

DASAR-DASAR AKUISISI DATA MASW DAN MIKROTREMOR

2021



Erfan Syamsuddin
M. A. HamzahAssegaf



DASAR-DASAR AKUISISI DATA MASW DAN MIKROTREMOR

Erfan Syamsuddin
M. A. Hamzah Assegaf



DASAR-DASAR AKUISISI DATA MASW DAN MIKROTREMOR

Penulis

Erfan Syamsuddin

M. A. Hamzah Assegaf

Tata Letak

Muhammad Ihlasul Amal

ISBN 978-979-530-350-3

Cetakan I 2021

Penerbit

Unhas Press

Keanggotaan

IKAPI Nomor: 002/SSL/01 dan APPTI Nomor: 005.026.1.03.2018

Alamat Penerbit

Gedung UPT Unhas Press, Kampus Unhas Tamalanrea

Jalan Perintis Kemerdekaan KM 10, Makassar, Sulawesi Selatan

HP/WA: +62 8229 9555 591 — Email: unhaspress@gmail.com

Laman: unhaspress.unhas.ac.id

Hak Cipta ©Erfan Syamsuddin & M. A. Hamzah Assegaf. *All rights reserved.* Hak cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak isi buku ini, baik sebagian maupun seluruhnya dalam bentuk apapun tanpa izin tertulis dari penulis/penerbit.

KATA PENGANTAR

PENULISAN buku ini didasari keingintahuan tentang berbagai aplikasi gelombang seismik permukaan, yang pada awalnya dianggap sebagai *noise* dalam pemrosesan sinyal. Gelombang permukaan tersebut didasari atas temuan Lord *Rayleigh* (1885), bahwa terdapat gangguan yang menjalar dekat permukaan pada bahan padat, di mana penetrasinya sebanding dengan panjang gelombangnya. Kesadaran akan pentingnya fenomena tersebut telah memainkan peranan penting dalam aplikasinya ke berbagai disiplin ilmu lainnya, termasuk ilmu material, geofisika, pengujian tak-merusak (*nondestructive test*) dan klasifikasi situs. Ketika digunakan untuk karakterisasi lokasi dekat-permukaan, tujuannya biasanya untuk menentukan kecepatan gelombang geser dan/atau rasio redaman geser. Untuk berbagai aplikasi, termasuk respons lokasi terhadap gempa, interaksi tanah dengan struktur dinamis, perbaikan tanah, dan sebagainya.

Pengujian gelombang permukaan mengacu pada beberapa bidang pengetahuan, termasuk teori propagasi gelombang, pemrosesan sinyal, dan pemodelan inversi. Beberapa dekade terakhir, minat akan pengaplikasian akan metode geofisika ini meningkat, terutama dalam penggunaan instrumen metode MASW (*multichannel analysis of surface waves*) dan mikrotremor untuk karakterisasi situs dekat permukaan pada proyek tertentu. Untuk alasan tersebut di atas, buku ini bertujuan untuk memberikan gambaran dasar, aspek pengujian di samping prosedur akuisisi data bagi ke dua metode di atas.

Buku ini ditujukan untuk menarik dua audiens: (1) praktisi yang ingin memahami konsep dasar dan potensi metode gelombang permukaan dan (2) peneliti yang mencari detail presentasi teori dan prinsip yang mendasari setiap aspek pengujian (yaitu, perambatan gelombang, pemrosesan sinyal, dan teori inversi). Dasar-dasar uji MASW dan Mikrotremor disajikan dalam kerangka yang konsisten untuk memfasilitasi perbandingan pada kedua metode tersebut yang akhirnya dapat menghasilkan interpretasi kecepatan gelombang geser Vs. Beberapa contoh dan studi kasus yang langsung diambil dari pengalaman penulis dan pengukuran langsung di lapangan akan diilustrasikan pada buku lanjutan dari buku ini. Dalam buku lanjutan akan mencakup diskusi menyeluruh dari akuisi data hingga interpretasi—sebuah topik yang menurut penulis belum mendapat perhatian yang memadai sejauh ini.

Organisasi dari buku “Dasar-dasar akuisisi data MASW dan mikrotremor” ini akan dimulai dengan konsep dasar metode geofisika dan aplikasinya yang disajikan dalam Bab 1. Untuk memahami hubungan antara kecepatan gelombang dan sifat elastisitas bahan, disajikan konsep tegangan dan regangan pada Bab 2, yang diikuti oleh penjaran gelombang dalam medium elastik pada Bab 3. Masalah gelombang permukaan dijelaskan dalam Bab 4, menguraikan tentang sifat

dispersif gelombang permukaan pada medium berlapis. Pada Bab 5 sampai Bab 9, penulis menguraikan ke dasar-dasar aplikasi metode MASW dan Mikrotremor, hingga ke operasional standar bagi ke dua metode tersebut.

Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi pembaca yang berminat mengetahui tentang metode geofisika terutama dalam kaitannya dengan aplikasi terhadap klasifikasi situs dan daya dukung tanah melalui penerapan gelombang permukaan dan mikrotremor. Penulis menyadari bahwa buku ini jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu diskusi untuk perbaikannya sangat diharapkan.

Atas penerbitan buku teks ini, sebagai output tahun pertama skema penelitian dasar, kami mengucapkan terima kasih kepada Unhas Press, Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional serta LP2M Universitas Hasanuddin atas program pengaktifan dan pembiayaan terhadap penelitian secara nasional untuk kemajuan inovasi riset bagi bangsa yang semakin maju.

Erfan Syamsuddin

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	—	v
DAFTAR ISI	—	ix
BAB 1 GEOFISIKA DAN APLIKASINYA	—	1
1.1. Pendahuluan Geofisika	—	1
1.2. Geofisika Eksplorasi	—	3
1.3. Geofisika Dekat Permukaan	—	6
1.4. Metode Geofisika	—	7
BAB 2 KONSEP TEGANGAN DAN REGANGAN	—	11
2.1. Tegangan geser	—	11
2.2. Regangan Geser	—	13
BAB 3 GELOMBANG DALAM MEDIUM ELASTIK	—	17
3.1. Perambatan Gelombang Elastik	—	18

3.2.	Modulus elastis	—	20
BAB 4	GELOMBANG PERMUKAAN	—	23
4.1.	Gelombang <i>Rayleigh</i>	—	24
4.2.	Perambatan Gelombang <i>Rayleigh</i>	—	25
BAB 5	METODE MASW	—	37
5.1.	Perkembangan Metode MASW	—	37
5.2.	Konsep Dasar Metode MASW	—	40
5.3.	Aplikasi Metode MASW	—	43
BAB 6	AKUISISI METODE MASW	—	47
6.1.	Geometri Lapangan	—	47
6.2.	Parameter Perekaman	—	49
6.3.	Pengukuran lapangan	—	50
6.4.	Efek <i>Near-field</i> dan <i>Far-field</i>	—	57
BAB 7	PENGOLAHAN DATA MASW	—	61
7.1.	Analisis Dispersi	—	61
7.2.	Ekstrak Citra Dispersi	—	65
7.3.	Proses Inversi	—	67
BAB 8	METODE MIKROTREMOR	—	75
8.1.	Metode HVSR (<i>Horizontal to Vertical Spectral Ratio</i>)	—	76
8.2.	Frekuensi Dominan Tanah (f_0)	—	81
8.3.	Amplifikasi Tanah (A_0)	—	83
8.4.	Indeks Kerentanan Seismik (K_g) dan <i>Ground Shear Strain</i> (γ)	—	83
BAB 9	APLIKASI METODE MIKROTREMOR	—	87
9.1.	Kecepatan Gelombang Geser Pada Kedalaman 30 Meter ($V_{s_{30}}$)	—	87

9.2. Inversi Kurva HVSR	—	88
9.3. Metode HVTF (Horizontal to Vertical Time-Frequency Analysis)	—	89
9.4. Alat Ukur dan Identifikasi Peubah Mikrotremor	—	92
9.5. Prosedur Kerja Metode Mikrotremor	—	95
DAFTAR PUSTAKA	—	101

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmadi, Rahmitha, & Wahyu, Y. F. M. (2018). Impact of Climate Change on Households in the Indonesian CBMS Area. *The SMERU Research Institute*, 8(3), 281–288.
- Ariestianty, S. K., Taha, M. R., Nayan, K. A. M., & Chik, Z. (2009). Penentuan modulus geser tanah menggunakan metode analisis multi channel gelombang permukaan. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 12(2), 185–198.
- Asten, M. W., & Hayashi, K. (2018). Application of the Spatial Auto-Correlation Method for Shear-Wave Velocity Studies Using Ambient Noise. *Surveys in Geophysics*, 39(4), 633–659. <https://doi.org/10.1007/s10712-018-9474-2>
- Atashband, S., & Esfanizadeh, M. (2012). Effects Evaluation of Ambi-

ent Vibration Recording Conditions on HVTFA Results. *Proceedings of the 15th World Conference on Earthquake Engineering*.

Badan Standardisasi Nasional. (2012). Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. In BSN. <https://doi.org/10.1080/0893569032000131613>

Butler, D. K. (2005). *Near-surface Geophysics* Edited by. <http://segdl.org/>

Clement, W. P. (2021). Geophysical Site Characterization. In *Encyclopedia of Geology* (2nd ed.). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409548-9.11993-1>

Das, B. M., & Ramana, G. V. (2010). *Principles of Soil Dynamics* (Second Edi). Cengage Learning.

Dobrin, M. B. (1988). Introduction to geophysical prospecting. 3rd edition. In *Introduction to geophysical prospecting*. 3rd edition.

Foti, S. (2000). Multistation methods for geotechnical characterization using surface waves. *Politecnico Di Torino Ph D Dissertation*, 42, 315–323.

Foti, S., Lai, C., Rix, G. J., & Strobbia, C. (2014). Surface Wave Methods for *Near-surface* Site Characterization. In *Surface Wave Methods for Near-surface Site Characterization*. <https://doi.org/10.1201/b17268>

Fotouhimehr, M., Shabani, E., Cornou, C., & Azmi, P. (2020). Ambient *noise* wave field decomposition and shear-wave velocity retrieval in the South of Tehran, Iran and in the Colfiorito basin, Italy. *Journal of Applied Geophysics*, 104224. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2020.104224>

- García-Jerez, A., Seivane, H., Navarro, M., Martínez-Segura, M., & Piña-Flores, J. (2019). Joint analysis of *Rayleigh*-wave dispersion curves and diffuse-field HVSR for site characterization: The case of El Ejido town (SE Spain). *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 121(June 2018), 102–120. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2019.02.023>
- Hakim, A. C., Pramono, S., Warnana, D. D., Rochman, J. P. G. N., & Rahmatullah, F. S. (2019). Determination of Ground Profile and Peak Surface Acceleration (PSA) using single station microtremor Inversion method for earthquake hazard zonation of Lombok Island. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 389(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/389/1/012045>
- Harsuko, M. R. C., Zulfakriza, Nugraha, A. D., Sarjan, A. F. N., Widiyantoro, S., Rosalia, S., Puspito, N. T., & Sahara, D. P. (2020). Investigation of Hilbert – Huang Transform and Fourier Transform for Investigation of Hilbert – Huang Transform and Fourier Transform for Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio Analysis : Understanding the Shallow Structure in Mataram City , Lombok , Indon. *Frontiers in Earth Science*, 8(334). <https://doi.org/10.3389/feart.2020.00334>
- Hayashi, K., Cakir, R., & Walsh, T. J. (2013). Using two-station microtremor array method to estimate shear-wave velocity profiles in Seattle and Olympia, Washington. *26th Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems 2013, SAGEEP 2013, 2009*, 442–451. <https://doi.org/10.4133/sageep2013-159.1>
- Hobiger, M., Bard, P. Y., Cornou, C., & Le Bihan, N. (2009). Single station determination of Rayleigh wave ellipticity by using the

random decrement technique (RayDec). *Geophysical Research Letters*, 36(14). <https://doi.org/10.1029/2009GL038863>

Ipmawan, V. L., Permanasari, I. N. P., & Siregar, R. N. (2019). Spatial Analysis of Seismic Hazard Based on Dynamical Characteristics of Soil in Kota Baru, South Lampung. *Journal of Science and Application Technology*, 2(1), 169–175. <https://doi.org/10.35472/281437>

Issaadi, A., Semmane, F., Yelles-Chaouche, A., Galiana-Merino, J. J., & Layadi, K. (2020). A shear-wave velocity model in the city of Oued-Fodda (northern Algeria) from Rayleigh wave ellipticity inversion. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/app10051717>

Kearey, P., & Brooks, M. (1991). An introduction to geophysical exploration. 2nd edition. *In An introduction to geophysical exploration*. 2nd edition.

Konno, K., & Ohmachi, T. (1998). Ground-motion characteristics estimated from spectral ratio between horizontal and vertical components of microtremor. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 88(1), 228–241. <https://doi.org/10.1785/bssa0880010228>

Liang, D., Gan, F., Zhang, W., & Jia, L. (2018). The application of HVSR method in detecting sediment thickness in karst collapse area of Pearl River Delta, China. *Environmental Earth Sciences*, 77(6), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7439-x>

Mark, E. E. (2013). *Near-surface Applied Geophysics*.

Nakamura, Y. (2000). Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications. *Proceedings of the 12th*

World Conference on ..., May, Paper no. 2656. http://www.sdr.co.jp/papers/n_tech_and_application.pdf

- Nakamura, Y. (2008). On The H/V Spectrum. *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*.
- Nazarian, S., Stokoe, K. H., & Hudson, W. R. (1983). Use of Spectral Analysis of Surface Waves Method for Determination of Moduli and Thicknesses of Pavement Systems. *Transportation Research Record*, 38–45.
- Olafsdottir, E. A. (2019). *Multichannel Analysis of Surface Waves for Soil Site Characterization*. 308.
- Olafsdottir, E. A., Bessason, B., & Erlingsson, S. (2018). Combination of dispersion curves from MASW measurements. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 113. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.05.025>
- Olafsdottir, E. A., Erlingsson, S., & Bessason, B. (2018). Tool for analysis of Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) field data and evaluation of shear wave velocity profiles of soils. *Canadian Geotechnical Journal*, 55(2). <https://doi.org/10.1139/cgj-2016-0302>
- Park, Choon B. (1995). Characterization of Geotechnical Sites by Multi-Channel Analysis of Surface Waves (MCASW). *KGS Fall*, 95, 141–148.
- Park, Choon B. (2013). MASW for geotechnical site investigation. *The Leading Edge*, 32(6), 656–662.
- Park, Choon B., & Carnevale, M. (2010). *Optimum MASW Survey—Revisit after a Decade of Use* (pp. 1303–1312). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0268\(2010\)109:6\(1303\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0268(2010)109:6(1303))

org/10.1061/41095(365)130

- Park, Choon B., Miller, R. D., & Xia, J. (1999). Multichannel Analysis of Surface Waves. *Geophysics*, 64(3), 800–808. <https://doi.org/10.1190/1.1444590>
- Park, Choon Byong, Miller, R. D., & Miura, H. (2002). Optimum field parameters of an MASW survey. *Proceedings of the Society of Exploration Geophysicists (SEG) Japan Tokyo*, 22, 23.
- Park, Choon Byong, Miller, R. D., & Xia, J. (1998). Imaging dispersion curves of surface waves on multi-channel record. *1998 SEG Annual Meeting*. <https://doi.org/10.1190/1.1820161>
- Poggi, V., Fäh, D., Burjanek, J., & Giardini, D. (2012). The use of Rayleigh-wave ellipticity for site-specific hazard assessment and microzonation: Application to the city of Lucerne, Switzerland. *Geophysical Journal International*, 188(3), 1154–1172. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2011.05305.x>
- Putti, S. P., & Satyam, N. (2020). Evaluation of Site Effects Using HVSR Microtremor Measurements in Vishakhapatnam (India). *Earth Systems and Environment*, 4(2), 439–454. <https://doi.org/10.1007/s41748-020-00158-6>
- Rananda, E., Prabowo, L., Prabowo, A. P., Rasimeng, S., & Yogi, I. B. S. (2020). Analysis and Zonation of Land Vulnerability Areas in Pekon Karangrejo Ulubelu Tanggamus Using Microzonation Method. *Jurnal Geofisika*, 18(1), 14. <https://doi.org/10.36435/jgf.v18i1.420>
- Rasimeng, S., Laksono, A., & Rustadi. (2018). Interpretasi Nilai Kecepatan Gelombang Geser ($V_{s_{30}}$) Menggunakan Metode Seismik Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) Un-

tuk Memetakan Daerah Rawan Gempa Bumi Di Kota Bandar Lampung. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 3(3).

Reynolds, J. M. (1997). An introduction to applied and environmental geophysics. In *An introduction to applied and environmental geophysics*. <https://doi.org/10.1071/pvv2011n155other>

Riantana, R., Darsono, & Triyono, A. (2019). Design of Microtremor Monitoring Tools Using Accelerometer Sensor On Android Mobile to Determine the Natural Building Frequency in UNS Library. *Journal of Physics: Conference Series*, 1204(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1204/1/012103>

Richart, F. E., Hall, J. R., & Woods, R. D. (1970). Vibrations of soils and foundations. In *Prentice Hall*.

Rošer, J., & Gosar, A. (2010). Determination of Vs30 for seismic ground classification in the ljubljana area, Slovenia. *Acta Geotechnica Slovenica*, 7(1), 61–76.

Rosyidi, S. A. P. (2013). Metode Analisis Gelombang Permukaan Untuk Penyelidikan Sub-Permukaan. *LP3M - Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.

Rosyidi, S. A. P. (2015). Pemetaan Daya Dukung Tanah Dan Diskontinuitas Struktur Tanah Dasar Menggunakan Metode Multi Channel Analysis of Surface Waves (MASW). *Seminar Nasional Teknik Sipil V Tahun, 2004*, 161–169.

Rusydi, M., Efendi, R., Sandra, & Rahmawati. (2018). Earthquake Hazard Analysis Use Vs30 Data in Palu. *Journal of Physics: Conference Series*, 979(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/979/1/012054>

- Sambridge, M. (1999). Geophysical inversion with a neighbourhood algorithm — I . Searching a parameter space. *Geophys. J. Int.*, 138, 479–494.
- SESAME. (2004). Guidelines For The Implementation Of The H/V Spectral Ratio Technique On Ambient Vibrations Measurements , Processing And Interpretation. *SESAME European research project*.
- Simanjuntak, A. B., Yuliyanto, G., Harmoko, U., Vkrzhg, U., Wkh, W., Ri, Y., Kdyh, X., Iuhtxhqf, G., Wkh, P., Ri, Y., Jurxqg, S., Kecamatan, F., Kabupaten, A., & Utara, N. (2017). Analisis resiko kebencanaan gempa bumi data mikrotremor di Desa Fulolo Kecamatan Alasa Kabupaten Nias Utara. *Youngster Physics Journal*, 6(4), 360–367.
- Sitorus, N., Purwanto, S., & Utama, W. (2017). Analisis Nilai Frekuensi Natural dan Amplifikasi Desa Olak Alen Blitar Menggunakan Metode Mikrotremor HVSR. *Jurnal Geosaintek*, 3(2), 89. <https://doi.org/10.12962/j25023659.v3i2.2962>
- Society, A. (n.d.). *Everett 2013 Near-surface Applied Geophysics 1107018773_geophys.pdf* VN - readcube.com. e:%5CIGHL-LA%5CPROYECTO ARSENICO%5CBibliografia As%5COR-DENAR%5CGeofisica%5CLibros ordenar%5CEverett 2013 Near-surface Applied Geophysics 1107018773_geophys.pdf
- Sunardi, B., Naimah, S., Haryoko, U., Rohadi, S., Sulastri, & Rasmid. (2018). Vs30 Mapping and Soil Classification in The Southern Part of Kulon Progo Using Rayleigh Wave Ellipticity Inversion. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 1(2), 58–64.

- Susilanto, P., Ngadmanto, D., Hardy, T., & Pakpahan, S. (2016). Penerapan Metode Mikrotremor HVSR untuk Penentuan Respons Dinamika Kegempaan di Kota Padang. *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 7(2), 79–88.
- Sutrisno, W. T., Santosa, B. J., & Warnana, D. D. (2013). Profiling Kecepatan Gelombang Geser (Vs) Menggunakan Inversi Spektrum Horizontal-To-Spectral Ratio (HVSR). *Jurnal Teknik Pomits*, 1(1), 1–6.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). Applied Geophysics. *Cambridge University Press*.
- Tian, B., Du, Y., You, Z., & Zhang, R. (2019). Measuring the sediment thickness in urban areas using revised H / V spectral ratio method. *Engineering Geology*, 260. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.105223>
- W.M Telford, L.P. Geldart, R. E. S. (2004). *Applied Geophysics, Second Edition* by W. M. Telford, L. P. Geldart, R. E. Sheriff (z-lib.org). pdf.
- Wangsadinata, W. (2006). *Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726-2002*. Shortcourse HAKI.



Erfan Syamsuddin. Lahir di Soppeng, pada tanggal 3 September 1967 menyelesaikan pendidikan di Sekolah Menengah Atas, Jurusan IPA di SMA Negeri 1 Watansoppeng pada tahun 1986. Kemudian melanjutkan Pendidikan, antara lain: tingkat Sarjana (S1) pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Jurusan Fisika Universitas Hasanuddin, di Makassar; Program Pasca Sarjana (S2) di Institut Teknologi Bandung (ITB) Jurusan Fisika, KBK Fisika Bumi pada tahun 1997 di Bandung, Jawa Barat; dan pendidikan doktoral (S3) pada Faculty of Engineering, Computer and Mathematical Sciences di School of Civil, Environmental and Mining Engineering, bidang Geotechnical Engineering, di the University of Adelaide, Australia pada tahun 2011. Kompetensi dan kajian penulis berfokus pada geofisika dekat permukaan (*near surface geophysics*) untuk aplikasi pada masalah-masalah lingkungan dan kegeoteknikan. Sebelum menjadi dosen tetap pada departemen geofisika FMIPA Universitas Hasanuddin, penulis pernah bekerja sebagai project controller pada perluasan pabrik PT. Semen Tonasa, Tbk. pada tahun 1995. Sekarang ini, penulis menjabat sebagai Sekertaris Departemen Geofisika FMIPA Unhas dan Ketua komisariat Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI) wilayah Sulawesi Selatan dan Barat.



M A Hamzah Assegaf. Lahir di Makassar, pada tanggal 29 September 1967 menyelesaikan pendidikan di Sekolah Menengah Atas, Jurusan IPA di SMA Negeri 2 Makassar pada tahun 1986. Kemudian melanjutkan Pendidikan, antara lain: tingkat Sarjana (S1) pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Jurusan Fisika Universitas Hasanuddin, di Makassar; Program Pasca Sarjana (S2) dan doktoral (S3) pada bidang Civil Engineering di Kyoto University, Kyoto, Japan. Penulis adalah dosen tetap pada departemen geofisika FMIPA UNHAS dan sekarang ini menjabat sebagai Ketua Departemen Geofisika FMIPA Universitas Hasanuddin.



Gedung UPT Unhas Press
Kampus Unhas Tamalanrea, Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10
e-mail: unhaspress@gmail.com
Makassar

ISBN 978-979-530-350-3

