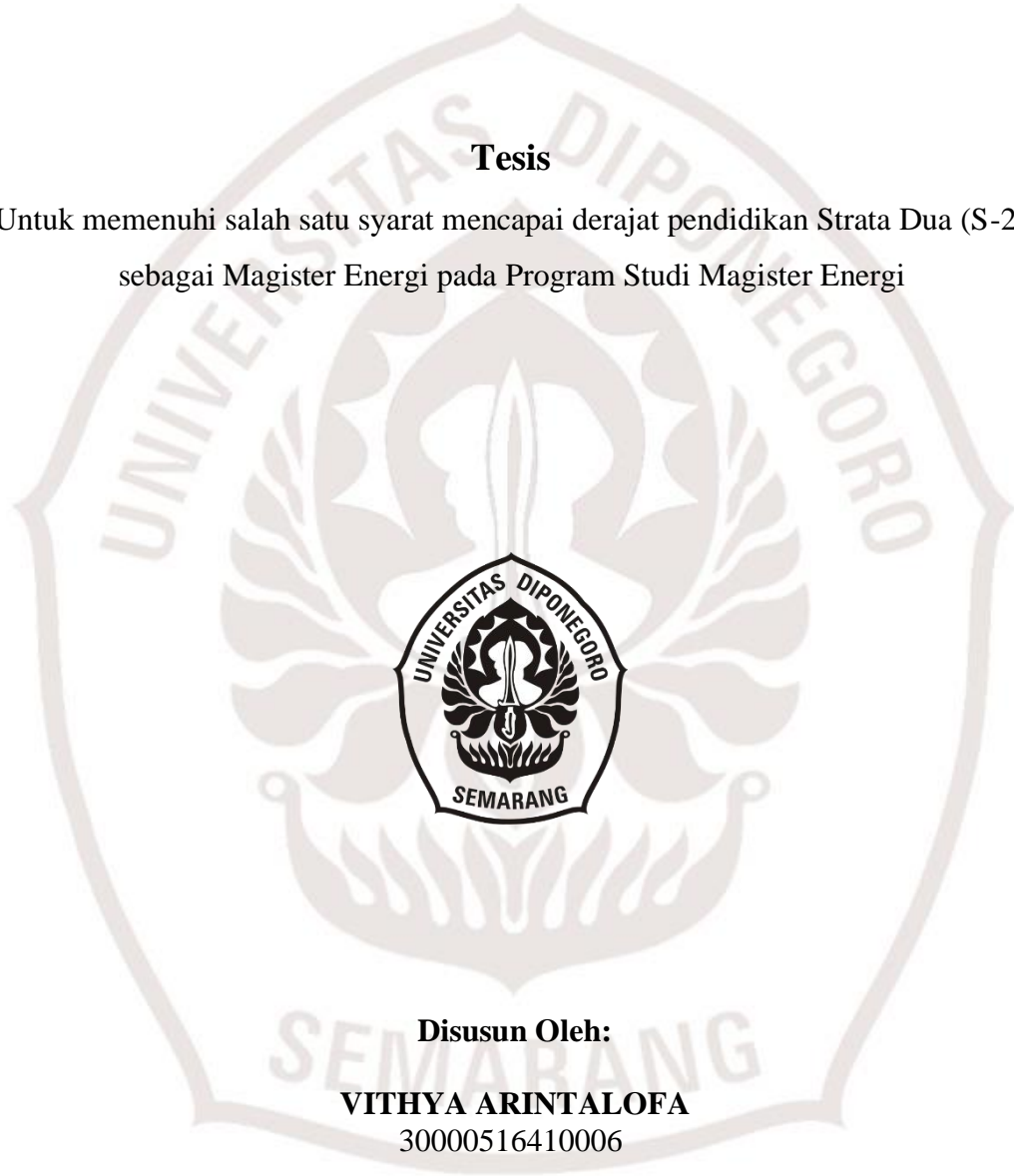


**INTERPRETASI BAWAH PERMUKAAN
LAPANGAN PANAS BUMI DIWAK DAN DEREKAN
KABUPATEN SEMARANG MENGGUNAKAN METODE HVSR**

Tesis

Untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat pendidikan Strata Dua (S-2)
sebagai Magister Energi pada Program Studi Magister Energi



Disusun Oleh:

VITHYA ARINTALOFA

30000516410006

SEKOLAH PASCASARJANA

PROGRAM STUDI MAGISTER ENERGI

SEKOLAH PASCASARJANA UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG

NOVEMBER 2020
PERSETUJUAN UJIAN TESIS


INTERPRETASI BAWAH PERMUKAAN
LAPANGAN PANAS BUMI DIWAK DAN DEREKAN
KABUPATEN SEMARANG MENGGUNAKAN METODE HVSR

Disusun oleh:


Vithya Arintalofa
30000516410006

Mengetahui,
Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing I


Dr. Gatot Yuniyanto, M.Si
NIP. 197207121997021001

Dosen Pembimbing II


Dr. Eng. Udi Harmoko, S.Si, M.Si
NIP. 197108101999031001

Ketua Program Studi
Magister Energi
Universitas Diponegoro

SEKOLAH PASCASARJANA

Dr. Jaka Windarta, M.T
NIP. 196405261989031002

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 13 November 2020

Materai
Rp 6000

Vithya Arintalofa

NIM. 30000516410006

SEKOLAH PASCASARJANA

**HALAMAN PENGESAHAN
TESIS**

*Interpretasi Bawah Permukaan Lapangan Panas Bumi Diwak dan Derekan
Kabupaten Semarang Menggunakan Metode HVSR*

Disusun Oleh:

Vithya Arintalofa
30000516410006

**Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji
Pada Tanggal 13 November 2020**

Tim Penguji,

Dosen Pembimbing I

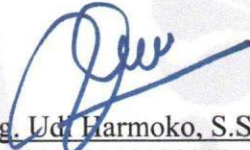


Dr. Gatot Yuliyanto, M.Si
NIP. 197207121997021001

Penguji I

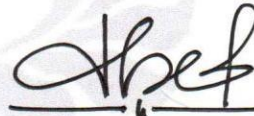
Dr. Ir. Jaka Windarta, M.T
NIP. 196405261989031002

Dosen Pembimbing II



Dr. Eng. Ud. Harmoko, S.Si, M.Si
NIP. 197108101999031001

Penguji II



Dr. Asep Yoyo Wardaya, M. Si
NIP. 197110021997021001

**Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Magister Energi
Tanggal 13 November 2020**

**Kaprodi Program Studi
Magister Energi**

**Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Diponegoro**

Dr. Jaka Windarta, M.T
NIP. 196405261989031002

Dr. R.B. Sularto, S.H, M. Hum
NIP. 196701011991031005

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim. Allahuakbar. Alhamdulillahirobbilamin segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tesis yang berjudul “Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Potensi Panas Bumi Diwak dan Derekan Kabupaten Semarang Menggunakan Metode HVSR”. Laporan tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Energi pada Program Studi Magister Energi, Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan ini penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membimbing dan memberikan saran dalam penyusunan laporan tesis ini yaitu kepada:

1. Dr. R.B. Sularto, S.H, M. Hum, selaku Dekan Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.
2. Dr. Jaka Windarta, M.T. selaku Ketua Program Studi Magister Energi Universitas Diponegoro Semarang.
3. Dr. Gatot Yulianto, M.Si. selaku Dosen Pembimbing pertama atas waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing mengerjakan penelitian ini.
4. Dr. Eng. Udi Harmoko, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing kedua atas waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing mengerjakan penelitian ini.
5. Bapak dan Ibu dosen Magister Energi yang telah memberikan pengajaran dan ilmu kepada penulis.
6. Keluarga besar Magister Energi terutama angkatan 2016, Orang Tua, Suami, anak, dan keluarga yang selalu mendukung serta mendoakan.

Akhir kata penulis memohon maaf apabila terdapat kekurangan dalam penulisan laporan tesis ini, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan guna penyempurnaan laporan tesis ini ke arah yang lebih baik. Semoga usaha penyusunan laporan ini memperoleh ridha dari Allah Subhanahu wa ta'ala. Aamiin.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
PERSETUJUAN UJIAN TESIS.....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang.....	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.4 Manfaat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.5 Originalitas Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB II.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Sistem Panas Bumi	Error! Bookmark not defined.
2.1.1 Sumber panas (<i>Heat source</i>).....	Error! Bookmark not defined.
2.1.2 Reservoir.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.3 Lapisan penudung (<i>Caprock</i>).....	Error! Bookmark not defined.
2.1.4 Struktur geologi (patahan, rekahan, dan ketidakselarasan)	Error!
Bookmark not defined.	
2.1.5 Daerah resapan air atau aliran air bawah permukaan (<i>recharge area</i>) dan daerah luahan (<i>discharge area</i>).....	Error! Bookmark not defined.
2.2 Jenis-jenis Sistem Panasbumi.....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Tipe Sistem Panas Bumi Di Indonesia	Error! Bookmark not defined.

2.3.1	Tipe vulkanik	Error! Bookmark not defined.
2.3.2	Tipe vulkano-tektunik.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.3	Tipe non-vulkanik.....	Error! Bookmark not defined.
2.4	Metode Geofisika	Error! Bookmark not defined.
2.4.1	Gelombang Seismik.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.2	Gelombang Badan (<i>Body Wave</i>).....	Error! Bookmark not defined.
2.5	Mikrotremor	Error! Bookmark not defined.
2.5.1	Metode HVSR (<i>Horizontal to Vertical Spectral Ratio</i>).....	Error! Bookmark not defined.
2.5.2	Frekuensi dominan.....	Error! Bookmark not defined.
2.5.3	Amplifikasi	Error! Bookmark not defined.
2.5.4	<i>Ellipticity Curve</i>	Error! Bookmark not defined.
	a. Densitas Batuan (ρ)	Error! Bookmark not defined.
	b. <i>Poisson's Ratio</i>	Error! Bookmark not defined.
2.5.5	Litologi.....	Error! Bookmark not defined.
2.6	Tinjauan Geologi Regional.....	Error! Bookmark not defined.
2.7	Patahan atau Sesar (<i>Fault</i>).....	Error! Bookmark not defined.
BAB III	.....	Error! Bookmark not defined.
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2	Jenis Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3	Kerangka Pikir Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.4	Ruang Lingkup Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.5	Jenis dan Sumber Data	Error! Bookmark not defined.
3.6	Teknik Pengumpulan Data	Error! Bookmark not defined.
3.6.1	Pengukuran Mikrotremor.....	Error! Bookmark not defined.
3.7	Teknik Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
3.7.1	Geopsy	Error! Bookmark not defined.
3.7.2	<i>Dinver</i>	Error! Bookmark not defined.
BAB IV	.....	Error! Bookmark not defined.

4.1	Analisis Mikrotremor	Error! Bookmark not defined.
4.1.1	Nilai Frekuensi Dominan (f_0).....	Error! Bookmark not defined.
4.1.2	Nilai Amplifikasi (A_0).....	Error! Bookmark not defined.
4.2	Analisis Nilai Profil Kecepatan Gelombang.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.1	<i>Ground Profile</i> dan Karakteristik Litologi Bawah Permukaan ...	Error! Bookmark not defined.
4.2.2	Rasio V_p/V_s	Error! Bookmark not defined.
4.3.	Analisis Kondisi Struktur Bawah Permukaan.....	Error! Bookmark not defined.
4.4.	Pemanfaatan dan Penerapan Energi Panas bumi.....	Error! Bookmark not defined.
BAB V	.....	Error! Bookmark not defined.
5.1	Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2	Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	.....	Error! Bookmark not defined.

SEMARANG

SEKOLAH PASCASARJANA

DAFTAR TABEL

- Tabel 1. 1 Ringkasan Penelitian Terdahulu**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2. 1 Klasifikasi Sistem Panasbumi Berdasarkan Suhu**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2. 2 Klasifikasi sistem panasbumi berdasarkan Hochstein (1990) ..**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2. 3 Klasifikasi Frekuensi Natural oleh Kanai, 1983**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2. 4 Klasifikasi Nilai Faktor Amplifikasi oleh Kanai (1983)**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2. 5 Nilai variasi densitas batuan (Telford et al., 1990)**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2. 6 Nilai kecepatan gelombang P (V_p) pada berbagai medium.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3. 1 Persyaratan teknis survei mikrotremor di lapangan**Error! Bookmark not defined.**

SEMARANG

SEKOLAH PASCASARJANA

DAFTAR GAMBAR

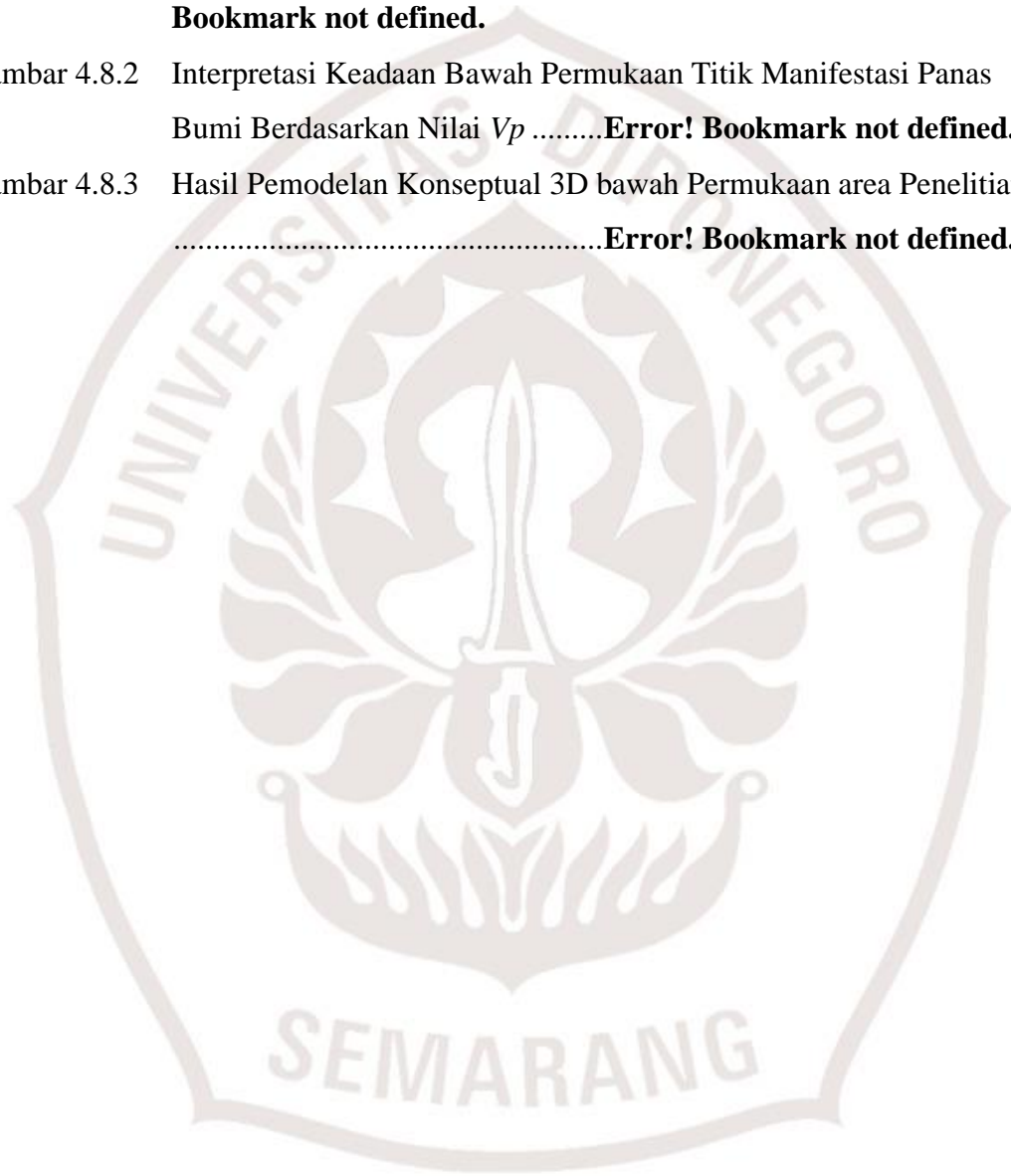
- Gambar 1. 1 Peta sebaran potensi panas bumi WKP Jawa Tengah..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 1 Model sistem panas bumi (Toth & Bobok, 2017)**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 2 Gelombang badan dan gelombang permukaan (Ammon, 2005)**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 3 Gelombang Primer (P), (Elnashai dan Sarno,2008)..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 4 Gelombang Sekunder (S), (Elnashai dan Sarno,2008)..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 5 Fisiografi Jawa dan Madura (van Bemmelen, 1949) **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.6 Peta Geologi Ungaran modifikasi dari (Thanden dkk, 1996) berdasarkan citra landsat TM satelit tahun 1996. Tanda segi empat berwarna kuning adalah lapangan panasbumi Diwak dan Derekan **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 7 a) Sesar normal/sesar turun (extention fault), b) sesar naik (reverse fault/contraction fault), c) sesar mendatar/geser (strike slip fault / transcurrent fault, wrench fault)**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 1 Lokasi penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 3 Peralatan dan perlengkapan penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 4 Peta Desain Survei**Error! Bookmark not defined.**

- Gambar 4.1 Peta Lokasi Penelitian Titik Pengukuran Mikrotremor**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.2 Contoh kurva H/V pada titik pengukuran DD-15**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.3 Peta Kontur Persebaran Nilai Frekuensi Dominan (f_0)**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.4 Peta Kontur Persebaran Nilai Faktor Amplifikasi (A_0)**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.5 Kurva Ellipticity Curve Pada Titik DD-15**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.6 Ground Profiles di Area Manifestasi berdasarkan Hasil Inversi Kurva H/V**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.7.1 Peta Kontur Persebaran Profil Nilai Vs di Permukaan**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.7.2 Model 3D distribusi nilai Vs**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.7.3 Model 3D distribusi nilai V_p **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.7.4 Cross Section K-K', Persebaran Nilai Vs dan V_p yang Melewati Manifestasi Panasbumi.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.7.5 Peta Kontur Persebaran Profil Nilai V_p/V_s di Permukaan...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.7.6 Model 3D distribusi nilai V_p/V_s ..**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.7.7 Peta Kontur Persebaran Profil Nilai V_p/V_s di Bawah Permukaan**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.7.8 Peta Kontur Persebaran Nilai Poisson's Ratio dipermukaan**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.7.9 Peta Kontur Persebaran Nilai Poisson's Ratio Dibawah Permukaan**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.8.1 Jenis Litologi Bawah Permukaan Area Manifestasi Panas Bumi menurut Tabel Klasifikasi Site Berdasarkan Nilai V_s **Error! Bookmark not defined.**

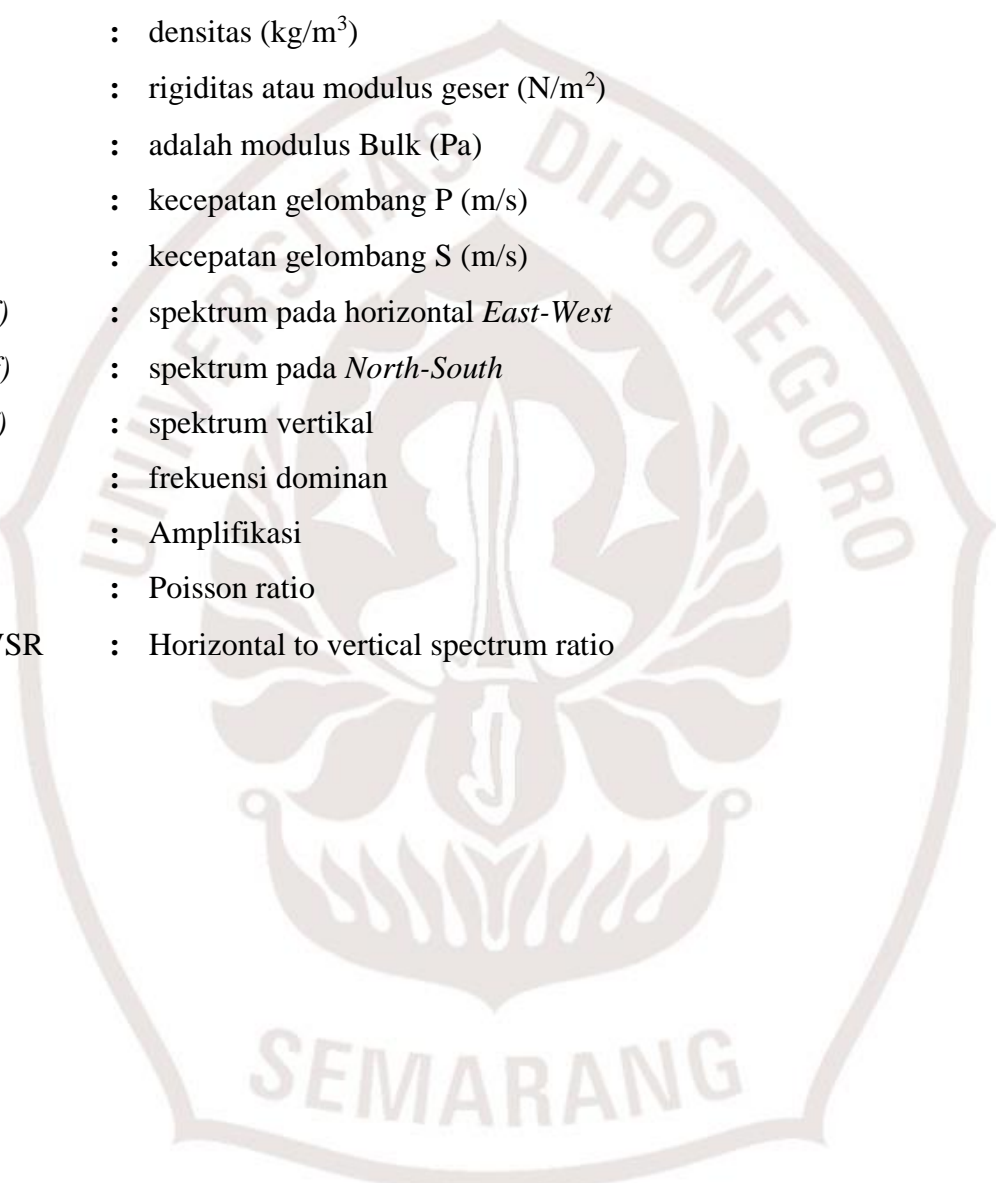
Gambar 4.8.2 Interpretasi Keadaan Bawah Permukaan Titik Manifestasi Panas Bumi Berdasarkan Nilai V_p **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.8.3 Hasil Pemodelan Konseptual 3D bawah Permukaan area Penelitian **Error! Bookmark not defined.**



SEKOLAH PASCASARJANA

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN



ρ	: densitas (kg/m^3)
μ	: rigiditas atau modulus geser (N/m^2)
k	: adalah modulus Bulk (Pa)
V_p	: kecepatan gelombang P (m/s)
V_s	: kecepatan gelombang S (m/s)
$E(f)$	: spektrum pada horizontal <i>East-West</i>
$N(f)$	: spektrum pada <i>North-South</i>
$Z(f)$	: spektrum vertikal
f_0	: frekuensi dominan
A_0	: Amplifikasi
σ	: Poisson ratio
HVSR	: Horizontal to vertical spectrum ratio

SEKOLAH PASCASARJANA

INTISARI

Penelitian ini dilaksanakan untuk menganalisis struktur bawah permukaan yang berada di lapangan manifestasi panas bumi Diwak dan Derekan dengan menggunakan metode *Horizontal Vertical Spectre Ratio* (HVSR). Data diperoleh dengan melakukan perekaman mikrotremor, yang menghasilkan nilai frekuensi dominan dan faktor amplifikasi untuk mendapatkan nilai kecepatan gelombang P (V_p) dan kecepatan gelombang S (V_s). Sebanyak 52 titik pengukuran dilakukan selama penelitian, adapun pengolahan data menggunakan perangkat lunak *Geopsy* dan *Surfer 13*.

Berdasarkan hasil pengolahan data mikrotremor dengan menggunakan metode HVSR diperoleh persebaran nilai frekuensi dominan di area penelitian berkisar antara 0.08 – 9.29 Hz dan sebaran nilai faktor amplifikasi nya yaitu antara 0.03 – 7.0, untuk sebaran nilai V_p antara 390 m/s hingga 4993 m/s dan untuk nilai V_s yaitu berkisar antara 190 m/s sampai dengan 3054 m/s, nilai V_p/V_s yaitu berkisar antara 1,63 sampai dengan 3,85 dan nilai *poisson ratio* berkisar antara 0,15 hingga 0,45.

Hasil interpretasi nilai kecepatan gelombang P dan gelombang S yang dimodelkan dalam bentuk 3 dimensi menggambarkan kondisi bawah permukaan area penelitian yang terdapat manifestasi panas bumi Diwak dan Derekan tersusun oleh beberapa lapisan jenis batuan, yaitu lapisan tanah penutup *soil*, *sand*, lapisan *alluvium*, lapisan berupa *clay*, lapisan *sandstone and shale*, dan lapisan yang berupa material *limestone*.

Kata kunci: *Mikrotremor, manifestasi panas bumi, diwak derekan, HVSR, poisson ratio, V_p/V_s*

SEKOLAH PASCASARJANA

ABSTRACT

This research aims carried out to analyze the subsurface structures located in the geothermal manifestation fields of Diwak and Derekan using the Horizontal Vertical Specter Ratio (HVSR) method. The data were obtained by recording microtremor, which resulted in the value of the dominant frequency and amplification factor to obtain the value of the P wave velocity (V_p) and the S wave velocity (V_s). A total of 52 measurement points was carried out during the study, while data processing used Geopsy and Surfer 13 software.

Based on the results of microtremor data processing using the HVSR method, the distribution of the dominant frequency values in the study area ranges from 0.08 - 9.29 Hz and the distribution of the amplification factor values is between 0.03 - 7.0, for the distribution of V_p values between 390 m / s to 4993 m/s and the V_s value, which is ranging from 190 m / s to 3054 m / s, the V_p / V_s value ranges from 1.63 to 3.85 and the Poisson ratio value ranges from 0.15 to 0.45.

The results of the interpretation of the velocity values of the P wave and the S wave which are in 3-dimensional model form illustrate the subsurface conditions of the research area where there are manifestations of geothermal energy. Its subsurface layers show of the sandstone and shale, and layers of limestone material.

Keywords: *Mikrotremor, geothermal manifestation, diwak derekan, HVSR, poisson ratio, V_p/V_s*

SEKOLAH PASCASARJANA