

**PEMODELAN TIGA DIMENSI AREA MANIFESTASI PANAS
BUMI SANGUBANYU BERDASARKAN DATA
MIKROTREMOR**

TESIS

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



Disusun Oleh:

**DWI SUDARMAWAN SUDJONO
NIM: 30000516410008**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ENERGI
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2019**

PERSETUJUAN UJIAN TESIS

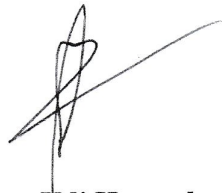
Yang bertanda tangan di bawah ini Dosen Pembimbing dari:

Mahasiswa : Dwi Sudarmawan Sudjono
NIM : 30000516410008
Program Studi : Magister Energi
Judul Seminar Hasil : PEMODELAN 3D AREA MANIFESTASI PANAS BUMI
SANGUBANYU, BERDASARKAN DATA
MIKROTREMOR

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut telah melaksanakan Ujian Proposal, Ujian Kemajuan Tesis dan Ujian Seminar Tesis sehingga menyetujui dan layak untuk melaksanakan Ujian Tesis.

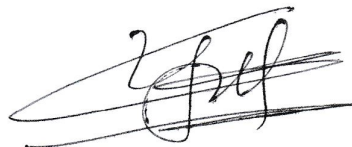
Semarang, 22 Juli 2019

Dosen Pembimbing I



Dr. Eng. Udi Harmoko, MSi
NIP. 19710810 1999031001

Dosen Pembimbing II



Dr. Gatot Yuliyanto, MSi
NIP. 197207121997021001

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, 22 Juli 2019



Dwi Sudarmawan Sudjono
NIM: 30000516410008

**HALAMAN PENGESAHAN
TESIS**

**PEMODELAN TIGA DIMENSI AREA MANIFESTASI PANAS
BUMI SANGUBANYU BERDASARKAN DATA
MIKROTREMOR**


Disusun Oleh:

**DWI SUDARMAWAN SUDJONO
NIM: 30000516410008**

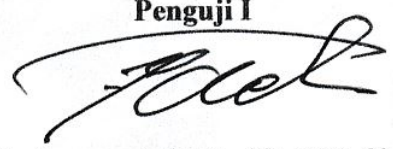
**Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji
Pada tanggal 6 Agustus 2019**

Tim Penguji,

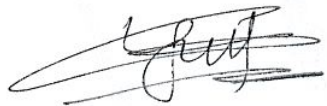
Dosen Pembimbing I


Dr. Eng. Udi Harmoko, MSi
NIP. 19710810 1999031001

Penguji I


Mochammad Facta, ST. MT. Ph.D
NIP. 197106161444031003

Dosen Pembimbing II

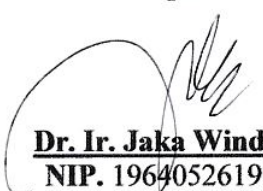

Dr. Gatot Yuliyanto, MSi
NIP. 197207121997021001

Penguji II


Dr. rer.nat. Thomas Triadi P, ST. M.Eng
NIP. 197712112005011002

**Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh
gelar Magister Energi tanggal 27 Agustus 2019**

**Ketua Program Studi
Magister Energi,**


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

**Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Diponegoro,**



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

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Mahasiswa : Dwi Sudarmawan Sudjono
NIM : 30000516410008
Program Studi : Magister Energi
Sekolah : Program Pascasarjana
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Non eksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

PEMODELAN TIGA DIMENSI AREA MANIFESTASI PANAS BUMI SANGUBANYU BERDASARKAN DATA MIKROTREMOR.

Beserta perangkat yang ada, dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Program Studi Magister Energi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*) merawat, dan mempublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Dibuat di: Semarang

Pada Tanggal: 7 Agustus 2019

Yang menyatakan,



Dwi Sudarmawan Sudjono

NIM: 30000516410008

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tesis yang berjudul “PEMODELAN TIGA DIMENSI AREA MANIFESTASI PANAS BUMI SANGUBANYU BERDASARKAN DATA MIKROTREMOR”. 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, memberi bantuan, arahan dan saran dalam penyusunan tesis ini, yaitu kepada:

1. Dr. R.B. Sularto, S.H, M.Hum, selaku Dekan Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro, Semarang
2. Dr. Ir. Jaka Windarta, MT, selaku Ketua Program Studi Magister Energi, Universitas Diponegoro
3. Dr. Eng. Udi Harmoko, MSi selaku Dosen Pembimbing Pertama yang memberikan masukan, bimbingan dan motivasi dalam penulisan dan penyusunan tesis ini
4. Dr. Gatot Yuliyanto, MSi, selaku Dosen Pembimbing Kedua, atas waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing penulis mengerjakan tesis
5. Pemerintah daerah dan masyarakat Desa Sangubanyu, Kecamatan Bawang, Kabupaten Batang dan pemerintah Desa Tirtomulyo, Kecamatan Plantungan, Kabupaten Kendal, Provinsi Jawa Tengah yang telah mengizinkan dan membantu penulis melakukan penelitian di Area air panas Sangubanyu
6. Bapak dan Ibu Dosen Magister Energi yang telah memberikan pengajaran yang sangat luar biasa kepada penulis
7. Mas Adi, Mas Wisnu dan Mas Teguh selaku Tim Survei Geofisika, FSM, Universitas Diponegoro atas waktu dan tenaganya dalam membantu penulis melakukan pengambilan data lapangan

8. Orang tua, Istri dan rekan – rekan mahasiswa Magister Energi, Universitas Diponegoro yang selalu memberikan do'a, dukungan dan semangat kepada penulis

Semoga segala bentuk bantuan yang telah diberikan mendapat balasan yang lebih dari Allah SWT.

Akhir kata penulis memohon maaf apabila masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tesis ini. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan guna penyempurnaan dan pengembangan laporan ini ke arah yang lebih baik. Mudah-mudahan usaha penyusunan laporan tesis ini memperoleh ridha dari Allah SWT. Aamiin.

Semarang, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN UJIAN TESIS	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Originalitas Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Sistem Panas Bumi	10
2.2 Mikrotremor	13
2.2.1 Metode HVSR (<i>Horizontal to Vertical Spectral Ratio</i>)	15
2.2.2 Frekuensi dominan	16
2.2.3 Amplifikasi	16
2.3 Tinjauan Geologi Regional.....	17
2.4 Geokimia	19
2.5 Geopsy	19
2.6 Dinver	20
2.7 Surfer	21
2.8 Rockworks	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	23
3.2 Jenis Penelitian	24
3.3 Kerangka Pikir Penelitian.....	24
3.4 Ruang Lingkup Penelitian	24
3.5 Jenis dan Sumber Data	26

3.6 Teknik Pengumpulan Data	26
3.6.1 Desain survei	28
3.6.2 Pengukuran mikrotremor.....	30
3.6.3 Survei geologi.....	31
3.7 Teknik Analisis Data	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Survei Geologi.....	33
4.2 Analisis Mikrotremor	35
4.3 Analisis Kecepatan Gelombang	38
4.4 Analisis Kondisi Bawah Permukaan	41
4.5 Pemanfaatan Energi.....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Sebaran potensi panas bumi per pulau (PUSDATIN ESDM, 2017).....	2
Tabel 1.2 Ringkasan penelitian terdahulu	7
Tabel 2.1 Nilai Kecepatan gelombang P pada berbagai medium (Burger, 1992)	15
Tabel 2.2 Klasifikasi nilai frekuensi menurut Kanai (Sitorus, 2017).....	17
Tabel 2.3 Klasifikasi nilai amplifikasi (Sitorus, 2017).....	17
Tabel 3.1 Rekomendasi pengukuran mikrotremor (SESAME, 2004).....	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Circum pasific “ <i>Ring of Fire</i> ” (USGS).....	1
Gambar 1.2	Peta sebaran potensi panas bumi Indonesia (PUSDATIN ESDM, 2017)	2
Gambar 2.1	Jenis-jenis manifestasi permukaan (Saptadji, 2002).....	10
Gambar 2.2	Perpindahan panas di bawah permukaan (Saptadji, 2002)	11
Gambar 2.3	Model konseptual sistem panas bumi vulkanik (Moeck, 2014)	13
Gambar 2.4	Fisiografi Jawa dan Madura (Van Bemmelen, 1949).....	18
Gambar 2.5	Geologi regional daerah penelitian	19
Gambar 2.6	Tampilan antarmuka <i>software</i> Geopsy versi 2.9.1	20
Gambar 2.7	Tampilan antarmuka perangkat lunak Dinver	21
Gambar 2.8	Tampilan antarmuka perangkat lunak Surfer 13.....	22
Gambar 2.9	Tampilan antarmuka perangkat lunak Rockworks 14	22
Gambar 3.1	Lokasi penelitian.....	23
Gambar 3.2	Diagram alir penelitian	25
Gambar 3.3	Peralatan dan perlengkapan	28
Gambar 3.4	Peta desain survei.....	30
Gambar 4.1	Peta lokasi Titik Pengukuran Mikrotremor	33
Gambar 4.2	Singkapan breksi vulkanik (a) BX-01 dan (b) BX-02	34
Gambar 4.3	Peta survei geologi.....	34
Gambar 4.4	Peta geologi area manifestasi panas bumi Sangubanyu.....	35
Gambar 4.5	Sinyal mikrotremor pada titik SB-39.....	36
Gambar 4.6	Kurva H/V pada titik SB-09	36
Gambar 4.7	(a) Peta sebaran nilai frekuensi dominan dan (b) sebaran nilai amplifikasi	37
Gambar 4.8	Ground profile hasil inversi pada titik SB-39.....	38
Gambar 4.9	Model 3D sebaran nilai V_S	39
Gambar 4.10	Model 3D sebaran nilai V_P	40
Gambar 4.11	Model 3D sebaran nilai V_P/V_S	40
Gambar 4.12	Penampang nilai kecepatan gelombang yang melewati mata air panas	41
Gambar 4.13	Interpretasi kondisi bawah permukaan berdasarkan nilai V_P	42
Gambar 4.14	Model konseptual 3D kondisi bawah permukaan	43
Gambar 4.15	Peta area potensi air panas	45

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Peta Penelitian	52
LAMPIRAN B	Foto Kegiatan Lapangan.....	62
LAMPIRAN C	Hasil Analisis Laboratorium.....	64

INTISARI

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menggambarkan model tiga dimensi sebaran nilai kecepatan gelombang P (V_P) dan kecepatan gelombang S (V_S) serta rasio V_P/V_S berdasarkan metode *Horizontal to Vertical Spectrum Ratio* (HVSr) dan kaitannya dengan kemunculan mata air panas di Desa Sangubanyu. Manifestasi panas bumi Sangubanyu terletak di Kecamatan Bawang, Kabupaten Batang, dan Kecamatan Plantungan, Kabupaten Kendal, Provinsi Jawa Tengah.

Metode HVSr digunakan dalam pengolahan data mikrotremor yang menghasilkan nilai frekuensi dominan dan faktor amplifikasi kemudian dilakukan inversi pada kurva H/V melalui *software* Dinver untuk mendapatkan nilai kecepatan gelombang P dan kecepatan gelombang S. Hasil pengolahan data mikrotremor dengan menggunakan metode HVSr diperoleh sebaran nilai frekuensi dominan di area penelitian antara 0,62 - 0,73 Hz dan nilai faktor amplifikasi 1,09 - 1,39, hasil inversi pada kurva H/V diperoleh sebaran nilai V_P antara 131,76 m/s hingga 2.181,19 m/s, nilai V_S antara 76,61 hingga 1.129,42 m/s, dan rasio V_P/V_S 1,64 – 3,35.

Berdasarkan hasil analisis dan interpretasi kecepatan gelombang, kondisi bawah permukaan area manifestasi Sangubanyu tersusun oleh *soil* atau lapisan tanah penutup dengan nilai V_P antara 0 – 350 m/s, ketebalan lapisan 3 – 30 m, *weathered layered* dengan nilai V_P antara 350 – 500 m/s, ketebalan lapisan antara 5 – 80 m, *sand and gravel (saturated)* dengan nilai V_P antara 500 – 1.000 m/s, ketebalan lapisan berkisar 20 – 100 m, dan lapisan paling bawah yaitu *sand (saturated)* dengan nilai V_P antara 1.000 – 2.200 m/s dengan ketebalan antara 75 – 150 m, terdapat sesar normal dengan arah relatif baratlaut – tenggara, blok selatan relatif turun dari blok utara, sesar yang berkembang memicu munculnya mata air panas di area penelitian. Energi panas bumi yang tersedia dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai tempat pemandian air panas dan pengeringan produk pertanian.

Kata kunci: Manifestasi panas bumi, mikrotremor, HVSr, V_P/V_S , sangubanyu

ABSTRACT

The aims of this study is to describe the 3D model of the distribution of P wave velocity (V_P) and S wave velocity (V_S) value and V_P/V_S ratio based on microtremor Horizontal to Vertical Spectrum Ratio (HVSR) method and its relationship with the appearance of hot spring at Sangubanyu Village. Geothermal manifestations in the Sangubanyu area are located in Bawang sub-district, Batang regency, and Plantungan sub-district, Kendal regency, Central Java province.

HVSR method is used to process microtremor data which produces the dominant frequency value and amplification factor then do inversion using Dinver on the H/V curve to get the value of the P wave velocity and S wave velocity. The results of the microtremor HVSR processing obtained the distribution of the dominant frequency values in the study area between 0.62 to 0.73 Hz and amplification factor values 1.09 to 1.39, the inversion results on the H/V curve obtained the distribution of V_P values between 131.76 m/s to 2,181.19 m/s, V_S values between 76.61 to 1,129.42 m/s, V_P/V_S ratio 1.64 – 3.35.

Based on the analysis and interpretation of the wave velocity, the subsurface conditions of the Sangubanyu manifestation area are composed of soil with a V_P value between 0 - 350 m/s, thickness of 3 - 30 m, weathered layered with a V_P value between 350 - 500 m/s, thickness is between 5 - 80 m, sand and gravel (saturated) with a V_P value between 500-1,000 m/s, thickness of the layer ranges from 20 - 100 m, and the lowest layer is sand (saturated) with a V_P value between 1,000 - 2,200 m/s with thickness between 75 - 150 m, there were normal faults with relative direction is northwest – southeast, southern blocks relatively downthrown of the northern blocks, that cause the appearance of hot springs. The available geothermal energy can be used directly as a place for bathing and drying agricultural products.

Keywords: *Geothermal manifestation, microtremor, HVSR, V_P/V_S , sangubanyu*