

**ANALISIS BAWAH PERMUKAAN DAERAH REMBESAN MINYAK  
PADA KAWASAN MANIFESTASI PANAS BUMI SANGUBANYU  
MENGUNAKAN 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:**

**FATMA**  
30000516410007

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

Desember 2019

## PERSETUJUAN UJIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini Dosen Pembimbing dari:

Nama Mahasiswa : Fatma  
NIM : 3000516410007  
Program Studi : Magister Energi  
Judul Tesis : Analisis Bawah Permukaan Daerah Rembesan Minyak  
pada Kawasan Manifestasi Panas Bumi Sangubanyu  
Menggunakan Metode HVSR

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

Semarang, 2 Oktober 2019

Dosen Pembimbing I



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

NIP. 197108101999031001

Dosen Pembimbing II



Dr. Gatot Yulivanto, M.Si

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, 13 Desember 2019



Fatma

NIM. 30000516410007

**HALAMAN PENGESAHAN**

**TESIS**

*Analisis Bawah Permukaan Daerah Rembesan Minyak pada Kawasan  
Manifestasi Panas Bumi Sangubanyu Menggunakan Metode HVSR*

**Disusun Oleh:**

Fatma  
30000516410007

**Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji  
Pada Tanggal 13 Desember 2019**

**Tim Penguji,**

**Dosen Pembimbing I**



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

**Penguji I**



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

**Dosen Pembimbing II**



Dr. Gatot Yuliyanto, M.Si  
NIP. 197207121997021001

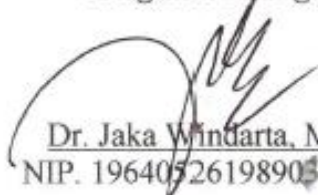
**Penguji II**



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

**Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh  
gelar Magister Energi  
Tanggal 13 Desember 2019**

**Kaprodi Program Studi  
Magister Energi**



Dr. Jaka Windarta, M.T  
NIP. 196405261989031002

**Dekan Sekolah Pascasarjana  
Universitas Diponegoro**



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

**PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Fatma  
NIM : 30000516410007  
Program Studi: Magister Energi  
Sekolah : Program Pascasarjana  
Jenis Karya : Tesis

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

**Analisis Bawah Permukaan Daerah Rembesan Minyak pada Kawasan  
Manifestasi Panas Bumi Sangubanyu Menggunakan Metode HVSR**

Beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Program Studi Magister Energi Sekolah Pascasarja 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: 13 Desember 2019  
Yang menyatakan



Fatma  
NIM. 30000516410007

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim. Allahuakbar. Alhamdulillahirobbilamin atas segala nikmat dan kemudahan yang telah Allah Azza Wajalla berikan kepada penulis dalam menyusun dan menyelesaikan laporan tesis berjudul “Analisis Bawah Permukaan Daerah Rembesan Minyak Pada Kawasan Manifestasi Panas Bumi Sangubanyu Menggunakan Metode HVSR”. Laporan tesis ini adalah syarat dalam mendapatkan 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. Eng. Udi Harmoko, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing pertama atas waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing mengerjakan penelitian ini.
4. Dr. Gatot Yulianto, 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.
7. Orang Tua, Suami, anak, dan keluarga yang mendukung dan selalu mendoakan.

Penulis menyadari bahwa laporan tesis ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik serta saran yang membangun dari segala pihak guna perbaikan laporan tesis ini. Terima Kasih.

Semarang, Desember 2019

Penyusun

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Persetujuan Ujian Tesis.....	ii
Pernyataan Orisinalitas.....	iii
Halaman Pengesahan .....	iv
Pernyataan Persetujuan .....	v
Kata Pengantar .....	vi
Daftar Isi.....	vii
Daftar Tabel .....	ix
Daftar Gambar.....	x
Daftar Lampiran .....	xi
Intisari .....	xii
<i>Abstract</i> .....	xiii
Bab I Pendahuluan.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Originalitas Penelitian .....	5
Bab II Tinjauan Pustaka.....	10
2.1. Geologi Regional.....	10
2.2. Sesar ( <i>fault</i> ) .....	12
2.3. Rembesan Hidrokarbon .....	14
2.3.1. Klasifikasi Rembesan Minyak Bumi .....	14
2.3.2. Sistem Rembesan Hidrokarbon .....	17
2.3.3. Potensi Hidrokarbon pada Daerah Subvolkanik Serayu Utara .....	19
2.4. Mikrotremor .....	20
2.5. Metode <i>Horizontal to Vertical Spectral Ratio</i> (HVSr) .....	22
2.6. Perangkat Lunak.....	23
2.6.1. Geopsy .....	23
2.6.2. Dinver .....	24
2.6.3. Surfer .....	25
2.6.4. Rockworks .....	26
Bab III Metodologi Penelitian.....	27
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	27
3.2. Jenis Penelitian .....	27
3.3. Alat-alat Penelitian .....	28
3.4. Diagram Alir Penelitian.....	28
3.5. Ruang Lingkup Penelitian .....	29
3.6. Jenis dan Sumber Data .....	30
3.7. Teknik Analisis Data .....	30

Bab IV Hasil dan Pembahasan .....	32
4.1. Pengukuran dan Pengolahan Data .....	32
4.2. Analisis Nilai Kecepatan Gelombang .....	33
4.2.1. Analisis secara Vertikal .....	34
4.2.2. Analisis secara Horizontal .....	39
4.3. Analisis Vp/Vs di Jalur Rembesan Minyak.....	40
4.4. Sistem Rembesan Minyak .....	41
Bab V Kesimpulan dan Saran .....	43
5.1. Kesimpulan.....	43
5.2. Saran.....	44
Daftar Pustaka .....	45
Lampiran .....	48



## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Ringkasan penelitian terdahulu .....	6
Tabel 2.1 Nilai $V_p$ pada berbagai medium (Burger, 1992) .....	22
Tabel 2.2 Klasifikasi site berdasarkan nilai $V_s$ hasil penyelidikan tanah dan laboratorium (Badan Standarisasi Nasional, 2012) .....	22
Tabel 3.1 Alat penelitian yang digunakan .....	28

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta penyebaran rembesan minyak di Indonesia bagian barat .....	1
Gambar 1.2	Rembesan minyak di Pulau Jawa .....	3
Gambar 2.1	Sketsa Peta Fisiografi Jawa Tengah.....	11
Gambar 2.2	Daerah penelitian berdasarkan Peta Geologi Lembar Banjarnegara-Pekalongan, Jawa (1996) .....	12
Gambar 2.3	Peta geologi area manifestasi panas bumi Sangubanyu .....	12
Gambar 2.4	Jenis patahan (sesar) .....	13
Gambar 2.5	Jenis rembesan minyak bumi akibat homoklin yang tererosi atau tersingkap.....	15
Gambar 2.6	Rembesan minyak yang berasosiasi dengan lapisan dan formasi tempat minyak terbentuk .....	15
Gambar 2.7	Rembesan minyak yang keluar sepanjang ketidakselarasan dan patahan.....	16
Gambar 2.8	Rembesan yang berasosiasi dengan intrusi .....	17
Gambar 2.9	Tektonik gravitasi dari selatan hingga Serayu Utara dengan ditutupi gunung berapi.....	19
Gambar 2.10	Tampilan antar muka perangkat lunak Geopsy .....	24
Gambar 2.11	Tampilan antar muka perangkat lunak Dinver .....	25
Gambar 2.12	Tampilan pembuka perangkat lunak Surfer .....	25
Gambar 2.13	Tampilan pembuka perangkat lunak Rockworks .....	26
Gambar 3.1	Lokasi daerah penelitian dengan titik pengukuran mikrotremor...	27
Gambar 3.2	Diagram alir penelitian .....	29
Gambar 3.3	Alur pengolahan data untuk mendapatkan H/V .....	31
Gambar 4.1	Rembesan minyak yang terjadi di kawasan manifestasi panas bumi Sangubanyu pada titik OS1 (a) dan OS2 (b) .....	32
Gambar 4.2	Alur pengolahan data untuk mendapatkan nilai Vp dan Vs .....	33
Gambar 4.3	Model 3D sebaran nilai Vp (a), dan Vs (b) .....	34
Gambar 4.4	Peta kontur dengan jalur sayatan selatan-utara .....	34
Gambar 4.5	Hasil sayatan nilai Vp dari arah selatan menuju utara.....	35
Gambar 4.6	Hasil sayatan nilai Vs dari arah selatan menuju utara .....	36
Gambar 4.7	Peta kontur dengan jalur sayatan barat-timur .....	36
Gambar 4.8	Hasil sayatan nilai Vp dari arah barat menuju timur .....	37
Gambar 4.9	Hasil sayatan nilai Vs dari arah barat menuju timur .....	38
Gambar 4.10	Pesebaran nilai Vp dan Vs pada elevasi 500 meter .....	39
Gambar 4.11	Peta kontur dengan jalur sayatan A-A' melintasi dua titik rembesan minyak .....	40
Gambar 4.12	Penampang sayatan A-A' terhadap rasio Vp/Vs .....	41

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Peta Penelitian .....	49
Lampiran B. Hasil Analisis .....	53
Lampiran C. Kegiatan di Area Penelitian .....	59
Lampiran D. Hasil Uji Sampel Laboratorium.....	61

## INTISARI

Kawasan manifestasi panas bumi Sangubanyu yang terletak di Desa Sangubanyu, Kecamatan Bawang, Kabupaten Batang, Jawa Tengah selain memiliki mata air panas juga terdapat rembesan minyak yang saling berdekatan. Rembesan minyak bumi yang terjadi di Sangubanyu telah diketahui kemunculannya sejak tahun 1971 dan masih menghasilkan rembesan minyak hingga sekarang. Pada daerah penelitian ditemukan dua titik rembesan minyak bumi dan untuk mengetahui penyebab terjadinya rembesan diperlukan analisis bawah permukaan dengan melakukan perekaman data mikrotremor di 63 titik. Metode HVSR adalah metode yang digunakan untuk mengolah data mikrotremor, dengan demikian didapatkan nilai Kecepatan gelombang kompresi (Vp), Kecepatan gelombang geser (Vs) dan ratio Vp/Vs. Melalui interpretasi sebaran nilai Vp dan Vs ditemukan adanya dua sesar normal berarah barat laut-tenggara dan barat daya-timur laut. Dipredikasi kedua patahan yang saling memotong ini membentuk porositas sekunder dan meningkatkan permeabilitas sehingga menjadi jalur migrasi munculnya minyak ke permukaan.

Nilai Vp 0-350 m/s ialah lapisan *soil* dengan ketebalan 1-30 m, lapisan berikutnya dengan Vp 300-700 m/s yaitu *weatherd layer* dengan ketebalan mencapai 2-170 meter, lalu *sand-gravel (saturated)* dengan Vp 700-1500 m/s ketebalan 10-110 meter diinterpretasikan sebagai breksi vulkanik tersaturasi, lapisan selanjutnya ialah *sand (saturated)* dengan nilai Vp 1500-2200 m/s dengan ketebalan 10-180 m, dan lapisan terakhir ialah *clay* atau lempung dengan Vp >2.200 dengan prediksi ketebalan yang tidak diketahui. Vs berkisar 0-175 m/s berupa tanah lunak ketebalan sekitar 1-38 m, nilai Vs 175-350 m/s berupa tanah sedang dengan ketebalan sekitar 2-170 m, nilai Vs 350-750 m/s berupa tanah padat dan batuan lunak dengan ketebalan 7 hingga 142 m, nilai Vs berkisar dari 750-1500 m/s dengan ketebalan 80 sampai 181 m ialah berupa batuan, dan terakhir batuan keras dengan nilai Vs lebih dari 1500 m/s dengan ketebalan tak terdeteksi.

**Kata kunci:** *Manifestasi panas bumi, Rembesan minyak bumi, Mikrotremor, HVSR, Sangubanyu, Kecepatan gelombang kompresi, Kecepatan gelombang geser, Vp/Vs*

## **ABSTRACT**

*Sangubanyu Geothermal manifestation that located in Sangubanyu, Bawang Subdistric, Batang Regency, Central Java besides having some hot springs also has oil seepages which are closed together. These oil seepages has been known since 1971 and still produces seepage until today. In study area there are two seepages that accours to the surface and to understand the cause of these seepages, subsurface structure analysis is needed with recording microtremor data at 63 points. HVSR method is a method used to process microtremor data, therefore it could find value of Compressional wave velocity ( $V_p$ ), Shear wave velocity ( $V_s$ ), and  $V_p/V_s$  ratio. Through  $V_p$  and  $V_s$  value interpretation are obtained two normal faults that intersect each other, these are northwest-southeast and southwest-northeast. These normal faults are predicted formed a secondary porosity and increased permeability and made a migration path to the surface.*

*Value of  $V_p$  0-350 m/s is soil layer with a thickness of 1-30 m, next layer with  $V_p$  300-700 m/s is weatherd layed, a thickness of 2-170 m, than sand-gravel (saturated) layer with  $V_p$  700-1500 m/s, the thickness is 10-110 m that interpreted as a saturated volcanic breccia, layer afterwards is sand (saturated) with  $V_p$  1500-2200 m/s and thickness is 10-180 m, and the last layer is clay with  $V_p > 2200$  m/s with unknown thickness.  $V_s$  0-175 m/s is soft soil with thickness 1-38 m,  $V_s$  175-350 m/s is medium soil with thickness 2-170 m,  $V_s$  350-750 m/s is solid soil and soft rock with thickness 7-142 m/s,  $V_s$  750-1500 m/s with thickness 80 until 181 m/s is rock, and the last is hardrock with  $V_s$  more than 1500 m/s and the thickness is unknown.*

**Keywords:** *Geothermal manifestation, Oil seepage, Microtremor, HVSR, Sangubanyu, Compressional wave velocity, Sheare wave velocity,  $V_p/V_s$  ratio.*