



POLA PERSEBARAN TINGKAT SEISMISITAS GEMPA BUMI DI SULAWESI

Sabriani¹

¹Fakultas Sains dan Teknologi, UNAIM
Jalan Trikora Hom-Hom Wamena, Jayawijaya, Papua

Email: sabrianiamirr@gmail.com

¹Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Amal Ilmiah Yapis Wamena

Email: saintek@unaim-homhom.ac.id

ABSTRAK

Gempa bumi yang terjadi di berbagai wilayah kerap terjadi dan memiliki tingkat seismisitas yang berbeda-beda hal tersebut terjadi akibat aktifitas sesar yang terdapat pada garis wilayah. Sulawesi memiliki sesar Palu-Koro dan sesar Walanae di Sulawesi bagian Barat, Sesar Matano dan Sesar Lawanopo di Sulawesi bagian Barat, Sesar Gorontalo di Sulawesi bagian Utara. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tingkat seismisitas di Wilayah Sulawesi 5⁰ LU – 7,5⁰ LS dan 118,75⁰- 127,5⁰ BT pengolahan data dengan menggunakan metode Fraktal. Tingkat Seismisitas *a-value* diperoleh bervariasi Nilai MC (*Magnitude Completeness*) yang tertinggi pada wilayah Sulawesi Utara yaitu 4,7 SR dan yang paling rendah yaitu Gorontalo dan Sulawesi Tengah yaitu 3 SR.

Kata Kunci: Seismisitas, Gempabumi, Magnitudo.

ABSTRACT

Earthquakes that occur in various regions often occur and have different levels of seismicity. This occur due fault activity located along regional lines. Sulawesi has the Palu-Koro fault and Walanae fault in western Sulawesi, the Matano fault fault an Lawanopo fault in western Sulawesi. This research aims to determine the level of seismicity in the Sulawesi Region 5⁰ N – 7,50 South Latitude and 118,750 – 127,50 E Longitude, processing data using the Fractal method. The level of seismicity of the a value obtained varies. The highest MC (Magnitude Completeness) value is in the North Sulawesi region, namely 4,7 SR and the lowest is Gorontalo and Central Sulawesi namely 3 SR.

Keywords: *Seismicity, Earthquake, Magnitude.*

Submitted: 20/10/2023

Accepted: 22/11/2023

Published: 31/12/2023

Copyright © 2023 Sabriani

Lisencee Universitas Amal Ilmiah Yapis Wamena



CrossMark



PENDAHULUAN

Sulawesi memiliki tingkat seismisitas yang tinggi karena pulau Sulawesi yang terletak diantara tiga pergerakan lempeng yaitu Indo–Australia dari selatan kecepatan rata–rata 7 cm setiap tahun, lempeng pasifik dari arah timur dengan kecepatan sekitar 6 cm setiap tahun dan lempeng Eurasia bergerak relatif pasif ke tenggara ± 3 cm setiap tahun. Pertemuan antara ketiga lempeng ini bertumbukan secara relatif mengakibatkan daerah Sulawesi menjadi salah satu daerah yang memiliki tingkat kegempaan yang cukup tinggi di Indonesia, keaktifan gempa di daerah tersebut berkaitan dengan aktivitas sesar aktif.

Seismisitas adalah katalog yang memuat persebaran gempa, yang hanya meliputi gempa utama. Tingginya nilai seismisitas suatu daerah ditandai dengan semakin banyaknya titik pada peta persebaran seismisitas. Dengan seismisitas dapat dilakukan pengukuran aktivitas kegempaan pada suatu daerah. Jika dilakukan perbandingan data kegempaan suatu daerah dengan daerah lainnya, maka akan diperoleh distribusi aktivitas kegempaan berdasarkan hubungan frekuensi dan magnitudo. Banyak definisi dari seismisitas antara lain sebagai aktivitas gempa, distribusi gempa, secara global atau lokal pada suatu tempat dan waktu tertentu, suatu studi tentang lokasi, frekuensi dan magnitudo gempa

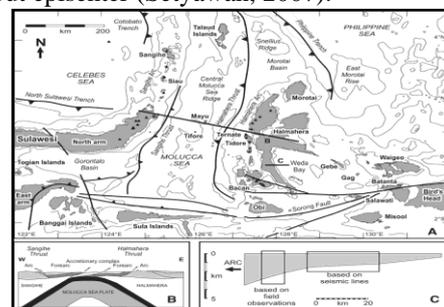
Untuk meminimalisasi dampak bencana gempa seperti tersebut diatas tentunya upaya mitigasi perlu dilakukan secara dini dan optimal Usaha mitigasi bencana gempabumi mencakup segala persiapan apabila bencana gempabumi terjadi di suatu wilayah maka korban dan efek kerusakan yang terjadi dapat dikurangi sekecil mungkin. Agar usaha ini berhasil dengan baik diperlukan pengetahuan yang sebaik–baiknya tentang potensi dan karakteristik sumber– sumber gempabumi di wilayah tersebut.

Bagi beberapa ilmuwan, khususnya ahli geologi dan ahli kebumihuan, Pulau Sulawesi tidak hanya menarik sebagai objek penelitian karena mempunyai himpunan bebatuan dari segala jenis dan tingkatan umur yang kompleks, mempunyai beberapa sumber daya alam yang melimpah, tetapi Sulawesi juga mempunyai kondisi kegempaan yang sangat fenomenal. Wilayah lengan utara Sulawesi merupakan salah satu wilayah yang mempunyai tingkat seismisitas yang sangat tinggi jika dibandingkan dengan wilayah–wilayah lainnya di Pulau Sulawesi. Gempa terbesar terakhir di lengan utara ini terjadi pada tahun 1996 dengan magnitudo

7,9 sumber gempa di wilayah ini berasal dari beberapa penunjaman seperti subduksi Sulawesi utara (*Minahasa Trench*), tumbukan ganda laut Maluku, penunjaman lempeng laut Filipina, dan beberapa sesar aktif di daratan lengan utara Sulawesi. Oleh karena itu maka wilayah ini sangat rawan terhadap bencana gempa–gempa tektonik (Harmsen, 2007).

Kondisi kegempaan suatu daerah sangat berhubungan dengan kondisi tektonik daerah tersebut, dengan kata lain semakin rumit dan kompleks proses tektonik yang terjadi pada suatu daerah, maka semakin tinggi kondisi kegempaan/seismisitasnya. Hal tersebut secara empiris maupun dengan cara teori telah banyak dibuktikan oleh banyak ahli di dunia yang menggunakan pendekatan teori tektonik lempeng. Dengan teori ini dijelaskan bahwa arus konveksi yang berada di astenosfer (lapisan bagian bawah bumi) bergerak dan ikut menggerakkan lapisan litosfer (lapisan bumi yang berbentuk lempeng) yang menyusun permukaan bumi. Pergerakan tersebut ada yang bersifat saling menjauh (*divergen*), saling mendekat (*konvergen*) dan saling bersinggungan satu sama lain (*transform*). Masing– masing tipe pergerakan kemudian membentuk suatu morfologi yang berbeda. Semua jenis pergerakan di atas mempunyai kemungkinan untuk menghasilkan getaran yang apabila sampai dipermukaan bumi dan dirasakan manusia yang disebut dengan gempa. Gempa yang terjadi akibat proses ini disebut dengan gempa tektonik.

Gempabumi dapat terjadi dimanapun namun para peneliti kegempaan berkesimpulan bahwa 95% gempabumi terjadi sekitar batas lempeng. Suatu titik di sepanjang bidang pertemuan antar lempeng atau di sepanjang patahan tempat dimulainya gempa disebut fokus atau hiposenter, sedangkan titik di permukaan bumi tepat di atas sumber gempa disebut episenter (Setyawan, 2007).



Gambar 1: Kondisi tektonik Maluku dan sekitarnya (Sumber: Malod, 2001).

Jenis-Jenis Gempabumi berdasarkan Kejadiannya

Menurut (Gunawan dan Subardjo, 2010) gempabumi yang merusak dan menimbulkan bencana dapat digolongkan menjadi:

- Gempabumi vulkanik (gunung api), gempa ini terjadi akibat adanya aktivitas magma, yang biasa terjadi sebelum gunung api meletus. Apabila keaktifannya semakin tinggi maka akan menyebabkan timbulnya ledakan yang juga akan menimbulkan terjadinya gempabumi. Gempabumi tersebut hanya terasa di sekitar gunung api tersebut.
- Gempabumi tektonik, gempa ini disebabkan oleh adanya aktivitas tektonik, yaitu pergeseran lempeng-lempeng tektonik secara mendadak yang mempunyai kekuatan dari yang sangat kecil hingga yang sangat besar.
- Gempabumi runtuh, gempa ini biasanya terjadi pada daerah kapur ataupun pada daerah pertambangan, gempabumi ini jarang terjadi dan bersifat lokal.
- Gempabumi buatan, gempa ini disebabkan oleh aktivitas dari manusia, seperti peledakan dinamit, nuklir atau palu yang dipukulkan ke permukaan bumi.

Jenis-Jenis Gempabumi Pergerakan Lempengnya

- Gempabumi yang terjadi di sepanjang sistem *rift* dimana lempeng samudera terbentuk. Gempabumi yang terjadi di sepanjang sistem subduksi dimana lempeng samudera menyusup di bawah lempeng kontinen.
- Gempabumi yang terjadi di sepanjang patahan *transform* atau sesar geser dimana pertemuan lempeng tektonik saling menggeser secara horizontal.

Jenis Gempabumi Tipe Mogi

Kiyoo Mogi, ahli seismologi Jepang membagi gempabumi tektonik kedalam 3 kelompok berdasarkan tipenya sebagai berikut:

- Tipe I: pada tipe ini gempabumi utama diikuti gempa susulan tanpa didahului oleh gempa pendahuluan (*fore shock*).
- Tipe II: sebelum terjadi gempabumi utama, diawali dengan adanya gempapendahuluan dan selanjutnya diikuti oleh gempa susulan yang cukup banyak.
- Tipe III: tidak terdapat gempabumi utama. Magnitudo dan jumlah gempabumi yang terjadi besar pada periode awal dan biasanya dapat berlangsung cukup lama dan bisa mencapai tiga bulan.

Jenis Gempabumi berdasarkan Kekuatannya

Jenis gempabumi berdasarkan kekuatannya (Subardjo, 2003 dalam Agung Satriyo, 2010: 39) yaitu sebagai berikut:

- Gempabumi besar, $M > 5$ SR
- Gempabumi sedang, M antara 4 – 5 SR
- Gempabumi kecil, $M < 4$ SR

Jenis gempabumi berdasarkan kekuatannya Menurut (Subardjo, 2003 dalam Agung Satriyo, 2010: 38) yaitu sebagai berikut:

- Gempabumi dalam yaitu gempabumi dengan kedalaman $h > 300$ km.
- Gempabumi menengah yaitu gempabumi dengan kedalaman $60 < h < 300$ km.
- Gempabumi dangkal yaitu gempabumi dengan kedalaman $h < 60$ km.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode kuantitatif, dengan pengujian data menggunakan metode Fraktal untuk melakukan pemetaan dengan aplikasi *z-map* data yang digunakan hasil rekaman seismograf (data skunder) yang diperoleh dari BMKG.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada Wilayah Sulawesi dengan batas wilayah 5° LU – $7,5^{\circ}$ LS dan $118,75^{\circ}$ – $127,5^{\circ}$ BT.

Sumber Data

data situs (earthquake.usgs.gov) yang tercatat di 15 stasiun yang tersebar di berbagai wilayah yang berada di Sulawesi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

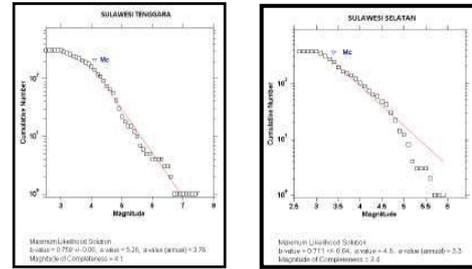
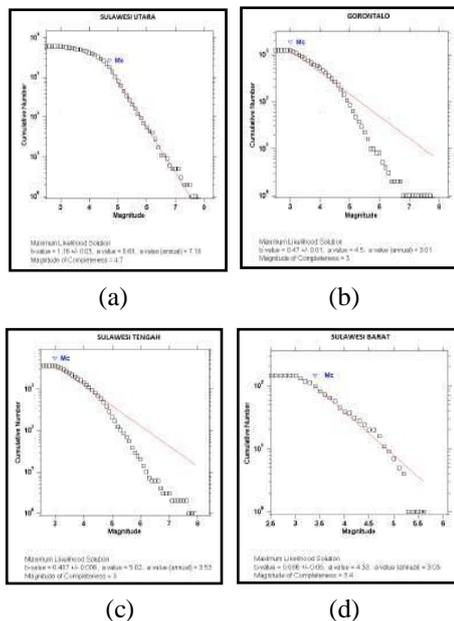
Banyaknya data gempa yang diperoleh dari BMKG adalah 11.755 *event* dengan magnitudo ≥ 3 SR, serta kedalaman ≥ 220 km diambil sebanyak 30 tahun terakhir sesuai dengan waktu penentuan data gempabumi (sejak tanggal 1 Januari 1986 sampai 31 Juli 2017). Dalam penelitian ini peneliti membagi wilayah penelitian menjadi 6 wilayah yaitu wilayah I Sulawesi utara dengan kejadian gempa 6.026 event, wilayah II Gorontalo dengan kejadian gempa 1.242 event, wilayah III Sulawesi tengah dengan kejadian gempa 3.658 event, wilayah IV Sulawesi barat dengan kejadian gempa 146 event, wilayah V Sulawesi selatan dengan kejadian gempa 373 event dan wilayah VI Sulawesi tenggara dengan kejadian gempa 310 event. Hal itu dapat mempermudah peneliti membandingkan tingkat seismisitas untuk setiap wilayah.

Tingkat seismisitas pada suatu wilayah bergantung tingkat keaktifan sesar yang berada pada daerah tersebut dan Salah satu usaha untuk melakukan pembagian atau pengelompokan wilayah yang memiliki tingkat seismisitas yang tinggi adalah

dengan melakukan analisis terhadap gempa-gempa yang telah terjadi sebelumnya. Akibat dari seringnya terjadi gempabumi pada suatu wilayah maka akan mengaktifkan sesar-sesar di wilayah tersebut sehingga dapat memicu terjadinya gempa susulan yang akan terjadi secara terus-menerus setiap waktu dari kejadian gempabumi tersebut maka struktur tektonik di permukaan bumi akan menjadi rumit, seperti halnya yang menjadi wilayah penelitian yaitu pada wilayah Sulawesi dari beberapa sejarah gempa yang pernah terjadi. Wilayah pada penelitian ini berada pada batas koordinat 5^0 LU– $7,5^0$ LS dan $118,75^0$ – $127,5^0$ BT. Berikut hasil penelitian berdasarkan uraian permasalahan dalam penelitian ini yaitu:

a. Hubungan antara Frekuensi–Magnitudo

Grafik jumlah kejadian gempa terhadap magnitudo dengan metode fraktal dapat dilihat pada gambar 4.1. Tingkat seismisitas untuk seluruh wilayah Sulawesi, berdasarkan distribusi frekuensi magnitudo diperoleh nilai *a-value* dan *b-value* yang bervariasi dimana nilai tersebut diperoleh dengan cara menginput seluruh data kejadian gempa kedalam software *Matlab-Zmap* maka akan diperoleh output grafik sebagai berikut:



(e)

(f)

Gambar 2: Grafik hubungan antara jumlah kejadian gempa dengan magnitudo (a) wilayah I Sulawesi utara, (b) wilayah II Gorontalo, (c) wilayah III Sulawesi Barat (d) wilayah IV Sulawesi Tengah, (e) wilayah V Sulawesi Selatan, (f) wilayah VI Sulawesi Tenggara.

Berdasarkan grafik hubungan antara jumlah kejadian gempa dengan magnitudo untuk keenam wilayah penelitian maka dapat dilihat pada tabel 4.1 di bawah ini adalah besarnya nilai MC atau kelemahan magnitudo, sebagai berikut:

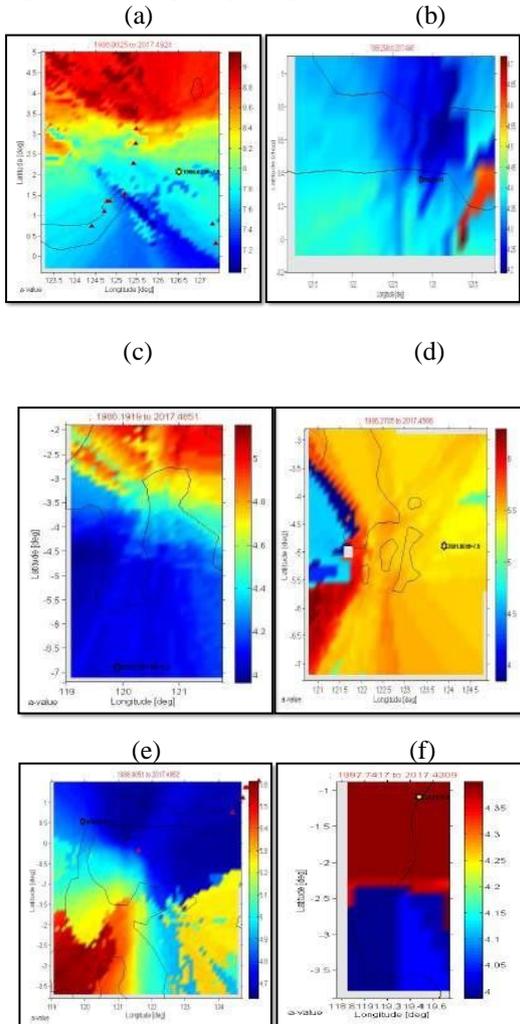
Tabel 4.1: Nilai MC atau kelemahan magnitudo di setiap wilayah penelitian.

Wil	Kelompok Data	Nilai MC (SR)
I	Sulawesi Utara	4,7
II	Gorontalo	3
III	Sulawesi Tengah	3
IV	Sulawesi Barat	3,4
V	Sulawesi Selatan	3,4
VI	Sulawesi Tenggara	4,1

Pada tabel 4.1 di atas, diperoleh nilai MC (*Magnitude Completeness*) yang bervariasi. MC (*Magnitude Completeness*) atau kelemahan magnitudo adalah magnitudo yang dominan terjadi di suatu wilayah, dari grafik di atas MC yang paling tinggi berada di daerah Sulawesi utara (wilayah I) yaitu 4,7 SR dan MC terendah di wilayah II dan III yaitu 3 SR. Keadaan tersebut menunjukkan bahwa gempa dengan skala tersebut lemah terjadi pada wilayah penelitian tersebut. MC merupakan suatu parameter yang berpengaruh dalam menentukan seismisitas di suatu wilayah.

Peta Persebaran Nilai a -Value

Variasi nilai a -value pada wilayah Sulawesi berdasarkan data gempa periode 1986–2017 dapat digambarkan seperti pada gambar 3 berikut



Gambar 3: Peta persebaran a -value (a) wilayah I Sulawesi utara, (b) wilayah II Gorontalo, (c) wilayah III Sulawesi Tengah, (d) wilayah IV Sulawesi Barat, (e) wilayah V Sulawesi Selatan, (f) wilayah VI Sulawesi Tenggara.

Wil	Kelompok Data	a -value
I	Sulawesi Utara	8,660
II	Gorontalo	4,500
III	Sulawesi Tengah	5,020
IV	Sulawesi Barat	4,330
V	Sulawesi Selatan	4,800
VI	Sulawesi Tenggara	5,260

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data, maka dapat disimpulkan hasil penelitian sebagai berikut: Tingkat seismisitas untuk wilayah Sulawesi yang dihasilkan dengan menggunakan metode fraktal diperoleh pada wilayah Sulawesi Utara rentan terhadap gempabumi, wilayah Gorontalo dan Sulawesi Tengah merupakan daerah dengan kategori sedang, serta untuk wilayah Sulawesi Barat, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara kategori rendah. Tingkat seismisitas untuk wilayah Sulawesi yang dihasilkan dengan menggunakan metode empiris diperoleh pada wilayah Sulawesi Utara rentan terhadap gempabumi, wilayah Gorontalo dan Sulawesi Tengah merupakan daerah dengan kategori sedang, serta untuk wilayah Sulawesi Barat, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara kategori rendah. Dalam menentukan tingkat seismisitas di suatu wilayah dengan menggunakan dua metode yaitu baik dengan metode Fraktal dengan a -value sebesar 8,660 wilayah yang sama yaitu Sulawesi utara yang memiliki seismisitas yang tinggi atau daerah rawan gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Satriyo, "Penentuan Anomali Perubahan Kecepatan Gelombang Primer Dengan Kecepatan Gelombang Sekunder (V_p/V_s) Pada Daerah Papua Barat Studi Kasus Gempabumi Manokwari," Skripsi Sarjana, Fakultas MIPA UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2010.
- Amrstrong, F, Sompotan, *Formasi Geologi Sulawesi*, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 1998.
- Biswas, R, *The Ozone Layer*, Harvard, Inggris 1979.
- Badan, Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, TEWS, Makassar, 2017.
- Cindika Pandaini, "Analisis Terjadinya Peluang Gempabumi Dengan Metode Likelihood Untuk Daerah Papua dan Sekitarnya," Skripsi



- Sarjana, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2010.
- Daryono, "Tatanan Tektonik dan Sejarah Kegempaan Palu, Sulawesi Tengah," dalam *Kebumihan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika* (10 Januari 2011).
- Departemen Agama Republik Indonesia, "Al Qur'an dan Terjemahannya edisi tahun 2002," dalam *yayasan penyelenggara penerjemah Al-Qur'an*, Semarang: Indonesia, 2002.
- F.Hinschberger, J.A. Malod, J. Dymant, C.Honthaas, J.P. Rehault, and S. Burhanuddin, Magnetic lineation constraints for the back-arc opening of the Late Neogene South Banda Basin (Eastern Indonesia), *J. Tectonophysics*, 333b (2001), p.47– 59.
- Galih & Handayani, "Pemetaan Pola Terjadinya Gempa Bumi Di Indonesia Dengan Metode Fraktal," *Riset Geologi dan Pertambangan* 17, no, 2 (2007): h, 51-56.
- Gutenberg, B., Richter, C., F, *Frequency of Earthquake in California*, Bull Seis Soc, Amerika, 1944.
- Hamilton, W, *Tectonics of the Indonesia Region*, United States Geological Survey Profesional Paper 1078, 1979.
- Ibrahim, Gunawan dan Subardjo, *Seismologi*, Edisi Revisi-1.
- Kaharuddin, Ronald dan Nurhamdan, "Perkembangan Tektonik dan Implikasinya Terhadap Potensi Gempa dan Tsunami di Kawasan Pulau Sulawesi," *Proceeding JCM Makassar*, (2011): h. 1-10.
- Kurniawan, Agung Dimas, *Teknik Geologi*, Bandung: ITB, 2013.
- Naryanto, H S dan Wisyanto, "Kajian dan Analisis Potensi Bencana Tsunami, Konfigurasi Pantai serta Mitigasi Bencana di Pantai Selatan Jawa Timur: Belajar Dari Pengalaman Bencana Tsunami Banyuwangi Tahun 1994," *Alami* 10, no, 2 (2005).
- Saleh Muhammad, dkk, *Gempabumi, Ciri dan Cara Menanggulangnya*, Yogyakarta: Gita Nagari, 2003.
- Sarah, Guntur dan Ferdy, "Analisis Distribusi Frekuensi dan Magnitudo Gempabumi di Wilayah Sulawesi Utara," *Meteorologi dan Geofisika*, (2013).
- Subarjo, "Studi Anomali Kecepatan Gelombang P dan Gelombang S di Sulawesi Utara," *Badan Meteorologi dan Klimatologi* (2003).
- Sunardi Bambang, "Analisa Fraktal Dan Rasio Slip Daerah Bali-Ntb Berdasarkan Pemetaan Variasi Parameter Tektonik," *Meteorologi Dan Geofisika* 10, no, 1 (2009): h, 58 – 65.
- Tjasyono HK, Bayong, *Geosains*, Bandung: ITB, 2003.
- Pasau, Guntur Dan Tanauma Adey, "Analisis Resiko Gempa Bumi Wilayah Lengan Utara Sulawesi Menggunakan Data Hiposenter Resolusi Tinggi Sebagai Upaya Mitigasi Bencana," *Fisika Dan Aplikasinya* 16, no. 3 (2015): h, 1-5.
- Rahmadanti, Tiara, "Kerentanan Wilayah Terhadap Gempabumi Di Wilayah Tasikmalaya," Skripsi Sarjana Fakultas MIPA, Depok, 2011.
- R. Hall, and M.E.J, Wilson, Neogene Sutures in Eastern Indonesia, *J. Journal of Asian Earth Sciences*, 18 (2000), p.781–808.
- S. Harmsen. *USGS Software For Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA)*, United States of Geological Surveys (USGS). (2007)
- Shihab, M. Quraish. *Tafsir al-Misbah: Membumikan Al-Quran, Fungsi dan Peran Wahyu dalam Kehidupan Masyarakat*. Bandung: Al-Mazani, 1999.
- Prasetyo, Bambang, "Metode Penelitian Kuantitatif," *Teori Implementasi*, Bumi Aksara, Jakarta, 2008.
- Widada, Sugeng, "Analisis Dimensi Fraktal Kejadian Gempa di Laut Banda Indonesia," *Kelautan Tropis* 19, no, 2 (2016): h. 108-114.