

**STUDI BAWAH PERMUKAAN MENGGUNAKAN METODE SEISMIK
REFRAKSI DAN *MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES*
(MASW) DI AREA JALAN TOL SEGMENT 3B KARIANGAU –
TEMPADUNG, KALIMANTAN TIMUR**



SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Fisika Kelompok Bidang Kajian Fisika Kebumihan

Oleh:

Rafa Fadilla

2108007

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2025

**STUDI BAWAH PERMUKAAN MENGGUNAKAN METODE SEISMIK
REFRAKSI DAN *MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES*
(MASW) DI AREA JALAN TOL SEGMENT 3B KARIANGAU –
TEMPADUNG, KALIMANTAN TIMUR**

Oleh
Rafa Fadilla
NIM. 2108007

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains Program Studi Fisika pada Fakultas Pendidikan Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam

© Rafa Fadilla
Universitas Pendidikan Indonesia
2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
Denan dicetak ulang, difotokopi atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis

RAFA FADILLA
LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI BAWAH PERMUKAAN MENGGUNAKAN METODE SEISMIK
REFRAKSI DAN *MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES*
(MASW) DI AREA JALAN TOL SEGMENT 3B KARIANGAU –
TEMPADUNG, KALIMANTAN TIMUR**

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I,



Dr. Mimin Iryanti, S.Si., M.Si

NIP. 197712082001122001

Pembimbing II,



Acep Ruchimat, S.T., M.T

NIP. 19801221200901001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Fisika



Dr. Endi Suhendi, M.Si.

NIP. 197905012003121001

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : [Rafa Fadilla]
NIM : [2108007]
Program Studi : [Fisika]
Judul Karya : [Studi Bawah Permukaan Menggunakan Metode Seismik Refraksi Dan *Multichannel Analysis Of Surface Waves* (MASW) Di Area Jalan Tol Segmen 3b Kariangau – Tempadung, Kalimantan Timur]

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil kerja saya sendiri. Saya menjamin bahwa seluruh isi karya ini, baik sebagian maupun keseluruhan, bukan merupakan plagiarisme dari karya orang lain, kecuali pada bagian yang telah dinyatakan dan disebutkan sumbernya dengan jelas.

Jika di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika akademik atau unsur plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Pendidikan Indonesia.

[Bandung, Juli 2025]

Tanda tangan: _____

(Rafa Fadilla)

KATA PENGANTAR

Puji serta Syukur penulis panjatkan kepada kehadiran Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian yang berjudul "Studi Bawah Permukaan Menggunakan Metode Seismik Refraksi Dan Multichannel Analysis Of Surface Waves (MASW) Di Area Jalan Tol Segmen 3b Kariangau – Tempadung, Kalimantan Timur". Penulisan skripsi ini disusun dengan tujuan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi S1 dan memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.) di Program Studi Fisika, Universitas Pendidikan Indonesia.

Skripsi ini membahas studi bawah permukaan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi serta karakteristik lapisan tanah atau batuan di lokasi penelitian dengan menggunakan dua metode yaitu Seismik Refraksi dan MASW. Penelitian ini dilakukan melalui tahapan pengolahan data serta analisis dan interpretasi data seismik untuk memperoleh gambaran lapisan bawah permukaan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta kontribusi positif terhadap pengambilan keputusan dalam studi bawah permukaan untuk mendukung upaya keberlanjutan di wilayah penelitian.

Sangat disadari bahwa penelitian ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk membangun penyempurnaan penelitian ini di masa yang akan datang. Akhir kata, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang positif dan bermanfaat serta dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Bandung, Juli 2025

Penulis,

Rafa Fadilla

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulisan skripsi ini tidak akan dapat terselesaikan tanpa adanya dukungan, bimbingan, doa, serta bantuan dari berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi dalam berbagai bentuk, baik secara langsung maupun tidak selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada pihak – pihak berikut:

1. Ibu Dr. Mimin Iryanti, M.Si. selaku dosen wali sekaligus dosen pembimbing atas bimbingan dan arahan selama proses penyusunan hingga terselesaikannya skripsi ini.
2. Bapak Acep Ruchimat, M.T. selaku dosen pembimbing dari Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan (PATGTL), KESDM, yang telah bersedia menjadi pembimbing dan memberikan ilmu serta dukungan selama proses penyusunan hingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si. selaku Ketua Program Studi Fisika FPMIPA UPI, yang telah memberikan dukungan dan arahan hingga selama proses perkuliahan.
4. Bapak Wiyono, M.T. selaku bagian dari tim PATGTL, yang telah sangat membantu serta memberikan arahan dan masukan yang membangun proses hingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Seluruh staff Dosen dan Tendik Program Studi Fisika atas segala ilmu, bimbingan, dan dukungan selama perkuliahan hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Ibu, Kakak, Adik-adik, serta Alm. Ayah yang penulis cintai karena telah menjadi penyemangat serta alasan penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih yang sebesar-sebesarnya atas doa dan dukungan yang tiada akhirnya.
7. “Geng Cewe Kuat” selaku sahabat penulis yaitu Rifa Nurussalaamah K. yang telah kebersamaan dan memberikan dukungan, lalu Fauzan Nur Elsafitri yang selalu mau membantu dan menemani ketika penulis membutuhkan.

8. Teman-teman magang PAG yang selalu bersama berprogres dan saling membantu selama penyusunan skripsi ini.
9. Seluruh teman-teman FISIKA C angkatan 21 yang selalu bersama dan memberikan dukungan selama perkuliahan.
10. Seseorang yang selalu ada dan sangat membantu serta memberikan penulis motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.
11. Kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, terima kasih atas segala bantuan, dukungan, serta kontribusi kepada penulis.

**Studi Bawah Permukaan Menggunakan Metode Seismik Refraksi Dan
Multichannel Analysis Of Surface Waves (MASW) Di Area Jalan Tol
Segmen 3b Kariangau – Tempadung, Kalimantan Timur**

ABSTRAK

Kalimantan Timur saat ini tengah mengalami percepatan pembangunan infrastruktur secara signifikan, salah satunya adalah jalan tol, setelah ditetapkannya sebagai lokasi Ibu Kota Negara baru Indonesia. Maka dari itu diperlukan penelitian untuk mengidentifikasi kondisi litologi bawah permukaan pada area Jalan Tol Segmen 3B Kariangau–Tempadung, Kalimantan Timur, menggunakan metode seismik refraksi dan *Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)*. Metode seismik refraksi digunakan untuk memperoleh distribusi kecepatan gelombang primer (V_p), sedangkan metode MASW menghasilkan distribusi kecepatan gelombang geser (V_s). Dengan mengintegrasikan keduanya, diperoleh parameter elastisitas berupa nilai *Poisson's Ratio* sebagai indikator elastisitas dan tingkat kejenuhan litologi bawah permukaan. Hasil interpretasi nilai V_p , V_s , dan *poisson's ratio* menunjukkan bahwa ketiga lintasan penelitian didominasi oleh lapisan lempung jenuh dan batupasir lunak, dengan nilai V_p berkisar antara 770–4269 m/s, V_s antara 187–534 m/s, dan *Poisson's Ratio* mencapai >0,45 di ketiga lokasi penelitian. Lintasan 1 memiliki karakteristik lempung jenuh dengan $V_s < 250$ m/s dan *Poisson's Ratio* hingga 0,49, mengindikasikan tanah sangat lunak. Lintasan 2 menunjukkan tanah yang sedikit lebih kaku dengan konsolidasi sedang, meskipun nilai *Poisson's Ratio* tetap tinggi (>0,46). Lintasan 3 menunjukkan batupasir lunak jenuh dengan nilai $V_s > 330$ m/s dan *Poisson's Ratio* hingga 0,50, menandakan kejenuhan tinggi pada lapisan lempung dan batupasir. Hasil interpretasi dan analisis nilai V_p , V_s , dan *poisson's ratio* ini menyatakan bahwa di lokasi penelitian memiliki daya dukung yang rendah, potensi penurunan tanah, dan heterogenitas bawah permukaan yang dapat menjadi pertimbangan teknis dalam perencanaan infrastruktur.

Kata Kunci: Seismik refraksi, MASW, *poisson's ratio*, kecepatan gelombang primer, kecepatan gelombang geser

***Subsurface Study Using Seismic Refraction and Multichannel Analysis of
Surface Waves (MASW) Methods in the Toll Road Area Segment 3B Kariangau
– Tempadung, East Kalimantan***

ABSTRACT

East Kalimantan is currently undergoing a significant acceleration of infrastructure development, including toll roads, following its designation as the new capital city of Indonesia. Therefore, it is necessary to conduct research to identify the subsurface lithological conditions along the Segment 3B of the Kariangau–Tempadung Toll Road in East Kalimantan using Seismic Refraction and Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) methods. The seismic refraction method was employed to obtain the distribution of primary wave velocity (V_p), while the MASW method provided the distribution of shear wave velocity (V_s). By integrating both methods, elastic parameters such as Poisson's Ratio were derived as indicators of subsurface lithology elasticity and saturation levels. Interpretation of the V_p , V_s , and Poisson's Ratio values revealed that all three survey lines are dominated by saturated clay and soft sandstone layers, with V_p values ranging from 770 to 4269 m/s, V_s values from 187 to 534 m/s, and Poisson's Ratio exceeding 0.45 across all sites. Line 1 is characterized by saturated clay with $V_s < 250$ m/s and Poisson's Ratio up to 0.49, indicating very soft soil. Line 2 exhibits slightly stiffer soil with moderate consolidation, although the Poisson's Ratio remains high (>0.46). Line 3 shows saturated soft sandstone with $V_s > 330$ m/s and Poisson's Ratio reaching 0.50, indicating high saturation in both clay and sandstone layers. The interpretation and analysis of V_p , V_s , and Poisson's Ratio values indicate that the study area has low bearing capacity, high settlement potential, and subsurface heterogeneity, which must be considered in infrastructure planning.

Keywords: *Seismic refraction, MASW, Poisson's ratio, Primary wave velocity, Shear wave velocity*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian	6
2.2 Gelombang Seismik.....	8
2.2.1 Gelombang Permukaan <i>Rayleigh</i>	8
2.2.2 Gelombang Primer	10
2.2.3 Gelombang Sekunder.....	11
2.3 Prinsip Dasar Metode Seismik	13
2.3.1 Prinsip <i>Huygens</i>	13
2.3.2 Asas Fermat	13
2.3.3 Hukum Snellius.....	14
2.4 Metode Seismik Refraksi.....	15
2.5 Metode <i>Multichannel Analysis Surface Wave</i> (MASW).....	18
2.5.1 Dispersi Gelombang Permukaan.....	20
2.5.2 Transformasi Fourier	21

2.5.3 Inversi Gelombang <i>Rayleigh</i>	22
2.6 <i>Poisson's Ratio</i>	23
2.7 Kajian Penelitian Terdahulu	26
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Pengolahan Data Seismik Refraksi dan MASW	28
3.1.1 Lokasi Penelitian.....	28
3.1.2 Pengolahan Data Seismik Refraksi.....	29
3.1.3 Pengolahan Data MASW	36
3.2 Pengolahan Nilai <i>Poisson's Ratio</i>	40
3.3 Analisis parameter <i>VP</i> , <i>VS</i> , dan <i>Poisson's Ratio</i>	41
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Analisis Hasil dan Interpretasi Berdasarkan Nilai <i>Vp</i> dan <i>Vs</i>	43
4.1.1 Menentukan Nilai Kecepatan Gelombang Primer (<i>Vp</i>).....	43
4.1.2 Hasil Pengolahan Seismik Refraksi	46
4.1.3 Menentukan Nilai Kecepatan Gelombang Sekunder (<i>Vs</i>)	55
4.1.4 Hasil Pengolahan <i>Multichannel Analysis of Surface Waves</i> (MASW)	57
4.2 Analisis Nilai <i>Poisson's Ratio</i>	62
4.2.1 Menentukan Nilai <i>Poisson's Ratio</i>	62
4.2.2 Analisis hasil pengolahan nilai <i>Poisson's Ratio</i>	66
4.3 Analisis Hasil dan Implikasi dari Nilai <i>Vp</i> , <i>Vs</i> , dan <i>Poisson's Ratio</i>	70
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	73
5.1 Simpulan.....	73
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Variasi nilai V_p berdasarkan lapisan material bawah permukaan (Burger et al., 1992)	11
Tabel 2. 2 Klasifikasi situs berdasarkan SNI 1726:2012	12
Tabel 2. 3 Klasifikasi nilai <i>poisson's ratio</i> berdasarkan variasi jenis material (Almisned & Alqahtani, 2021, Davidovici, 1985).....	25
Tabel 3. 1 Koordinat lokasi penelitian	29
Tabel 4. 1 Hasil pengolahan seismik refraksi pada tiap lintasan	52
Tabel 4. 2 Hasil pengolahan MASW pada tiap lintasan	60
Tabel 4. 3 Hasil pengolahan nilai <i>Poisson's Ratio</i> pada tiap lintasan.....	70
Tabel 4. 4 Implikasi berdasarkan analisis V_p , V_s , dan <i>Poisson's Ratio</i>	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta sederhana cekungan kutai (Moss & Chambers, 1999).....	1
Gambar 2. 1 Peta geologi daerah Balikpapan dan sekitarnya (Hidayat & Umar, 1994; Supriatna et al., 1995)	7
Gambar 2. 2 Gerakan partikel gelombang <i>Rayleigh</i> (Lai, 1998)	8
Gambar 2. 3 pola gerakan partikel gelombang <i>Rayleigh</i> (Lowrie, 2007).....	9
Gambar 2. 4 penjalaran gelombang primer (Hidayati, 2010)	11
Gambar 2. 5 Penjalaran gelombang sekunder (Hidayati, 2010)	12
Gambar 2. 6 ilustrasi prinsip <i>huygens</i> untuk perambatan gelombang (Firnanza, 2017)	13
Gambar 2. 7 asas fermat (Firnanza, 2017)	14
Gambar 2. 8 ilustrasi pemantulan dan pembiasan pada bidang batas dua medium	14
Gambar 2. 9 Gelombang pantul dan gelombang datang pada sudut kritis (Refrizon et al., 2008)	15
Gambar 2. 10 Kurva travel time pada banyak lapisan (Telford et al., 1990).....	16
Gambar 2. 11 lintasan penjalaran gelombang refraksi (diolah dari Telford et al., 1990)	17
Gambar 2. 12 penjalaran gelombang untuk kasus reflector miring (modifikasi dari Telford et al., 1990)	18
Gambar 2. 13 Ilustrasi desain akusisi data MASW (Park et al., 1999).....	19
Gambar 2. 14 Proses pengolahan MASW (Ólafsdóttir et al., 2018).....	19
Gambar 2. 15 Spektrum kurva dispersi gelombang <i>rayleigh</i> sebagai fungsi dari kecepatan frekuensi (Park et al., 1999)	20
Gambar 2. 16 inversi gelombang <i>Rayleigh</i> (Sholihan & Santosa, 2009).....	23
Gambar 2. 17 Gambar fisis <i>poisson's ratio</i> (Lowrie & Fichtner, 2020)	24
Gambar 2. 18 nilai <i>poisson's ratio</i> pada variasi jenis tanah (Schön, 2015)	25
Gambar 2. 19 pengaruh derajat saturasi terhadap <i>poisson's ratio</i> (Oh & Vanapalli, 2011).....	26
Gambar 3. 1 Peta lokasi penelitian.....	29
Gambar 3. 2 Diagram alir pengolahan data seismik refraksi	30

Gambar 3. 3 Penampang seismik (a) sebelum proses <i>filtering</i> dan kontrol gain (b) sesudah proses <i>filtering</i> dan kontrol gain	32
Gambar 3. 4 proses picking first break pada data seismik.....	32
Gambar 3. 5 Hasil kurva travel time pada data seismik.....	33
Gambar 3. 6 Diagram penjalaran <i>raypath</i> yang terbentuk oleh sumber (Dani et al., 2020)	34
Gambar 3. 7 (a) Kurva <i>travel time</i> hasil perhitungan data seismik (b) Model penampang bawah permukaan hasil inversi tomografi.....	36
Gambar 3. 8 Diagram alir pengolahan data MASW	37
Gambar 3. 9 Spektrum citra dispersi.....	38
Gambar 3. 10 Kurva dispersi eksperimental dan kurva dispersi teoritis.....	39
Gambar 3. 11 Profil Vs 1D hasil pengolahan MASW	40
Gambar 3. 12 Profil Vs 2D hasil pengolahan MASW	40
Gambar 3. 13 Diagram alir penelitian.....	42
Gambar 4. 1 Salah satu hasil picking pada lintasan 1	44
Gambar 4. 2 Hasil kurva travelttime pada lintasan 1	44
Gambar 4. 3 Hasil penampang 2D pengolahan seismik refraksi pada lintasan 1 .	45
Gambar 4. 4 (a) Kurva travel time (b) Model penampang V_p pada lintasan 1.....	47
Gambar 4. 5 Peta lintasan dan keterangan lokasi data bor pada lintasan 1.....	48
Gambar 4. 6 (a) Kurva <i>travel time</i> (b) Model penampang V_p pada lintasan 2.....	49
Gambar 4. 7 Peta lintasan dan keterangan lokasi data bor pada lintasan 2.....	50
Gambar 4. 8 (a) Kurva travel time (b) Model penampang V_p pada lintasan 3.....	52
Gambar 4. 9 Peta lintasan dan keterangan lokasi data bor pada lintasan 3.....	52
Gambar 4. 10 Model penampang 3D bawah permukaan dari lintasan 1 hingga lintasan 3	55
Gambar 4. 11 Proses pengolahan data MASW pada lintasan 2, (a) deteksi gelombang permukaan, (b) Kurva dispersi, (c) Inversi kurva dispersi, (d) Profil Vs 1d, (e) Profil Vs 2D	57
Gambar 4. 12 Model penampang Vs pada lintasan 1.....	58
Gambar 4. 13 Model penampang Vs pada lintasan 2.....	59
Gambar 4. 14 Model penampang Vs pada lintasan 3.....	60
Gambar 4. 15 Hasil pengolahan Seismik Reftaksi dan MASW pada lintasan 1...	63

Gambar 4. 16 Hasil interpolasi data pada lintasan 1	64
Gambar 4. 17 Hasil perhitungan <i>Poisson's Ratio</i> pada lintasan 1.....	65
Gambar 4. 18 Hasil visualisasi penampang <i>Poisson's Ratio</i> pada lintasan 1.....	65
Gambar 4. 19 Hasil penampang 2D <i>Poisson's Ratio</i> untuk lintasan 1.....	67
Gambar 4. 20 Hasil penampang 2D <i>Poisson's Ratio</i> untuk lintasan 2.....	68
Gambar 4. 21 Hasil penampang 2D <i>Poisson's Ratio</i> untuk lintasan 3.....	69

DAFTAR PUSTAKA

- Abakar, M., Asrillah, A., & Fachrianta, T. R. (2015). *Seismic Refraction Tomography (SRT) study to characterize potential resource of Ie Jue's geothermal field of Seulawah Agam Volcano, Aceh Besar-Indonesia*. 20, 13477–13478.
- Abhimantra, S. (2015). Geologi Dan Studi Sikuen Stratigrafi Formasi Balikpapan, Lapangan “Minggiran “Cekungan Kutai, Kalimantan Timur. *Jurnal Ilmiah Geologi PANGAEA*, 2(2).
- Al-Shayea, N. A.-R. (1994). *Detection of subsurface cavities using the spectral-analysis-of-surface-waves method*. University of Michigan.
- Almisned, O. A., & Alqahtani, N. B. (2021). Rock analysis to characterize Saudi soft sandstone rock. *Journal of Petroleum Exploration and Production*, 11(6), 2381–2387. <https://doi.org/10.1007/s13202-021-01160-y>
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. In *Rethinking Marxism*. <https://doi.org/10.1080/0893569032000131613>
- Bisch, P., Carvalho, E., Degee, H., Fajfar, P., Fardis, M., Franchin, P., Kreslin, M., Pecker, A., Pinto, P., Plumier, A., & others. (2012). Eurocode 8: seismic design of buildings worked examples. *Luxembourg: Publications Office of the European Union*.
- Burger, H. R., Burger, D. C., & Burger, H. R. (1992). *Exploration geophysics of the shallow subsurface* (Vol. 8). Prentice Hall New Jersey.
- Chopra, S., Castagna, J., & Xu, Y. (2009). Relative acoustic impedance application for thin-bed reflectivity inversion. *SEG International Exposition and Annual Meeting*, SEG-2009.
- Dani, I., Sinambela, R. Z., & Yogi, I. B. S. (2020). Rekonstruksi penampang zona rawan longsor di daerah Pidada, Bandar Lampung, menggunakan metode tomografi seismik refraksi. *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Teknik Dan Aplikasi Industri Fakultas Teknik Universitas Lampung*, 3.
- Das, P. P. (2015). *Primary and secondary compression behavior of soft clays*.
- Dwiantoro, M., & Sundoyo. (2018). Litotipe, Petrografi, Dan Komposisi Kimia Batubara Formasi Pulubalang Dan Balikpapan Sebagai Data Pendukung

- Potensi Hidrokarbon, Cekungan Kutai, Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, 6(1), 1–10.
- Firnanza, E. (2017). *Penentuan Litologi Lapisan Bawah Permukaan Berdasarkan Model Kecepatan 2D Tomografi Seismik Refraksi Untuk Geoteknik Jalan Tol*.
- Flinchum, B., Grana, D., Carr, B., Ravichandran, N., Eppinger, B., & Holbrook, S. (2024). Low Vp/Vs Values as an Indicator for Fractures in the Critical Zone. *Geophysical Research Letters*, 51. <https://doi.org/10.1029/2023GL105946>
- Foti, S. (2000). *Multistation methods for geotechnical characterization using surface waves*.
- Foti, S., Lai, C. G., Rix, G. J., & Strobbia, C. (2014). *Surface wave methods for near-surface site characterization*. CRC press.
- Gao, H., Zhang, Z.-L., Lu, J., & Zhang, Z.-T. (2023). Experimental study on the mechanism of water affecting the permeability characteristics of sandstone. *Thermal Science*, 27(1 Part B), 581–589.
- Geometrics. (2009). *Seisimager 2D Manual ver 3.3*. ftp://geom.geometrics.com/pub/seismic/SeisImager/Installation_CD/SeisImager2D_Manual/SeisImager2D_Manual_v3.3.pdf
- Güttler, U. (2022). On the Poisson's ratio of soils. In *Structural Dynamics-Vol 1* (pp. 187–193). Routledge.
- Hall, R., & Nichols, G. (2002). *Cenozoic sedimentation and tectonics in Borneo: climatic influences on orogenesis*.
- Hartantyo, E. (2004). Metode Seismik Bias dan Pantul. *Universitas Gajah Mada*.
- Hersir, G. P., & Björnsson, A. (1991). *Geophysical exploration for geothermal resources: principles and application*. Orkustofnun.
- Hidayat, S., & Umar, L. (1994). *Peta Geologi Lembar Balikpapan, Kalimantan, Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Hidayati, S. (2010). *Pengenalan Seismologi Gunungapi. Diklat Pelaksana Pemula Pengamat Gunungapi Baru*. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Bandung.
- Husein, S., & Lambiase, J. (2013). Sediment Dynamics and Depositional Systems of the Mahakam Delta, Indonesia: Ongoing Delta Abandonment On A Tide-Dominated Coast. *Journal of Sedimentary Research*, 83, 503–521.

<https://doi.org/10.2110/jsr.2013.42>

- Ismunandar, W., Alam, F., & Luthfi, A. F. (2022). Penentuan Area Bahaya Tanah Longsor Menggunakan Pendekatan SIG (Sistem Informasi Geografis) dengan Metode Weighted Overlay di Kawasan IKN. *Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan Dan Industri*, 113–120.
- Jamaluddin, Schöpfer, K., Wagreich, M., Maria, Gier, S., & Fathy, D. (2024). Effect of Depositional Environment and Climate on Organic Matter Enrichment in Sediments of the Upper Miocene—Pliocene Kampungbaru Formation, Lower Kutai Basin, Indonesia. *Geosciences*, 14(6), 164.
- Kearey, P., Brooks, M., & Hill, I. (2013). *An introduction to geophysical exploration*. John Wiley & Sons.
- Lai, C. G. (1998). *Simultaneous inversion of Rayleigh phase velocity and attenuation for near-surface site characterization*. Georgia Institute of Technology.
- Laksono, A. (2018). *Interpretasi Nilai Kecepatan Gelombang Geser (Vs30) Menggunakan Metode Seismik Multi Channel Analysis of Surface Wave (MASW) untuk Memetakan Daerah Rawan Gempa Bumi Di Kota Bandar Lampung*.
- Leung, T. M. (1997). Evaluation of seismic refraction interpretation using first arrival raytracing. *Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications*, 12(1), 413–416.
<https://doi.org/10.1144/GSL.ENG.1997.012.01.40>
- Lowrie, W. (2007). *Fundamentals Of Geophysics*, Second Edition. In *Cambridge University Press*.
- Lowrie, W., & Fichtner, A. (2020). *Fundamentals of geophysics*. Cambridge university press.
- Mavko, G., Mukerji, T., & Dvorkin, J. (2020). *The rock physics handbook*. Cambridge university press.
- Moss, S. J., & Chambers, J. L. C. (1999). Tertiary facies architecture in the Kutai Basin, Kalimantan, Indonesia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 17(1–2), 157–181. [https://doi.org/10.1016/S0743-9547\(98\)00035-X](https://doi.org/10.1016/S0743-9547(98)00035-X)
- Muna, H., Asrillah, A., & Surbakti, M. S. (2017). Penentuan Litologi Bawah

- Permukaan Berdasarkan Nilai Poisson Ratio Area Gempa Bumi Menggunakan Metode Seismik Refraksi dan MASW di Kecamatan Panteraja, Pidie Jaya. *Journal of Geosciences, Mining Engineering, and Technology*, 1(1), 13–17.
- Nazarian, S., Stokoe II, K. H., & Hudson, W. R. (1983). *Use of spectral analysis of surface waves method for determination of moduli and thicknesses of pavement systems* (Issue 930).
- Nurdiyanto, B., HARTONO, E., Ngadmanto, D., Sunardi, B., & Susilanto, P. (2011). Penentuan tingkat kekerasan batuan menggunakan metode seismik refraksi. *JURNAL BMKG*, 12(3.211-220).
- Oh, W. T., & Vanapalli, S. K. (2011). Relationship between Poisson's ratio and soil suction for unsaturated soils. *Proc., 5th Asia-Pacific Conf. on Unsaturated Soils*, 239–245.
- Ólafsdóttir, E. Á., Erlingsson, S., & Bessason, B. (2018). *OPEN SOFTWARE FOR ANALYSIS OF MASW DATA*.
- Park, C. B., Miller, R. D., & Xia, J. (1999). Multichannel analysis of surface waves. *Geophysics*, 64(3), 800–808.
- Park, C. B., Miller, R. D., Xia, J., & Ivanov, J. (2007). Multichannel analysis of surface waves (MASW)—active and passive methods. *The Leading Edge*, 26(1), 60–64.
- Prakoso, G., Utama, W., & Syaifuddin, F. (2016). Analisis Independent Inversion Gelombang Pp Dan Ps Dengan Menggunakan Inversi Post-Stack Untuk Mendapatkan Nilai Vp/Vs. *Jurnal Geosaintek*, 2(2), 45–56.
- Priyono, K. D. (2012). Kajian Mineral Lempung pada Kejadian Bencana Longsorlahan di Pegunungan Kulonprogo Daerah Istimewa Yogyakarta. *Forum Geografi*, 26(1), 53. <https://doi.org/10.23917/forgeo.v26i1.5050>
- Refrizon, Suwarsono, & Yudiansyah, H. (2008). Penentuan Struktur Bawah Permukaan Daerah Pantai Panjang Kota Bengkulu Dengan Metode Seismik Refraksi. *Gradien*, 4(2), 337–341.
- Rusdy, I., Jamaluddin, K., Fatimah, E., Syafrizal, S., & Andika, F. (2016). Studi Awal: Analisa Kecepatan Gelombang Geser (Vs) Pada Cekungan Takengon Dalam Upaya Mitigasi Gempa Bumi. *Jurnal Teknik Sipil*, 6(1), 1–12.
- Salim, A. (2012). Pengukuran Modulus Elastisitas Dinamis Batuan dengan Metode

- Seismik Refraksi. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 3(2), 971. <https://doi.org/10.21512/comtech.v3i2.2331>
- SAMSUDDIN, E. K. O. P. (2021). *Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Multichannel Analysis Of Surface Waves (MASW)(Studi Kasus Lapangan TNR Universitas Hasanuddin)*. Universitas Hasanuddin.
- Satyana, A. H., & Purwaningsih, M. E. M. (2011). Multidisciplinary Approaches on the Origin of Sumba Terrane: Regional Geology, Hystorical Biogeography, Linguistic-Genetic Coevolution and Megalithic Archaeology. *Proceedings JCM Makassar. The 36th HAGI and 40th IAGI Annual Convention and Exhibition*, 1–29.
- Schön, J. H. (2015). *Physical properties of rocks: Fundamentals and principles of petrophysics* (Vol. 65). Elsevier.
- Setiawan, B. (2008). Pemetaan tingkat kekerasan batuan menggunakan metode seismik refraksi. *Skripsi: Universitas Hasanuddin*.
- Sharma, P. V. (1997). *Environmental and engineering geophysics*. Cambridge university press.
- Shearer, P. M. (2019). *Introduction to seismology*. Cambridge university press.
- Sheehan, J. R., Doll, W. E., Watson, D. B., & Mandell, W. A. (2005). Application of seismic refraction tomography to karst cavities. *US Geological Survey Karst Interest Group Proceedings, Rapid City, South Dakota*, 29–38.
- Sheriff, R. E., & Geldart, L. P. (1995). *Exploration seismology*. Cambridge university press.
- Sholihan, A., & Santosa, B. J. (2009). Analisis Dispersi Gelombang Rayleigh Struktur Geologi Bawah Permukaan Studi Kasus: Daerah Pasir Putih Dalegan Gresik. *Prosiding Seminar Nasional I\$backslash\$X Pasca Sarjana*.
- Suherman, M. (2018). Tingkat Konsolidasi Tanah Berdasarkan Tekanan Air Pori. *Jurnal Jalan Jembatan*, 13(1), 32. <https://binamarga.pu.go.id/jurnal/index.php/jurnaljalanjembatan/article/view/690>
- Supriatna, S., Sukardi, & Rustandi, E. (1995). *Peta Geologi Lembar Samarinda, Kalimantan, Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

- Sutopo, & Awali, P. (2004). *Studi Faktor Kualitas (Q-Faktor) dari Gelombang Elastik (QP, QSH) pada Batuan Kompak dan Tidak Kompak*. Departemen Geofisika dan Metereologi, FIKTM ITB.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied geophysics*. Cambridge university press.
- Timur, A. (1968). Velocity of compressional waves in porous media at permafrost temperatures. *Geophysics*, 33(4), 584–595.
- Valverde-Palacios, I., Valverde-Espinosa, I., Irigaray, C., & Chacón, J. (2014). Geotechnical map of Holocene alluvial soil deposits in the metropolitan area of Granada (Spain): a GIS approach. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 73, 177–192.
- Wang, Q., Zou, L., Niu, Y., Ma, F., Lu, S., & Fu, Z. (2023). Study on the Surface Settlement of an Overlying Soft Soil Layer under the Action of an Earthquake at a Subway Tunnel Engineering Site. *Sustainability*, 15(12), 9484.
- Wu, F., Zhao, Z., Xu, L., Ding, R., & Tao, S. (2024). Experiment on the Influence of Saturation on Poisson's Ratio of Soil. *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 62, 991–996. <https://doi.org/10.3233/ATDE241090>
- Xia, J., Miller, R. D., & Park, C. B. (1999). Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh waves. *Geophysics*, 64(3), 691–700.
- Yilmaz, Ö. (2001). *Seismic data analysis: Processing, inversion, and interpretation of seismic data*. Society of exploration geophysicists.
- Zang, A., Christian Wagner, F., Stanchits, S., Dresen, G., Andresen, R., & Haidekker, M. A. (1998). Source analysis of acoustic emissions in Aue granite cores under symmetric and asymmetric compressive loads. *Geophysical Journal International*, 135(3), 1113–1130. <https://doi.org/10.1046/j.1365-246X.1998.00706.x>
- Zhang, J. J., & Bentley, L. R. (2005). Factors determining Poisson's ratio. *CREWES Research Report*, 17(1), 1–15.
- Zhang, X. M., Lv, Y. Z., Zhao, Y. M., Zhang, Y. H., & Liao, Z. (2011). Study on poisson ratio of soil-rock mixture in low strain. *Applied Mechanics and Materials*, 90, 1921–1925.