

# PEMETAAN DAERAH RAWAN KERUSAKAN AKIBAT GEMPA BUMI DI WILAYAH KOTA PALU TAHUN 2000-2018 BERDASARKAN NILAI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM

<sup>1,\*</sup>Ary Rhamadan Saputra, <sup>1,2</sup>Djayus, <sup>1,2</sup>Supriyanto

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

<sup>2</sup>Laboratorium Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

\*Email: [rhamadan.ars@gmail.com](mailto:rhamadan.ars@gmail.com)

## ABSTRACT

Palu is the city passed by the Palu-Koro active fault so that tectonic earthquakes often occur, some of which are followed by tsunamis, liquefaction and soil movements. The purpose of this research is to determine the value of peak ground acceleration based on earthquake data from 2000-2018 and to find out areas prone to earthquake damage based on the value of peak ground acceleration in the city of Palu. The data in this research are historical data of earthquakes from 2000-2018 with magnitudes 4.5-9 on the Richter scale and depths of 0-70 Km from USGS (United States Geological Survey) as much 9 data. Earthquake data is processed using empirical equation model Mc. Guirre K. and Donovan to get the value of peak ground acceleration at each specified observation point (grid) by the boundary area 0°37' LS - 0°58' LS dan 119°45' BT - 121°3' BT. The value of Peak Ground Acceleration at each observation point is processed using software for mapping to get the mapping results. Results of the research, the value of Peak Ground Acceleration in the city of Palu was based on earthquake data from 2000-2018 with Mc. Guirre R.K model ranging from 105,442 - 108,899 gal while the Donovan model ranging from 112,832 - 116,585 gal. The level of earthquake damage in the city of Palu from the highest to the lowest in sequence, namely the districts of North Palu, Tawaeli, Mantikulore, East Palu, Ulujati, West Palu, South Palu and Tatanga.

**Keywords:** Peak Ground Acceleration, Earthquake, Mc. Guirre R.K, Donovan

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang secara geografis terletak pada posisi 6° LU - 11° LS dan 95° BT - 141° BT. Indonesia memiliki wilayah yang merupakan zona pertemuan 3 lempeng dunia, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia dan lempeng Pasifik, sehingga berpeluang untuk sering terjadinya gempa tektonik di wilayah ini baik itu gempa yang berskala kecil maupun yang berskala besar.

Sulawesi merupakan pulau yang termasuk dalam wilayah rawan terjadi gempa bumi di Indonesia karena terletak dekat dengan sumber gempa bumi di laut dan di darat. Sumber gempa bumi di darat berasal dari sesar-sesar aktif yang membentang disepanjang daerah Sulawesi. Salah satu dari sesar (patahan kerak bumi) yang ada di Sulawesi adalah sesar Palu-Koro yang dimensinya cukup besar dan memiliki tingkat keaktifan yang tinggi. Menurut Hamilton (1979), sesar Palu-Koro membentang dari utara Palu hingga ke

selatan teluk Bone dan membentuk percabangan sesar Walanae di bagian selatan pulau Sulawesi dan di ujung barat selat Makassar membentuk sesar Peternoster

Banyaknya zona tektonik di sekitar wilayah kota Palu menyebabkan peluang terjadinya gempa sangat besar, baik gempa berskala besar, maupun kecil yang tentunya akan menimbulkan korban, baik jiwa maupun harta benda. Oleh karena itu, diperlukan kajian mengenai informasi dalam hal mitigasi di kota Palu agar masyarakat maupun pemerintah dapat meminimalisir kerusakan-kerusakan akibat dari gempa bumi tersebut.

## 2. TEORI

Percepatan tanah adalah parameter yang menyatakan perubahan kecepatan mulai dari keadaan diam sampai pada kecepatan tertentu. Pada bangunan yang berdiri di atas tanah memerlukan kestabilan tanah agar bangunan tetap stabil. Percepatan getaran tanah maksimum adalah nilai percepatan pergerakan tanah yang terbesar yang pernah terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh gelombang gempa bumi. Nilai percepatan tanah maksimum dihitung berdasarkan magnitudo dan jarak sumber gempa yang pernah terjadi terhadap titik perhitungan, serta nilai periode dominan tanah daerah tersebut (Kurniawan, 2016).

Percepatan tanah permukaan di suatu tempat yang disebabkan oleh getaran seismik bergantung pada perambatan gelombang seismik dan karakteristik lapisan tanah (*alluvial deposit*) di tempat tersebut. Sifat-sifat lapisan tanah ditentukan oleh periode dominan tanah dari lapisan tanah tersebut bila ada getaran seismik. Periode getaran seismik dan periode dominan tanah akan mempengaruhi besarnya percepatan pergerakan batuan dasar dan permukaan (Kurniawan, 2016).

Parameter getaran gelombang gempa yang dicatat oleh sismograf umumnya adalah simpangan kecepatan atau *velocity* dalam satuan kine (cm/dt). selain kecepatan tentunya parameter yang lain seperti

simpangan ( dalam satuan mikrometer) dan percepatan (dalam satuan gal  $\text{cm/dt}^2$ ) juga dapat ditentukan. Parameter percepatan gelombang seismik (percepatan tanah) merupakan salah satu parameter yang penting dalam seismologi teknik. Besar kecilnya percepatan tanah tersebut menunjukkan resiko gempa bumi yang perlu diperhitungkan sebagai bagian dalam perencanaan bangunan tahan gempa (Kurniawan, 2016).

Jarak episenter dapat ditentukan dengan formula empiris, yaitu:

$$\Delta^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 \quad (1)$$

dimana :

- $\Delta$  = jarak episenter (km)
- $x_1$  = lintang episenter gempa ( $^\circ$ )
- $x_2$  = lintang daerah perhitungan ( $^\circ$ )
- $y_1$  = bujur episenter gempa ( $^\circ$ )
- $y_2$  = bujur daerah perhitungan ( $^\circ$ )

Setelah jarak episenter diketahui (dengan konversi  $1^\circ = 111 \text{ km}$ ), maka dihitung jarak hiposenter dengan persamaan :

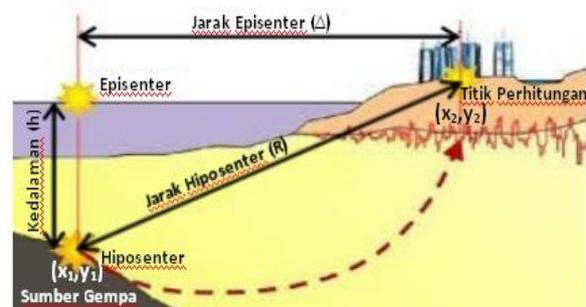
$$R = \sqrt{\Delta^2 + h^2} \quad (2)$$

dimana :

- R = jarak hiposenter (km)
- $\Delta$  = jarak episenter (km)
- h = kedalaman sumber gempa (km)

(Marlisa dkk, 2016).

Untuk lebih jelasnya mengenai jarak episenter dan jarak hiposenter dapat dilihat pada ilustrasi gambar berikut.



**Gambar 1** Ilustrasi Jarak Episenter dan Hiposenter

(Sumber: [www.matriks.sipil.ft.uns.ac.id](http://www.matriks.sipil.ft.uns.ac.id))

Setiap gempa yang terjadi akan menumbulkan satu nilai percepatan tanah pada suatu tempat (*site*). Nilai percepatan tanah yang akan diperhitungkan pada perencanaan bangunan adalah nilai percepatan tanah maksimum. Meskipun gempa bumi yang kuat tidak sering terjadi tetapi tetap sangat membahayakan kehidupan manusia. Salah satu hal yang penting dalam penelitian seismologi adalah mengetahui kerusakan akibat getaran gempa bumi terhadap bangunan-bangunan di setiap tempat. Hal ini diperlukan untuk menyesuaikan kekuatan bangunan yang akan dibangun di daerah tersebut (Kurniawan, 2016).

Oleh sebab itu, untuk keperluan bangunan tahan gempa harga percepatan tanah dapat dihitung dengan cara pendekatan dari data historis gempa bumi. Beberapa formula empiris PGA antara lain metode Donovan, Esteva, Murphy-O’Brein, Gutenberg-Richter, Mc. Guirre R.K., Kanai, Kawasumi dan lain-lain. Formula-formula empiris tersebut ditentukan berdasarkan suatu kasus gempa bumi pada suatu tempat tertentu, dengan memperhitungkan karakteristik sumber gempa buminya, kondisi geologi dan geotekniknya (Kurniawan, 2016).

Model percepatan tanah pada permukaan secara empiris Mc. Guirre R.K. (1963) ditulis sebagai berikut :

$$\alpha = \frac{472.3 \times 10^{0.278 \times M_s}}{(R + 25)^{1.301}} \quad (3)$$

dimana :

$\alpha$  = percepatan tanah permukaan (gal)  
 $M_s$  = magnitudo gelombang permukaan (SR)  
 $R$  = jarak hiposenter (km)  
 (Marlisa dkk, 2016).

Model percepatan tanah pada permukaan secara empiris Donovan ditulis sebagai berikut :

$$\alpha = \frac{1080 \times \exp^{0.5 \times M_s}}{(R + 25)^{1.32}} \quad (4)$$

dimana :

$\alpha$  = percepatan tanah permukaan (gal)  
 $M_s$  = magnitudo gelombang permukaan (SR)  
 $R$  = jarak hiposenter (km)  
 (Pasau, 2015).

Untuk mendapatkan data intensitas, berdasarkan *Beca Carter Hollings & Ferner Ltd* bekerjasama dengan *The Indonesian Counterparty Team* telah meluncurkan “*Seismic Zone for Building Construction in Indonesia*” dimana wilayah Indonesia dibagi kedalam 6 zona tingkat bahaya gempa bumi :

**Tabel 1** Pembagian Intensitas (MMI) berdasarkan Nilai Percepatan Tanah

Zona	Percepatan Tanah Maksimum (gal)	Intensitas (MMI)
1	>323,4	>IX
2	245 - 323,4	VIII - IX
3	196 - 245	VII - VIII
4	127 - 196	VI - VII
5	39,2 - 127	V - VI
6	<39,2	V

(Kurniawan, 2016).

**Tabel 2** Pengertian Skala MMI

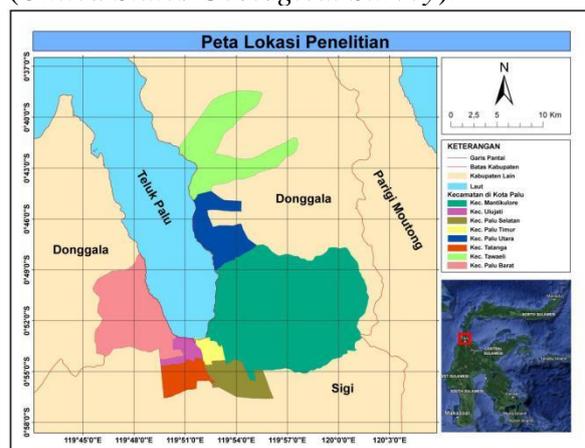
No.	Skala MMI	Dampak
1	I	Getaran tidak dirasakan kecuali dalam keadaan luar biasa oleh beberapa orang.
2	II	Getaran dirasakan oleh beberapa orang, benda-benda ringan yang digantung bergoyang.
3	III	Getaran dirasakan nyata di dalam rumah. Terasa getaran seakan-akan ada truk berlalu.
4	IV	Pada siang hari dirasakan

		oleh banyak di dalam rumah, di luar rumah oleh beberapa orang, gerabah pecah, jendela/pintu bergerincing dan dinding berbunyi.
5	V	Getaran dirasakan oleh hampir semua penduduk, orang banyak terbangun, gerabah pecah, jendela dan sebagainya pecah, barang-barang terpelanting, tiang-tiang dan barang besar tampak bergoyang, bandung lonceng dapat berhenti.
6	VI	Getaran dirasakan oleh semua penduduk. Kebanyakan semua terkejut dan berlari ke luar, plaster dinding jatuh dan cerobong asap pada pabrik rusak, kerusakan ringan.
7	VII	Setiap orang keluar rumah. Kerusakan ringan pada rumah-rumah dengan bangunan dan konstruksi yang baik. Sedangkan pada bangunan dengan konstruksi yang kurang baik terjadi retak-retak bahkan hancur, cerobong asap pecah, terasa oleh orang yang naik kendaraan.
8	VIII	Kerusakan ringan pada bangunan dengan konstruksi yang kuat. Retak-retak pada bangunan dengan konstruksi yang kurang baik, dinding dapat lepas dari rangka rumah, cerobong asap pabrik dan monumen-monumen roboh, air menjadi keruh.
9	IX	Kerusakan pada bangunan yang kuat, rangka-rangka rumah menjadi tidak lurus,

		banyak retak-retak. Rumah tampak berpindah dari pondasinya. Pipa-pipa didalam rumah putus.
10	X	Bangunan dari kayu yang kuat rusak, rangka rumah lepas dari pondasinya, tanah longsor di tiap-tiap sungai di tanah curam.
11	XI	Bangunan-bangunan hanya sedikit yang berdiri. Jembatan rusak, terjadi lembah. Pipa di dalam tanah tidak bisa dipakai sama sekali, tanah terbelah, rel melengkung sekali.
12	XII	Hancur sama sekali. Gelombang tampak pada permukaan tanah. Pemandangan menjadi gelap. Benda-benda terlempar ke udara.

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Geofisika Universitas Mulawarman Samarinda, provinsi Kalimantan Timur. Data yang digunakan adalah data gempa di kota Palu tahun 2000 - 2018 dengan magnitudo 4,5 - 9 Skala Richter dan kedalaman 0 - 70 Km pada titik koordinat 0°37' LS - 0°58' LS dan 119°45' BT - 121°03' BT. Data diperoleh dari katalog gempa bumi website USGS (*United States Geological Survey*).



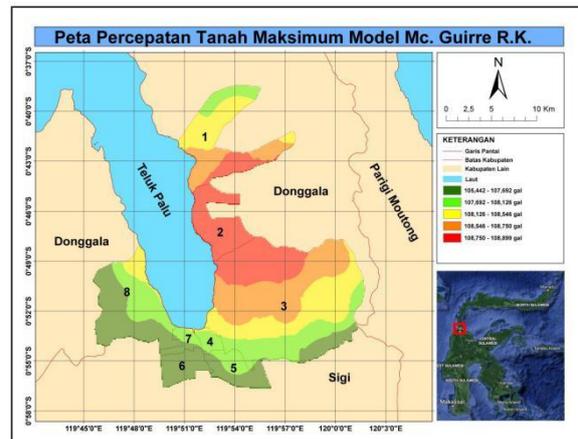
Gambar 2 Peta Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini memiliki beberapa prosedur pengolahan sebagai berikut :

1. Menyusun data historis gempa bumi di kota Palu tahun 2000 - 2018 berdasarkan latitudo, longitudo, magnitudo dan kedalaman dengan batasan wilayah 0°37' LS - 0°58' LS dan 119°45' BT - 121°3' BT (dapat dilihat pada Gambar 3.1), diambil data gempa bumi dengan kekuatan dari 4,5 - 9 Skala Richter dan digambar peta episenternya.
2. Membagi wilayah penelitian menjadi beberapa grid, dengan masing-masing titik grid berjarak 0,0234°.
3. Menghitung jarak episenter gempa bumi.
4. Menghitung jarak hiposenter gempa bumi.
5. Menghitung nilai percepatan pergerakan tanah maksimum di tiap-tiap titik grid pengamatan dengan menggunakan model empiris Mc. Guirre R.K.
6. Menghitung nilai percepatan pergerakan tanah maksimum di tiap-tiap titik grid pengamatan dengan menggunakan model empiris Donovan.
7. Kemudian pada setiap tempat (titik grid) akan diperoleh harga percepatan pergerakan tanah maksimum.
8. Membuat peta kontur percepatan pergerakan tanah maksimum menggunakan *software* pemetaan.
9. Menganalisa hasil pemetaan percepatan pergerakan tanah maksimum menggunakan metode Mc. Guirre R.K. dan Donovan yang telah dibuat.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan dengan menggunakan model empiris Mc. Guirre dan model empiris Donovan, di dapatkan besar nilai percepatan tanah maksimum wilayah penelitian yang kemudian nilai tersebut diolah dengan menggunakan *software* pemetaan untuk menghasilkan peta percepatan tanah maksimum selama periode 2000 - 2018. Hasil pemetaannya dapat dilihat sebagai berikut.



**Gambar 3** Peta Percepatan Tanah Maksimum Model Mc. Guirre R.K.

Gambar 3 merupakan hasil pemetaan dari nilai percepatan tanah maksimum yang dihitung dengan menggunakan model Mc. Guirre R.K. Berdasarkan peta kontur percepatan tanah maksimum (PGA) tersebut, dapat dilihat bahwa wilayah kota Palu memiliki nilai percepatan tanah berkisar antara 105,442 - 108,899 atau dapat dikategorikan sebagai wilayah dengan tingkat resiko sedang. Daerah yang memiliki nilai percepatan tanah tertinggi di kota Palu tersebar di beberapa wilayah yaitu kecamatan Tawaeli, kecamatan Palu Utara dan kecamatan Mantikulore. Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat pada tabel 3.

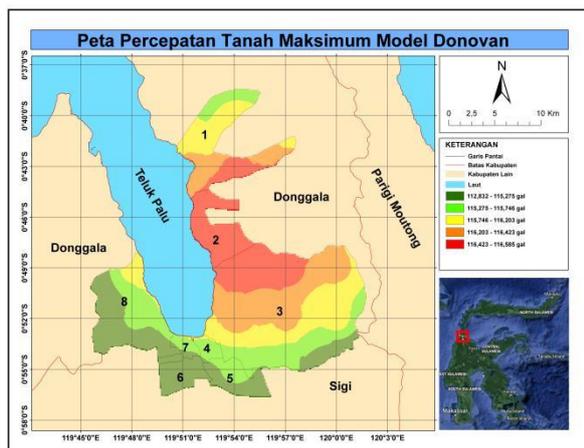
**Tabel 3** Nilai Percepatan Tanah Maksimum Kecamatan di Wilayah Kota Palu

No.	Kecamatan	Mc. Guirre R.K. $\alpha_1$ (gal)
1	Tawaeli	107,692 - 108,899
2	Palu Utara	108,750 - 108,899
3	Mantikulore	105,442 - 108,899
4	Palu Timur	105,442 - 108,546
5	Palu Selatan	105,442 - 108,126
6	Tatanga	105,442 - 108,126
7	Uluhati	105,442 - 108,546
8	Palu Barat	105,442 - 108,546

Berdasarkan tabel di atas, dapat kita lihat bahwa wilayah di kota Palu tidak memiliki perbedaan yang besar pada nilai percepatan tanah maksimumnya dan wilayah yang memiliki percepatan tanah yang tinggi secara berurutan adalah di kecamatan Palu Utara yang berkisar 108,750 - 108,899 gal, kemudian kecamatan Tawaeli yang berkisar 107,692 - 108,899 gal, kecamatan Mantikulore yang berkisar 105,442 - 108,899 gal, kecamatan Palu Timur, Ulujati, Palu barat yang memiliki nilai sama berkisar 105,442 - 108,546 gal, kecamatan Palu Selatan dan Tatanga yang memiliki nilai berkisar 105,442 - 108,126 gal.

**Tabel 4** Nilai Percepatan Tanah Maksimum Kecamatan di Wilayah Kota Palu

No.	Kecamatan	Donovan $\alpha_2$ (gal)
1	Tawaeli	115,275 - 116,585
2	Palu Utara	116,423 - 116,585
3	Mantikulore	112,832 - 116,585
4	Palu Timur	112,832 - 116,203
5	Palu Selatan	112,832 - 115,746
6	Tatanga	112,832 - 115,746
7	Ulujati	112,832 - 116,203
8	Palu Barat	112,832 - 116,203



**Gambar 4** Peta Percepatan Tanah Maksimum Model Donovan

Gambar 4 merupakan hasil pemetaan dari nilai percepatan tanah maksimum yang dihitung dengan menggunakan model Donovan. Berdasarkan peta kontur percepatan tanah maksimum (PGA) tersebut, dapat dilihat bahwa wilayah kota Palu memiliki nilai percepatan tanah berkisar antara 112,832 - 116,585 atau dapat dikategorikan sebagai wilayah dengan tingkat resiko sedang. Daerah yang memiliki nilai percepatan tanah tertinggi di kota Palu tersebar di beberapa wilayah yaitu kecamatan Tawaeli, kecamatan Palu Utara dan kecamatan Mantikulore. Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat pada tabel di bawah ini.

Berdasarkan tabel di atas, sama seperti model Donovan dapat kita lihat bahwa wilayah di kota Palu tidak memiliki perbedaan yang besar pada nilai percepatan tanah maksimumnya dan wilayah yang memiliki percepatan tanah yang tinggi secara berurutan adalah di kecamatan Palu Utara yang berkisar 116,423 - 116,585 gal, kemudian kecamatan Tawaeli yang berkisar 115,275 - 116,585 gal, kecamatan Mantikulore yang berkisar 112,832 - 116,585 gal, kecamatan Palu Timur, Ulujati, Palu barat yang memiliki nilai sama berkisar 112,832 - 116,203 gal, kecamatan Palu Selatan dan Tatanga yang memiliki nilai berkisar 112,832 - 115,746 gal

Berdasarkan hasil analisis data dan nilai percepatan tanah maksimum yang telah diperoleh yang telah dipetakan, dapat dilihat bahwa perbedaan nilai terkecil dan terbesarnya tidak terlalu jauh dikarenakan wilayah penelitian yang kecil atau dapat dikatakan jaraknya yang saling berdekatan. Hal inilah yang menjadi penyebab nilai percepatan tanah maksimum di wilayah tersebut tidak berbeda jauh sehingga dapat dikategorikan pada tingkatan yang sama yaitu tingkat resiko sedang atau skala V - VI pada skala intensitas (MMI).

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan, Nilai percepatan tanah maksimum di wilayah kota Palu berdasarkan data gempa bumi tahun 2000 - 2018 dengan model Mc. Guirre R.K berkisar antara 105,442 - 108,899 gal dan dengan model Donovan berkisar antara 112,832 - 116,585 gal. Berdasarkan nilai percepatan tanah maksimum yang diperoleh dengan model Mc. Guirre R.K dan model Donovan, daerah yang mempunyai tingkat rawan kerusakan akibat gempa bumi di wilayah kota Palu dari yang tertinggi sampai yang terendah secara berurutan yaitu kecamatan Palu Utara, Tawaeli, Mantikulore, Palu Timur, Ulujati, Palu Barat, Palu Selatan dan Tatanga.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah. 2010. *Analisis dan Keaktifan Resiko Gempa Bumi pada Zona Subduksi Daerah Pulau Sumatra dan Sekitarnya dengan Metode Least Square*. Jakarta : UIN Syarif Hidayatullah.
- Bormann, P. 2002. *International New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP)*. Germany: GFZ Postdam.
- Bullen, K.E. dan Bruce, A.B. 1965. *An Introduction To The Theory Of Seismology*. Fourth Edition: Cambridge University Press.
- Fulki, Ahmad. 2011. *Analisis Parameter Gempa, B Value PGA di Daerah Papua*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Idawati, M. 2005. *Studi Percepatan Tanah Maksimum Akibat Aktivitas Gempa Bumi Di Daerah Sulawesi Selatan*. Makassar: UNHAS.
- Ismail, Sulaiman. 1989. *Pendahuluan Seismologi Jilid II A*. Balai Diklat Meteorologi dan Geofisika, Jakarta: Departemen Perhubungan.
- Kurniawan, Miftahul. 2016. *Pemetaan Tingkat Resiko Kerusakan Akibat Gempa Bumi di Wilayah Jawa Barat Berdasarkan Pola Percepatan Tanah Maksimum dengan Metode MC. Guirre*. R.K. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Lira, Nursiah. 2017. *Analisis Parameter Seismik Gempa Bumi Wilayah Lengan Timur Sulawesi dengan Metode Empiris*. Makassar: UIN Alauddin.
- Marlisa, M., Pujiastuti, D. dan Billyanto, R. 2016. *Analisis Percepatan Tanah Maksimum Wilayah Sumatera Barat*. Padang: Universitas Andalas.
- Moch, Munir. 2003. *Geologi Lingkungan*. Malang: Bayumedia Publishing.
- Modul Pelatihan Pegawai BMKG. 2014.
- Noor, Djauhari. 2006. *Geologi Lingkungan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pasau, G., Tamuntuan, G. dan Kapojos, C.G. 2015. *Analisis Percepatan Tanah Maksimum dengan Menggunakan Rumusan Esteva dan Donovan*. Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- Pramono, Gatot H. 2008. *Akurasi Metode IDW dan Kriging untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi di Maros Sulawesi Selatan*. Cibinong: Forum Geografi.
- Ruff, L. dan Kanamori H. 1983. *The Rupture Process and Asperity Distribution of Three Great Earthquakes from Long-Period Diffracted P-Waves*. USA: California Institute of Technology.
- Sompotan, Armstrong F. 2012. *Struktur Geologi Sulawesi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Supartoyo. 2008. *Katalog Gempa Bumi Merusak di Indonesia*. Jakarta: Badan Geologi Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Supendi, Pepen. 2008. *Analisis Aktivitas Seismik Di Daerah Jawa Barat dan Sekitarnya (Tahun 1973 - 2007)*. Jakarta: Akademi Meteorologi dan Geofisika.
- Tri Wardhana, Rahmadi. 2008. *Analisa Statistik Tingkat Keaktifan Gempa Bumi di Daerah Jawa Timur dan Sekitarnya Tahun 1973-2007*. Tangerang: Akademi Meteorologi dan Geofisika.
- Waluyo. 1990. *Diktat Kuliah Seismologi UGM*. Yogyakarta: Gitanagari.