

IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN LONGSOR DI KECAMATAN CAMBA KABUPATEN MAROS MENGUNAKAN MIKROTREMOR

Nirmayanti, Rahmaniah, dan Sri Zelviani

Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar

Email: nia.physics08.uin@gmail.com, sri.zelviani@uin-alauddin.ac.id

Abstract: A study entitled Identification of Landslide-Prone Areas in Camba Sub-District, Maros Regency Using Microtremor has been carried out. Microtremor is ground vibration other than earthquake, it can be a vibration due to human activities and natural activities. So microtremor can occur due to vibrations due to people who are walking, car vibrations, vibrations of factory machines, wind vibrations, ocean waves or natural vibrations from the ground. This study aims to determine how much the dominant frequency produced in microtremor measurements in landslide prone areas in Camba sub-district, Maros district. Data collection was carried out by 10 points. The data obtained were processed using geopsy software. Based on the research that has been carried out, it can be concluded that the measurement point that has the biggest landslide potential is at the measurement point that has the smallest dominant frequency value with a large dominant frequency of 0.73 Hz and the measurement point that has the smallest landslide potential is at the measurement point that has a value the largest dominant frequency with a dominant frequency of 8.27 Hz. The most dominant frequency value that appears is 5 Hz.

Keywords: landslide, microtremor, frequency

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada kawasan rawan bencana sering sekali menjadi masalah besar bagi masyarakat. Terlebih lagi bagi daerah yang ada di kawasan perbukitan, sangat rawan terjadi tanah longsor. Tanah longsor banyak menelan korban baik secara material maupun jiwa. Gerakan tanah merupakan salah satu faktor utama terjadinya tanah longsor. Aktivitas manusia juga dapat menjadi penyebab terjadinya gerakan tanah, sehingga terjadi tanah longsor.

Selain itu, tanah longsor biasanya disebabkan karena terjadinya getaran. Getaran yang terjadi biasanya diakibatkan oleh gempa bumi, ledakan, getaran mesin dan getaran lalu lintas kendaraan. Akibat yang ditimbulkan adalah tanah, badan jalan, lantai dan dinding rumah menjadi retak.

Luas wilayah kabupaten Maros kurang lebih 1.619,12 km² dan secara administrasi pemerintahan terdiri atas 14 wilayah kecamatan dan 103 desa/kelurahan. Berdasarkan posisi dan letak geografis wilayah, kabupaten Maros berada pada koordinat 40°45'– 50°07' lintang selatan dan 109°205' – 129°12' Bujur Timur. Lokasi penelitian secara administrasi terletak di desa Sawaru kecamatan Camba kabupaten Maros. Camba terbagi atas delapan daerah wilayah administratif yang semuanya mempunyai topografi lembah dan

berbukit dengan ketinggian terendah tiga ratus sepuluh sampai tujuh ratus lima puluh meter di atas permukaan laut. Kondisi geologi pada daerah Camba sangat rawan akan terjadinya tanah longsor disebabkan karena kondisi geologi yang dimiliki oleh daerah tersebut (Kajian lingkungan hidup strategis (KLHS) untuk RTRW kabupaten Maros, 2010).

Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) kabupaten Maros terdapat beberapa desa di kecamatan Camba yang rawan bencana longsor yaitu salah satunya desa Sawaru kecamatan Camba kabupaten Maros yang dipicu oleh hujan deras, kondisi geologi yang meliputi morfologi daerah tersebut seperti perbukitan, serta kondisi litologi atau batuan yang menyusun daerah tersebut. Berdasarkan catatan BPBD kabupaten Maros korban bencana alam di kabupaten Maros untuk tahun 2013 mencapai 15 KK korban bencana longsor, korban angin puting beliung mencapai 821 KK, korban kebakaran mencapai 15 KK. Data terakhir yang diperoleh dari hasil wawancara dengan masyarakat sekitar bahwa pada saat ini telah terjadi tanah longsor di daerah penelitian pada tanggal 8 Februari 2017.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui potensi longsor yaitu dengan pengukuran mikrotremor. Mikrotremor dapat digunakan untuk mengetahui kekuatan tanah berdasarkan frekuensi natural dari tanah tersebut untuk mengetahui potensi longsor. Mikrotremor merupakan getaran selain gempa bumi, bisa berupa getaran akibat aktivitas manusia maupun aktivitas alam, dimana mikrotremor bisa terjadi karena getaran akibat orang yang sedang berjalan, getaran mobil, getaran mesin-mesin pabrik, getaran angin, gelombang air laut atau getaran alamiah dari tanah. Kondisi geologi pada jalan utama daerah Camba yang merupakan jalan poros Maros – Bone, sangat rawan akan terjadinya tanah longsor.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2016 – Agustus 2017 bertempat di desa Sawaru kecamatan Camba kabupaten Maros dengan titik koordinat 04°54'37,7" LS - 04°54'41,9" LS dan 119°51'16,7" BT - 119°51'22,8" BT, yang merupakan ruas jalan raya yang menghubungkan antara kabupaten Maros dan kabupaten Bone.

Pengolahan data dengan menggunakan metode HVSR *software geopsy* sehingga diketahui nilai frekuensi dominan (f_0) dan faktor Amplifikasi (A), maka indeks kerentanan seismik dapat ditentukan dengan persamaan (2.1) dan ketebalan sedimen dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan $f_0 = \frac{V_s^{30}}{4H}$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Titik Penelitian

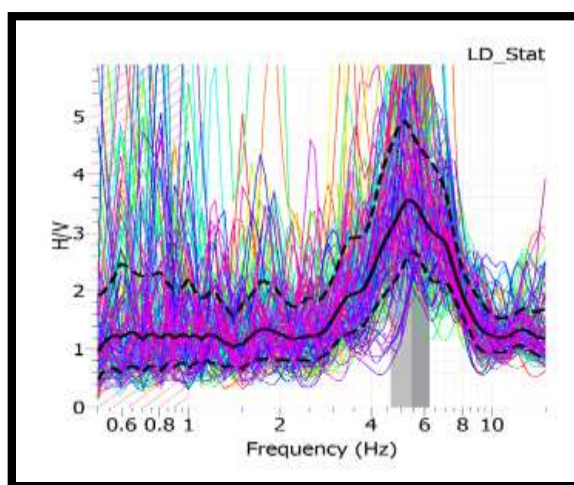
Penelitian mengenai identifikasi daerah rawan longsor dilakukan di daerah yang telah terjadi longsor yang berlokasi di desa Sawaru kecamatan Camba kabupaten Maros yang merupakan jalan poros Maros – Bone dan jalan poros Maros – Soppeng. Pada pengukuran tersebut ditentukan data sebanyak 10 titik.

Lokasi pengambilan data lapangan terletak pada pinggir jalan, berada sekitar area pemukiman, persawahan dan perkebunan masyarakat sekitar. Dengan rancangan jarak yang dibuat sekitar 70 m pertitik, namun setelah dilapangan disesuaikan dengan kondisi lapangan memungkinkan pengambilan titik atau tidak. Sehingga pada saat pengukuran mikrotremor jarak pada masing-masing titik berbeda-beda jarak antara MT1 – MT2 45,40 m, jarak MT3 – MT4

46,51 m, jarak MT4 – MT5 89,61 m, jarak MT6 – MT7 34,93 m, jarak MT7 – MT 8 92,61 m dan jarak MT3 – MT 10 111,43 m.

Hasil Pengolahan Data

Pengambilan data untuk setiap titik pengukuran rata-rata dilakukan selama 30 menit setiap titiknya dengan frekuensi sampling 100 Hz sesuai dengan aturan SESAME. Dari hasil pengolahan data pada *software geopsy* diperoleh frekuensi dominan (f_0) dan faktor Amplifikasi (A) dengan memilih kurva H/V. Hasil Kurva H/V yang diperoleh pada proses pengolahan data *software geopshy* adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Contoh grafik hubungan antara frekuensi natural dengan nilai H/V (amplifikasi) pada setiap titik pengukuran

Dari hasil pengolahan data tersebut maka diperoleh nilai data sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil data pengolahan amplifikasi, periode dominan, kerentanan seismik, kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 m dan ketebalan sedimen pada pengukuran analisis mikrotremor

	Amplifikasi	Frekuensi dominan (Hz)	Periode dominan (s)	Kerentanan Seismik	Kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 m (m/s)	Ketebalan sedimen (m)
MT1	3,91	5,79	0,17	2,64	659	28,45
MT2	3,67	4,69	0,21	2,87	659	35,12
MT3	2,11	0,81	1,23	5,49	760	234,56
MT4	2,92	8,27	0,12	1,03	760	22,97
MT5	4,42	0,73	1,36	26,76	760	260,27
MT6	2,11	5,61	0,17	0,79	760	33,86

MT7	1,79	6,6	0,15	0,48	659	24,96
MT8	3,05	4,72	0,21	1,97	659	34,90
MT9	3,94	5,87	0,17	2,64	760	32,36
MT10	1,85	5,58	0,17	0,61	760	34,05

Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 1 di atas nilai frekuensi dominan yang diperoleh cukup beragam dan bervariasi. Rentang frekuensi dominan yang terukur pada saat penelitian adalah 0,73 Hz – 8,27 Hz. Nilai frekuensi dominan yang paling banyak muncul adalah sekitar 5 Hz. Nilai frekuensi terkecil terletak pada titik pengukuran MT5. Sedangkan nilai frekuensi terbesar terletak pada titik MT4. Berdasarkan nilai dari frekuensi dominan yang diperoleh titik pengukuran yang berpotensi longsor terletak pada titik MT3 dan MT5. Namun daerah disekitar penelitian merupakan daerah yang memiliki batuan yang hampir sama itu dapat dilihat dari nilai frekuensi natural yang dimiliki pada daerah penelitian, kecuali pada titik MT4 yang memiliki nilai frekuensi yang tinggi sehingga batuan pada titik MT4 merupakan batuan keras.

Menurut klasifikasi tanah berdasarkan frekuensi dominan tanah mikroseismik oleh Kanai (Dikutip dari bulletin Meteorologi dan Geofisika No.4 tahun 1998) tanah yang tersebar pada daerah penelitian rata-rata merupakan jenis tanah II dengan frekuensi dominan 10 – 4 Hz yaitu pada MT1, MT2, MT4, MT6, MT7, MT8, MT9 dan MT10 yang terdiri atas pasir berkerikil (*sandy hard clay*), tanah liat, lempung (loam) dan sebagainya, dengan ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori menengah yaitu 5 – 10 meter. Kecuali pada titik pengukuran MT3 dan MT5 masuk pada kategori jenis tanah IV dengan frekuensi dominan <2,5 yang terdiri dari batuan alluvial yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil, lumpur, tanah lunak, humus, endapan lumpur dll, yang tergolong dalam tanah lembek dengan kedalaman 30 m, dimana deskripsi ketebalan sedimennya merupakan ketebalan sedimen permukaan yang sangat tebal sehingga rawan terjadinya longsor. Secara menyeluruh jika ditinjau dari frekuensi dominan yang dimiliki oleh daerah penelitian, daerah penelitian merupakan daerah yang rawan longsor dimana pada MT3 dan MT5 memiliki ketebalan sedimen yang sangat tebal sehingga sangat berpotensi untuk mengalami longsor. Selanjutnya pada titik pengukuran MT1, MT2, MT4, MT6, MT7, MT8, MT9 dan MT10 yang merupakan jenis tanah II, jika ditinjau dari jenis tanah pada daerah penelitian terdapat jenis tanah lempung pada daerah tersebut sehingga termasuk dalam kategori rawan longsor, dimana tanah lempung merupakan tanah yang kurang padat, sebagaimana diketahui bahwa tanah jenis ini memiliki potensi terjadinya tanah longsor terutama bila terjadi hujan. Selain itu tanah ini sangat rentan terhadap pergerakan tanah karena menjadi lembek terkena air dan pecah ketika hawa terlalu panas.

Setelah diperoleh nilai frekuensi dominan suatu daerah maka nilai periode dominannya juga dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (4). Berdasarkan Klasifikasi Kanai – Omote – Nakajima yang dikutip dari buletin Meteorologi dan Geofisika No.4, 1998 data yang diperoleh pada pengukuran mikrotremor pada tabel 1 untuk pengukuran MT1, MT2, MT4, MT6, MT7, MT8, MT9 dan MT10 berada dalam klasifikasi tanah jenis II menurut Kanai dan klasifikasi tanah jenis A menurut Omote – Nakajima yang memiliki rentang periode dominan 0,10 – 0,25. Dimana pada daerah pengukuran terdiri atas

batuan alluvial dengan ketebalan 5 m, terdiri dari *sandy-gravel*, *sandy hard clay*, *loam* dll, dengan karakter tanah yang sedang. Sedangkan data yang diperoleh pada pengukuran MT3 dan MT5 berada dalam klasifikasi tanah jenis IV menurut Kanai dan klasifikasi tanah jenis C menurut Omote – Nakajima yang terdiri dari batuan alluvial, yang terbentuk dari sedimentasi delta, top soil, lumpur dll, dengan kedalaman 30 meter atau lebih sehingga karakter tanah titik pengukuran tersebut sangat lunak. Hal tersebut juga sesuai dengan peta geologi dimana desa Sawaru kecamatan Camba kabupaten memiliki struktur batuan sedimen laut berselingan dengan gunung api, batu gamping, breksi, lava, tufa, konglomerat, diorit, kerikil, pasir, lempung, lumpur dan batugamping koral. Umumnya batua-batuan tersebut termasuk dalam kategori batuan yang kurang kuat, sehingga batuan tersebut akan mudah menjadi tanah bila mengalami proses pelapukan dan umumnya rentang terhadap tanah longsor bila terdapat pada lereng yang terjal.

Dari pengolahan data HVSR nilai A_0 diperoleh bersamaan dengan nilai f_0 . Kedua parameter tersebut diambil pada puncak yang sama dari kurva H/V. Rentang nilai amplifikasi berkisar antara 1,79 – 4,42. Sebaran nilai amplifikasi bervariasi dari beberapa titik pengukuran. Nilai amplifikasi yang paling banyak muncul adalah 3 Hz. Dimana berdasarkan nilai amplifikasinya, sebaran ketebalan sedimen disekitar penelitian merupakan daerah yang memiliki ketebalan sedimen sedang. Berdasarkan nilai amplifikasi daerah penelitian yang memiliki ketebalan sedimen terbesar ialah pada titik mikrotremor 5 sedangkan daerah penelitian yang memiliki ketebalan sedimen tipis terletak pada titik MT7.

Dari tabel 1 pada nilai amplifikasi yang diperoleh terdapat beberapa titik yang memiliki nilai amplifikasi yang lebih dari 3, yaitu pada MT1, MT2, MT5, MT8 dan MT9. Menurut Nakamura, dkk (2000) apabila pada ke lima titik tersebut dibangun bangunan maka bangunan yang dibangun tersebut memiliki resiko paling besar terjadinya kerusakan. Setelah diperoleh nilai frekuensi dominan dan nilai amplifikasi maka nilai indeks kerentanan seismik pada daerah penelitian dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.5. Dimana nilai kerentanan seismik pada daerah penelitian berkisar antara 0,48 – 26,76. Nilai kerentanan seismik tertinggi diperoleh pada titik MT5 dan nilai kerentanan seismik terendah adalah MT7. Berdasarkan penelitian Refrizon, dkk., (2013) nilai indeks kerentanan seismik yang tinggi terdapat pada MT5 dan nilai indeks kerentanan seismik sedang terdapat pada MT3. Rata-rata nilai indeks kerentanan seismik yang diperoleh pada penelitian ini < 3 yaitu pada MT1, MT2, MT4, MT6, MT7, MT8, MT9 dan MT10 yang merupakan indeks kerentanan seismik yang kecil. Rendahnya nilai indeks kerentanan seismik (Kg) di area ini jika dihubungkan, maka jika terjadi guncangan gempa bumi lokasi daerah penelitian relatif aman dari guncangan gempa bumi.

Berdasarkan dari nilai frekuensi dominan juga dapat diperoleh nilai dari ketebalan sedimen daerah penelitian dengan menggunakan persamaan (2) Dimana pada penelitian tersebut nilai ketebalan sedimen yang diperoleh berkisar antara 22,97 – 260,27. Dimana nilai ketebalan sedimen terbesar juga terdapat pada MT5 dan MT3. Ketebalan sedimen tipis terletak pada MT4 dan MT7. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Arifti (2014) data hasil pengukuran mikrotremor pada tabel 1 ketebalan sedimen pada pengukuran MT1, MT2, MT4, MT6, MT7, MT8, MT9 dan MT10 tergolong dalam batuan aluvial yang terdiri dari pasir berkerikil, pasir berlempung keras, tanah liat dan lempung, sedangkan ketebalan sedimen pada pengukuran MT3 dan MT5 tergolong dalam aluvial hasil

dari sedimen delta top soil dan lumpur. Dimana jenis tanah yang diperoleh pada pengukuran ini merupakan jenis tanah yang kurang padat dan tebal dimana menurut Nandi (2007) jenis tanah yang kurang padat dan tebal adalah tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2,5 m dari sudut lereng lebih dari 220 m. Tanah jenis ini memiliki potensi untuk terjadinya tanah longsor terutama bila terjadi hujan.

4. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan maka dapat disimpulkan bahwa titik pengukuran yang memiliki potensi longsor terbesar ialah pada titik pengukuran yang memiliki nilai frekuensi dominan terkecil dengan besar frekuensi dominan sebesar 0,73 Hz dan titik pengukuran yang memiliki potensi longsor terkecil ialah pada titik pengukuran yang memiliki nilai frekuensi dominan terbesar dengan besar frekuensi dominan sebesar 8,27 Hz. Nilai frekuensi dominan yang paling banyak muncul adalah 5 Hz.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu, Bakri. *Analisis Ground Shear Strain dengan Metode HVSR Di Kabupaten Kulonprogo Daerah Istimewa Yogyakarta*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta, 2014.
- Al-Mahali, Imam Jalaluddin dan As-Suyuti, Imam Jalaluddin. *Tafsir Jalalain*. Bandung: Sinar Baru Algensindo, 2009
- Arif, Firman Nur. *Analisis Kerawanan Tanah Longsor Untuk Menentukan Upaya Mitigasi Bencana Di Kecamatan Kemiri Kabupaten Purworejo*. Semarang: Universitas Negeri Semarang, 2015.
- Arifti, Frisca Wahyu. *Identifikasi Potensi Bahaya Seismik Berdasarkan Faktor Amplifikasi Tanah Dan Ketebalan Sedimen Menggunakan Mikrotremordi Kecamatan Pacitan, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga, 2014.
- Asrori, Ahmad Dafid Hasim. *Mikrotremor Solusi Mitigasi Daerah Rawan Gempa Bumi Dan Longsor Di Indonesia*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2014.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Maros . *Peta Rawan Longsor Kota Maros*, 2015.
- Bard, P.Y., *Lecture Notes On Seismology, Seismic Hazard Assessment and Risk Mitigation*, International Training Course, Postdam, h.160. 2000.
- Bard, P.Y., *Microtremor measurement: a tool for site estimates. States of the art paper, second Internasional Symposium on the Effect Surface Geology on seismic Motion*, Yokohama, Desember 1-3, 1998, pp. 1252-1279, 1999.
- BMKG. *Sumberdaya Geologi*. Buletin Meteorologi dan Geofisika No. 4. BMKG. Jakarta, 1998.
- Daryono. *Data Mikrotremor Dan Pemanfaatannya Untuk Pengkajian Bahaya Gempabumi*. Badan Metereologi dan Geofisika, 2001.
- Daryono. *Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Mikrotremor pada setiap satuan bentuklahan di Zona Graben Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Disertasi, Program Pascasarjana Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada*. Yogyakarta, 2011.
- Diandong, R, R. Fu, L.M. Leslie, and R.E. Dickinson. *Predicting Storm-triggered Landslides*. Bull. Amer.Meteor.Soc.,92, 129-139, 2011.

- Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Maros, 2010.
- Gosar, A. *Microtremor HVSR Study for Assessing Side effect in the Bovec Basin (NW Slovenia) Related to 1998 MW, 5.6 and 2004 MW 5, 2 Earthquake*. Else Iver engginering Geology 91 (2007) 178-193, 2007
- Hardiyatmo. *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2006.
- Hudzaifi. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung: Medika Depertemen Agama RI, 2016.
- Hung, H dan Tseng, Y. *Characteristics of soil liquefaction using H/V of microtremor in Yuan-Lin area, Taiwan*. TAO, Vol.13, No. 3,325-338, 2002.
- Husain, Ratna. *Geokimia Mineral Lempung dan Implikasinya terhadap Gerakan Tanah*. Makassar: Universitas Hasanuddin, 2015.
- Iman Jalaluddin Al-Mahalli dan Iman Jalaluddin As-Suyuthi. *Tafsir Jalalain*. Bandung: Sinar Baru.
- Lachet, C., dan Brad, P. Y. *Numerical and Theoretical Investigation on The Possibilities and Limitations of Nakamura's Technique*. J. Phys. Earth, 42, 377-397, 1994.
- Lermo, Javier & Chavez-Garcia, Fransisco J. *Site Effect Evaluation Using Spectral Ratios with Only One Station*. America: Bulletin of Seismological Society of America, Vol. 83, no. 5, 1993.
- Mirzaoglu, Mete. & Dykmen, Unal. *Application of microtremors to seismic microzoning procedure*. Balkan: Journal of the Balkan Geophysical. Vol. 6, No. 3. Hlm. 143 – 156, 2003
- Mudamakin, Philips Bramantia, dkk. *Studi Awal Respon Dinamis Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor di Bendungan Karangates Malang*. Malang: Badan Metereologi Klimatologi dan Geofisika, 2015.
- Nandi. *Longsor*. Jurusan Pendidikan Geografi. Bandung. FPIPS-UPI, 2007.
- Nakamura, Y. *A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface*. Japan: Quarterly Report of Railway Tecnical Research Institutu (RTRI), Vol. 30, No.1, 1989
- Nakamura, Y. Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Application. World Conference of Earthquake Engineering, 2000.*
- Nakamura Y. dan Saito A., *Estimation of Amplification Characteristics of Surface Ground and PGA Using Strong Motion Records in Japan*, Proc. 17th JSCE Earthquake Engineering Symposium, 25-28, 1983.
- Nakamura, Y. On The H/V Spectrum. The 14th World Conference On Earthquake Engginering. Oktober 12-17, 2008, Beijing, China, 2008.*
- Priyanto, Joko, dkk. *Rancang Bangun Peringatan Bahaya Longsor dan Monitoring Pergeseran Tanah menggunakan komunikasi berbasis GSM Vol.1 No.2*. Riau: Politeknik Caltex Riau, 2005.
- Putra, Desta Mayor Andika. *Indeks Kerentanan Seismik Kabupaten Kulon Progo berdasarkan data mikrotremor*. Yogyakarta: Pusat Pengembangan Instruktusional, 2014.
- Refrizon, dkk. *Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum dan Tingkat Kerentanan Seismik Daerah Ratu Agung Kota Bengkulu*. Lampung: Universitas Lampung, 2013.
- Roser, J. dan Gosar, A. *Determination of Vs30 for seismic ground classifications in the Ljubljana area*. Slovenia: Acta Geotechnica Slovenia, 2010.
- Saita, dkk. *On Relationship Between The Estimated Strong Motion Characteristic of Surface Layer and The Earthquake Damage- Case Study at*

- Intramuros, Metro Manila, Paper No. 905, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, 2004.*
- Sears WF dan Zemansky WM. Fisika Untuk Universitas. Jakarta: Binacipta, 1994
- SESAME European reseach project. *Guidelines for the Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique On Ambient Vibrations Measurements, Processing And Interpretation.* WP12 – Deliverable D23.12, 2004.
- Shihab, M Quraish. *Tafsir Al-Misbah.* Jakarta: Lentera hati, 2002.
- Soenarmo, S.H, I. A. Sadisun dan E. Satohartono. *Kajian Awal Pengaruh Curah Hujan Terhadap Pendugaan Potensi Tanah Longsor berbasis Spasial di Kabupaten Bandung Jawa Barat Volume 3 Nomor 3.* Bandung: Jurnal Geoplika, 2008.
- Subardjo. *Parameter Gempabumi.* Jakarta: Materi Diklat Teknis, BMG, 2008
- Sugito, dkk. *Rancang Bangun Sistem Pengukuran Pergeseran Tanah Menggunakan Sensor Variabel Resistor Vol. 18, No.1.* Karangwangkal Purwokerto: Universitas Jenderal Soedirman dan Unseod, 2015.
- Sugiharyanto, dkk. *Diktat Mata Kuliah Geografi Tanah.* Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta, 2009.
- Suhendra. *Penyelidikan daerah rawan gerakan tanah dengan metode geolistrik tahanan jenis (studi kasus: longsor di desa Cikukun).* Bengkulu: Unversitas Bengkulu, 2015.
- Suraya dan Novianta, M Andang. *Sistem Informasi Data Base Multi – Node Pemantauan pergeseran Tanah Berbasis SMS Gateway dan Berorientasi Visual pada Komputer Vol. 10, No. 1.* Yogyakarta: Institut Sains da Teknologi AKPRIND Yogyakarta, 2016.
- Suripin. *Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air.* Yogyakarta : Andi, 2002.
- Surono. *Potensi Bencana Geologi di Kabupaten Garut.* Prosiding Semiloka Mitigasi Bencana Longsor di Kabupaten Garut. Pemerintah Kabupaten Garut, 2003.
- Sutikno. *Penanggulangan Tanah Longsor.* Jakarta: Bahan Penyuluhan Bencana Alam Gerakan Tanah, 1997.
- Sutrisna, Ma' Sum, dkk. *Metode Mikrotremor untuk Mikroonasi Gempa Bumi di Kota Cilacap.* Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia, 2015.
- Syahrudin, dkk. *Penentuan Profil Ketebalan Sedimen Litasan Kota Makassar dengan Mikrotremor.* Jurnal Fisika Vol. 4 No. 1. Makassar: Universitas Hasanuddin, 2014
- Syamsuddin. *Pengantar Geologi Dasar.* Makassar: Universitas Hasanuddin, 2009.
- Tokimatsu, K. *S-wave velocity profiling by joint inversion of microtremor H/V spectrum.* Bulletin of the Seismological Society of America No.94(1), 2004.
- Wahyudi. *Aplikasi Mikroseismik untuk memindai dan mengidentifikasi keberadaan Hidrokarbon.* Yogyakarta: Berkala Ilmiah MIPA Volume 18 (2), 2008.
- Wahyu, dkk. *Profiling Kecepatan Gelombang Geser (Vs) menggunakan Inversi Spektrum Horiontal-to-Spectral Ratio (HVSR),* Jurnal Teknik Pomits Vol.1, No.1,(2013) 1-6, 2013.
- Wangsadinata, W. *Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726-2002.* Jakarta: Shortcourse HAKI 2006, 2006.

- Wibowo, Nugroho Budi. *Spatial Analysis of Surface Aquifer Thickness Based Frequency Predominant in Bantul District*. Yogyakarta: Indonesia Jurnal of Applied Physics, 2015.
- Yusuf, Nanang Firman Safari. *Kajian Pemanfaatan Ruang dalam kaitannya dalam bencana Tanah Longsor di Kabupaten Sinjai Provinsi Sulawesi Selatan*. Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2008.