstract

Seismotectically, Bekasi Regency and Bekasi City are affected by earthquakes originating from subduction zones in the south of Java and active faults around the area. The latest research describes the existence of active faults extending from the Baribis fault, which crosses from Purwakarta, Cibatu (Bekasi), Tangerang and Rangkasbitung which have the possibility of causing future earthquakes. This study aims to analyze seismic hazards in Bekasi Regency and Bekasi City based on an earthquake scenario approach. Historical data and earthquake parameters around the study area were obtained from BMKG, USGS, ISC and the CMT global catalog. The Baribis fault geometry refers to the study of Koulali et al. *Event based* and *simple fault source* PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*) were used to estimate seismic hazards in the study area. *Peak Ground Acceleration* (PGA) at bedrock level corresponding to 2% exceedance of 50 years' probability was calculated. The results of the study show the level of seismic hazard in Bekasi Regency and Bekasi City from the historical earthquakes that have occurred as well as the earthquake scenario that originated from the extension of the Baribis fault which might occur in the future. The results of the study are expected to be utilized in strategic planning for earthquake mitigation in Bekasi Regency and Bekasi City.

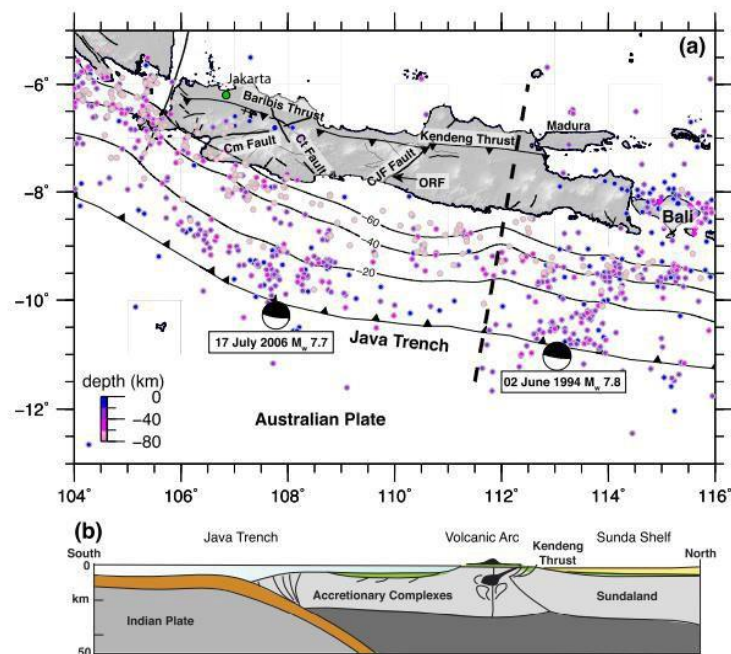
Keywords: seismic hazard, earthquake scenario, PGA, spectral acceleration, Bekasi.

PENDAHULUAN

Distribusi pusat gempa bumi di Kabupaten dan Kota Bekasi dari tahun 1900 an menunjukkan sedikit pusat gempa bumi yang berada di Kabupaten dan Kota Bekasi. Hal ini dikarenakan Kabupaten dan Kota Bekasi tidak secara langsung dilintasi busur Sunda. Meskipun demikian, secara seismotektonik Kabupaten dan Kota Bekasi sangat dipengaruhi oleh gempa bumi yang berasal dari Jawa Barat (Selat Sunda), bahkan juga ada yang berpusat di Bengkulu. Namun, Kabupaten dan Kota Bekasi harus tetap waspada terhadap zona subduksi selatan Jawa, patahan Cimandiri, patahan Baribis, patahan Walat, patahan Lembang, dan patahan-patahan lain di sekitar Kabupaten dan Kota Bekasi yang mungkin belum teridentifikasi, yang kemungkinan dapat memicu gempa bumi kuat yang dapat mengganggu kegiatan di Kabupaten dan Kota Bekasi. Gambar 1 menunjukkan tektonik regional di sekitar Kabupaten dan Kota Bekasi dan data seismisitasnya [1].

Gempa bumi dengan episenter di Kabupaten dan Kota Bekasi masih mungkin terjadi pada kedalaman tertentu karena tomografi busur Sunda menunjukkan zona subduksi dengan sudut yang relatif curam [2]. Penelitian relatif baru memaparkan adanya patahan aktif yang merupakan kepanjangan dari patahan Baribis, melintang sekitar 25 km di selatan Jakarta. Patahan Baribis melintang dari Purwakarta, Cibatu (Bekasi), Tangerang, dan Rangkasbitung. Patahan aktif ini berkemungkinan akan menimbulkan gempa bumi dengan kekuatan yang relatif besar di masa depan [1].

Beberapa kasus gempa bumi yang berasal dari Jawa Barat (Selat Sunda), bahkan Bengkulu juga dirasakan oleh masyarakat di Kabupaten dan Kota Bekasi. Sebagai contoh, gempa bumi di Selat Sunda yang terjadi pada 21 Desember 1999 pukul 14:14:59, dengan kekuatan 6 (mB), kedalaman 33 km, dan terletak 7.21 Ls dan 105.64 BT; gempa bumi di Selat Sunda pada 8 Agustus 2007 pada pukul 11:04:58, kekuatan 6.9 (mB), kedalaman 284 km, dan terletak di 6.13 Ls dan 107.68 BT; gempa bumi Bengkulu pada 12 September 2007 pada pukul 11:10:23, kekuatan 7.9 (mB), kedalaman 10 km, dan terletak 4.59 Ls dan 101.22 BT; dan gempa bumi di Selat Sunda pada 30 September 2009 pada pukul 10:16:09, kekuatan 7.6 (mB), kedalaman 30 km, dan terletak pada 8.24 Ls dan 107.32 BT [3].



GAMBAR 1. Tektonik regional wilayah Jawa dan seismisitas dari katalog ISC dengan kedalaman < 80 km [1].

Gempa bumi dengan episenter di Bekasi juga pernah terjadi, namun gempa bumi ini tak dirasakan sampai permukaan. Gempa bumi ini adalah gempa bumi pada 25 November 2011 pada pukul 12:31, yang kekuatannya 4,8 (mB) pada kedalaman 246 km, dan terletak pada 6.13° LS dan 107.08° BT [4]. Dari banyaknya kejadian gempa bumi yang dirasakan atau tidak dirasakan di Kabupaten dan Kota Bekasi sebelumnya, dan untuk mengetahui dampak yang ditimbulkannya di masa depan, maka analisis

tentang bahaya gempa bumi berbasis skenario untuk Kabupaten dan Kota Bekasi dirasakan menjadi penting. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu acuan oleh pemerintah dalam membuat kebijakan yang berkaitan dengan mitigasi bencana gempa bumi, sehingga akan meminimalisir dampak yang ditimbulkan oleh bencana tersebut di masa depan.

METODOLOGI

Pada penelitian ini kami menggunakan data historis gempa bumi dan data penunjang lainnya. Data historis gempa bumi antara lain berasal dari USGS, dan catatan gempa bumi dari terjemahan catatan Belanda [5, 6]. Pada penelitian ini, analisis bahaya gempa bumi di wilayah Kabupaten dan Kota Bekasi dibatasi hanya menggunakan dua skenario gempa bumi yang bersumber dari zona subduksi dan dua lainnya berasal dari patahan aktif di darat yang diperkirakan berasal dari kepanjangan patahan Baribis. Bahaya gempa bumi di Kabupaten dan Kota Bekasi disimulasikan dengan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA).

Skenario Gempa Bumi dari Zona Subduksi

Dalam penelitian ini, skenario gempa bumi yang berasal dari zona subduksi yang dipergunakan merujuk pada kasus gempa bumi yang pernah terjadi pada 10 September 1977, dan 9 Oktober 1985. Kedua kasus gempa bumi tersebut diperkirakan bersumber dari zona subduksi dengan posisi episenter gempa bumi diluar wilayah Kabupaten dan Kota Bekasi. Parameter gempa bumi yang digunakan dalam kedua skenario bersumber dari USGS [7, 8], sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2. Pemodelan bahaya gempa bumi dilakukan menggunakan perangkat lunak OpenQuake [9], dengan menggunakan pendekatan *event based Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA). Bahaya gempa bumi dalam bentuk *Peak Ground Acceleration* (PGA) dihitung untuk kondisi probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun dengan menggunakan tiga persamaan atenuasi yang dipergunakan yaitu Atkinson-Boore Cascadia [10], Young, dkk. [11] dan Atkinson-Boore [10] dengan bobot masing masing 1/3. Penggunaan lebih dari satu *Ground Motion Prediction Equations* (GMPE) dimaksudkan untuk mengatasi ketidakpastian epistemik yang dimungkinkan karena karena belum tersedianya GMPE khusus wilayah Indonesia.

Skenario Gempa Bumi dari Patahan Baribis

Skenario berikutnya adalah gempa bumi yang berasal dari patahan Baribis. Skenario gempa bumi yang dibangun merujuk pada historis gempa bumi 22 Januari 1780. Gempa bumi ini dianggap merupakan salah satu yang terbesar yang pernah melanda Jawa [12, 13]. Berdasarkan intensitas tinggi yang dirasakan di Jakarta dan Bogor, gempa bumi tersebut kemungkinan disebabkan oleh patahan Baribis yang terletak di antara dua daerah tersebut [14]. Skenario yang dibangun ditunjukkan pada Tabel 3 [14].

Skenario gempa bumi juga dibangun berdasarkan historis kejadian gempa bumi yang terjadi pada 10 Oktober 1834. Gempa bumi besar tersebut terasa di Lampung, Jakarta, Banten, Karawang, Bogor, Priangan hingga Tegal [15]. Kekuatan dari gempa bumi tersebut diperkirakan minimal Mw 7.0 [12]. Parameter gempa bumi yang digunakan dalam skenario gempa bumi ditunjukkan pada Tabel 4 [14]. Pemodelan bahaya gempa bumi dilakukan menggunakan OpenQuake [9]. *Peak ground Acceleration* (PGA) dihitung menggunakan tiga persamaan atenuasi yang dipergunakan yaitu Boore dkk [16], Campbell & Bozorgnia [17] dan Chiou & Youngs [18] dengan bobot masing masing 1/3.

TABEL 1. Parameter gempa bumi 10 September 1977 [7]

Episenter	Mw	Depth	Nodal Plane	Strike	Dip	Rake
107.088°	5.9	105 km	NP1	247°	73°	114°
-6.572°			NP2	11°	29°	38°

TABEL 2. Parameter gempa bumi 9 Oktober 1985 [8]

Episenter	Mw	Depth	Nodal Plane	Strike	Dip	Rake
107.082° -6.791°	6.5	153.8 km	NP1 NP2	254° 132°	2° 89°	32° 92°

TABEL 3. Parameter gempa bumi 22 Januari 1780 [14].

Mechanism	Mw	Depth	Posisi Rupture	Length	Dip	Rake
Reverse	7	12 km	106.530° -6.340° 106.840° -6.390°	45 km	45°	90°

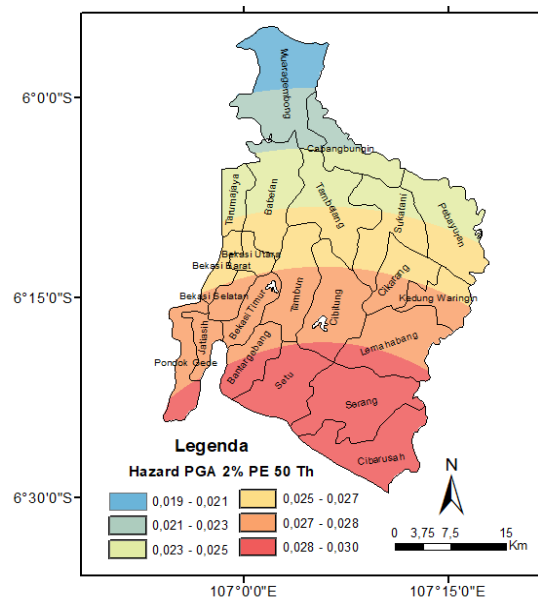
TABEL 4. Parameter gempa bumi 10 Oktober 1834 [14].

Mechanism	Mw	Depth	Posisi Rupture	Length	Dip	Rake
Reverse	7	12 km	107.169° -6.492° 106.769° -6.371°	45 km	45°	90°

HASIL DAN PEMBAHASAN

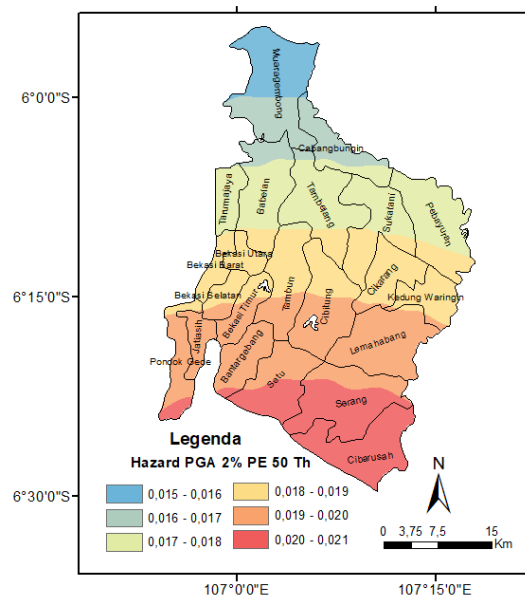
Analisis Bahaya Gempa Bumi dari Zona Subduksi

Pada penelitian ini, analisis bahaya gempa bumi yang bersumber dari zona subduksi dibatasi hanya menggunakan dua skenario. Skenario pertama merujuk pada kasus gempa bumi 10 September 1977 dengan kekuatan Mw 5.9 dan kedalaman 105 km (Tabel 1). Hasil analisis menunjukkan distribusi nilai PGA batuan dasar di Kabupaten dan Kota Bekasi pada kisaran 0.019 – 0.030 g, dengan distribusi semakin mengecil di wilayah utara (Gambar 2). Merujuk pada tabel konversi dari Trifunac & Brady [19], serta Wald, dkk. [20, 21], intensitas gempa bumi wilayah Kabupaten dan Kota Bekasi berkisar antara II – IV MMI. Posisi gempa bumi 10 September 1977 yang berada diluar wilayah penelitian serta kedalaman gempa bumi yang relatif dalam memberikan efek guncangan tanah yang relatif tidak signifikan di wilayah penelitian.



GAMBAR 2. Estimasi Peak Ground Acceleration (PGA) di batuan dasar untuk skenario gempa bumi 10 September 1977 dengan parameter gempa bumi seperti ditunjukkan pada TABEL 1.

Skenario kedua adalah kasus gempa bumi 9 Oktober 1985 dengan kekuatan Mw 6.5 dan kedalaman 153.8 km (Tabel 2). Estimasi nilai PGA batuan dasar di Kabupaten dan Kota Bekasi untuk kasus gempa bumi tersebut berada pada kisaran 0.015 – 0.021 g (Gambar 3) atau I – IV MMI apabila merujuk tabel konversi dari Trifunac & Brady [19], serta Wald, dkk. [20, 21]. Hampir mirip dengan kasus gempa bumi 10 September 1977, distribusi nilai PGA di batuan dasar juga mengalami penurunan ke arah utara. Distribusi nilai PGA di batuan dasar yang lebih rendah dibandingkan kasus gempa bumi 10 September 1977 disebabkan karena jarak episenter gempa bumi yang lebih jauh dan kedalaman gempa bumi yang lebih dalam. Secara umum, kedua skenario gempa bumi yang diperkirakan berasal dari zona subduksi memberikan dampak nilai PGA kurang dari 0.030 g dengan intensitas gempa bumi hingga IV MMI.



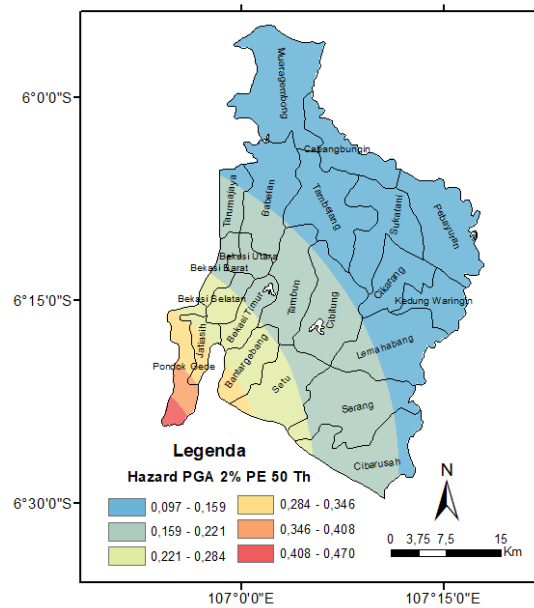
GAMBAR 3. Estimasi *Peak Ground Acceleration* (PGA) di batuan dasar untuk skenario gempa bumi 9 Oktober 1985 dengan parameter gempa bumi seperti ditunjukkan pada TABEL 2.

Analisis Bahaya Gempa Bumi dari Patahan Baribis

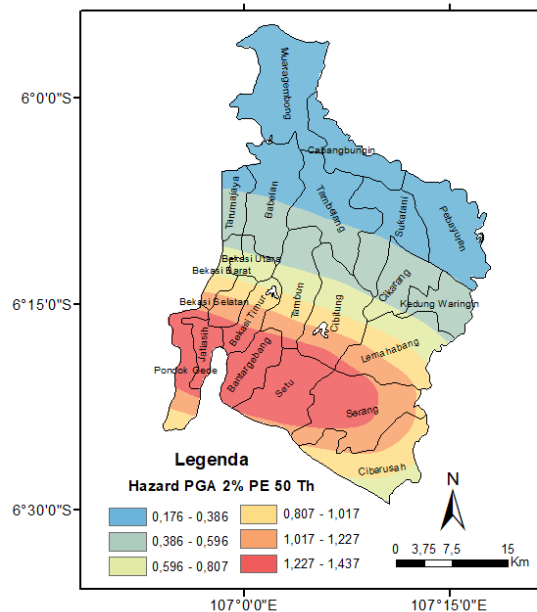
Beberapa penelitian yang pernah dilakukan memperkirakan bahwa kasus gempa bumi di Jawa pada 22 Januari 1780 dan 10 Oktober 1834 bersumber dari patahan aktif yang dikenal dengan patahan Baribis [12, 13, 14]. Analisis bahaya gempa bumi di Kabupaten dan Kota Bekasi dilakukan menggunakan kedua skenario gempa bumi tersebut. Skenario pertama adalah kasus gempa bumi 22 Januari 1780. Dalam penelitian ini, kita memperkirakan gempa bumi 22 Januari 1780 dengan kekuatan Mw 7.0 dan kedalaman 12 km. Hasil analisis bahaya gempa bumi ditunjukkan pada Gambar 4. Simulasi bahaya gempa bumi di Kabupaten dan Kota Bekasi dengan skenario tersebut memberikan hasil nilai PGA di batuan dasar berkisar antara 0.097-0.470 g atau setara pada kondisi VI–VIII MMI apabila merujuk tabel konversi dari Trifunac & Brady [19], serta Wald, dkk. [20, 21]. Nilai PGA di batuan dasar akan berkurang seiring meningkatnya jarak dari sumber gempa bumi.

Skenario kedua adalah kasus gempa bumi 10 Oktober 1834. Gempa bumi tersebut memiliki kekuatan minimal Mw 7.0 [12]. Pada penelitian ini, kita menskenariokan sumber gempa bumi berada di wilayah Kabupaten dan Kota Bekasi pada kedalaman 12 km. Hasil analisis bahaya gempa bumi menunjukkan distribusi PGA di batuan dasar yang sangat signifikan pada kisaran 0.176 - > 1 g. Apabila kita konversikan ke dalam skala intensitas gempa bumi ada pada kisaran VI–IX MMI. Distribusi nilai PGA di batuan dasar sangat tinggi di wilayah selatan dan mulai menurun ke arah utara seiring meningkatnya jarak dari sumber gempa bumi. Kedua skenario gempa bumi yang diperkirakan berasal

dari patahan Baribis memberikan dampak nilai PGA di batuan dasar yang cukup signifikan dan intensitas gempa bumi hingga IX MMI.



GAMBAR 4. Estimasi *Peak Ground Acceleration* (PGA) di batuan dasar untuk skenario gempa bumi 22 Januari 1780 dengan parameter gempa bumi seperti ditunjukkan pada TABEL 3.



GAMBAR 5. Estimasi *Peak Ground Acceleration* (PGA) di batuan dasar untuk skenario gempa bumi 10 Oktober 1834 dengan parameter gempa bumi seperti ditunjukkan pada TABEL 4.

SIMPULAN

Hasil analisis bahaya gempa bumi di Kabupaten dan Kota Bekasi akibat kedua skenario sumber gempa subduksi yang diperkirakan berasal dari zona subduksi memberikan dampak nilai PGA di batuan dasar kurang dari 0.030 g atau intensitas gempa bumi hingga IV MMI. Namun demikian, kedua

skenario gempa bumi yang diperkirakan berasal dari patahan Baribis memberikan dampak nilai PGA di batuan dasar yang sangat signifikan dengan intensitas gempa bumi hingga IX MMI.

REFERENSI

- [1] A. Koulali, S. McClusky, S. Susilo, Y. Leonard, P. Cummins, P. Tregoning, I. Meilano, J. Efendi, A. B. Wijanarto, "The Kinematics of Crustal Deformation in Java from GPS Observations: Implications for Fault Slip Partitioning". *Earth and Planetary Science Letters Volume 458*. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2016.10.039>.
- [2] A. M. Julius and B. Sunardi, "Earthquake Response of Storey Building in Jakarta Using Accelerographs Data Analysis," 2016, AIP Conference Proceedings 1658, 040001. <https://doi.org/10.1063/1.4915034>.
- [3] Pusat Gempabumi dan Tsunami, "Katalog Gempabumi Sigifikan dan Merusak 1821-2017," BMKG., Jakarta, 2018.
- [4] Rivki. (2019, June 19). Detik.com [Online]. Available: <https://news.detik.com/berita/d-3355100/gempa-bekasi-sempat-bikin-heboh-medsos-ini-penjelasan-bmkg>.
- [5] Wichmann, A., 1918. Die Erdbeben des Indischen Archipels bis zum Jahre 1857. *Verhandelingen Der Koninklijke Akademie van Wetenschappen Te Amsterdam*, 20, 193.
- [6] Wichmann, A., 1922. Die Erdbeben Indischen Archipels von 1858 bis 1877. *Verhandelingen Der Koninklijke Akademie van Wetenschappen Te Amsterdam*, 22, 209
- [7] Earthquake Hazard Program. (2019, May 19). USGS [Online]. Available: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usp0000qjy/focal-mechanism>.
- [8] Earthquake Hazard Program. (2019, May 19). USGS [Online]. Available: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usp0002km5/focal-mechanism>.
- [9] OpenQuake. (2019, May 19). Global Earthquake Model [Online]. Available: <https://github.com/gem>.
- [10] G. M. Atkinson and D. M. Boore. "Empirical Ground-Motion Relation for Subduction Zone Earthquakes and Their Application to Cascadia and Other Regions". *Bulletin of the Seismological Society of American*, 93 (4) : 1703-1729. 2003. <https://doi.org/10.1785/0120020156>.
- [11] R. R. Youngs, S. J. Chiou, W. J. Silva, and J. R. Humphrey, "Strong Ground Motion Attenuation Relationships for Subduction Zone Earthquakes". *Seimological Research Letters*, 68(1), pp. 58-73. 1997. <https://doi.org/10.1785/gssrl.68.1.58>.
- [12] R. M. W. Musson, "A Provisional Catalogue of Historical Earthquakes in Indonesia". British Geological Survey. 2012.
- [13] P. Albin, R. M. W. Musson, A. A. Gomez Capera, M. Locati, A. Rovida, M. Stucchi, and D. Viganò, "Global Historical Earthquake Archive and Catalogue (1000-1903)". Pavia, Italy, 2013.
- [14] N. Nguyen, A. Cipta, P. Cummins, J. Griffin, "Indonesia's Historical Earth-quakes: Modelled Examples for Improving the National Hazard Map". Canberra Geoscience Australia. 2015.
- [15] Reiche, M. T. 1859. Berigten over Aardbeving en Berguitbarstingen Vermeld in de Javasche Couranten van 1831 tot 1840. *Natuurkundig Tijdschrift Voor Nederlandsch Indië*, 18, 245–282.
- [16] D. M. Boore, J. P. Stewart, E. Seyhan, and G. M. Atkinson, "NGA-West 2 Equations for Predicting PGA, PGV, and 5%-Damped PSA for Shallow Crustal Earthquakes". 2013.

- [17] K. W. Campbell, and Y. Bozorgnia, "NGA-West2 Campbell-Bozorgnia Ground Motion Model for the horizontal Components of PGA, PGV and 5%-Damped Elastic Pseudo-Acceleration Response Spectra for Periods Ranging from 0.01 to 10 sec," Pacific Earthquake Engineering Research Center, PEER Report 2013/6, pp.xii+75. 2013.
- [18] B. Chiou and R. R. Youngs, "Update of the Chiou and Youngs NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra". *Earthquake Spectra* 30 (3). 2014. 1117-1153.
- [19] M. D. Trifunac, and A. G. Brady, "On the correlation os Seismic Intensity Scales with the Peaks of Recorded Ground Motion". *Bull. Seism. Soc. Am.* 65. 1975. 139-162.
- [20] D. J. Wald, T. H. Heaton, and H. Kanamori, P. Maechling, and V. Quitarano,, "Research and Development of TriNet Shake Maps". *Earthquake Spectra* 15. 1999a.
- [21] D. J. Wald, V. Quitarano, T. H. Heaton, and H. Kanamori, "Relationships between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Modified Mercalli Intensity in California". *Earthquake Spectra* 15. 1999b. 557-564