

**ANALISIS MULTIATRIBUT PADA FREKUENSI RENDAH  
METODE PASIF SEISMIK UNTUK INDIKASI KEBERADAAN  
HIDROKARBON STUDI KASUS LAPANGAN “PS” DAERAH  
CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA**

SKRIPSI



Oleh :

Mi'rajjul Muminina

NIM : 08021281520074

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2019**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**ANALISIS MULTIATRIBUT PADA FREKUENSI RENDAH**  
**METODE PASSIVE SEISMIK UNTUK INDIKASI KEBERADAAN**  
**HIDROKARBON STUDI KASUS LAPANGAN “PS” DAERAH**  
**CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA**

**SKRIPSI**

Bidang Studi : Fisika

Diajukan Oleh :

**Mi'rajjul Muminina**

08021281520074

Indralaya, 25 Juli 2019

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing II



Dr. Menik Ariani, M.Si.

NIP : 19721125 2000122001

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I



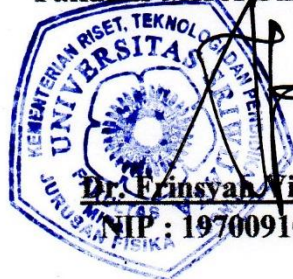
Dr. Azhar Kholiq Affandi

NIP.196109151989031003

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika

Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya



Dr. Erinsyah Virgo, S.Si., M.T.

NIP : 197009101994121001

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji Syukur Kehadirat Allah SWT, berkat Rahmat dan hidayahNya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul ” **Analisis Multiatribut Pada Frekuensi Rendah Metode Passive Seismik untuk Indikasi Keberadaan Hidrokarbon Studi Kasus Lapangan PS Daerah Cekungan Jawa Timur Utara**”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk melengkapi salah satu syarat Sarjana di Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya. Penulis menyadari bahwa selesainya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, maka perkenankanlah penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga penulis, Ayah, Ibu, Kakak dan Adik yang senantiasa memberikan dukungan kepada penulis.
2. Forum Komunitas Do'a Bangsa yang senantiasa memberikan arahan dan dukungan kepada penulis.
3. Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
5. Dr. Azhar Kholiq Affandi selaku Pembimbing pertama Tugas Akhir di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
6. Dr. Menik Ariani, M.Si. selaku Pembimbing ke dua Tugas Akhir di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya
7. Bapak Boko Nurdiyanto, selaku pembimbing yang senantiasa memberi arahan dan masukan selama melakukan penelitian.
8. Mas Ihsan A. Yunandra selaku pembimbing kedua yang dengan senang hati dan murah hati bersedia memberi masukan dan arahan selama melakukan penelitian.
9. Seluruh dosen Jurusan Fisika FMIPA Unsri, yang telah memberi banyak ilmu.
10. Teman grup mentoring wisuda ( Febri, Ivan, Kyagus, Dian, Nyayu, Cindy) yang dapat mewarnai kehidupan kampus penulis.
11. Teman Rifki A, Nanda S. Dan teman Fisika FMIPA Unsri angkatan 2015 yang dapat mewarnai kehidupan kampus penulis.

12. Teman anggota organisasi HIMAFIA, AAPG, IMGF, HMGI yang senantiasa memberikan pengalaman organisasi.
13. Asisten Lab Fisika Dasar yang senantiasa memberikan pengalaman mengajar
14. Seluruh staf Tata Usaha Jurusan Fisika FMIPA Unsri, yang telah memberi banyak bantuan dalam proses administrasi.
15. Seluruh pihak yang telah memberi bantuan dalam penyusunan Skripsi yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Semoga segala kebaikan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis dibalas oleh Allah SWT dan bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Indralaya, 11 Juli 2019

Penulis,

Mi'rajjul Muminina

NIM. 08021281520074

## DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	2
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	3
<b>BABA II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1. Gelombang Seismik</b> .....	4
<b>2.1.1. Gelombang Badan</b> .....	4
<b>2.1.1. Gelombang Permukaan</b> .....	5
<b>2.2. Mekanisme Sumber Sinyal Hidrokarbon Mikrotremor</b> .....	7
<b>2.3. <i>Microseismic for Hydrocarbon Detection and Identification</i></b> .....	8
<b>2.4. <i>Proccesing Signal</i></b> .....	9
<b>2.4.1. <i>Noise dan Window</i></b> .....	10
<b>2.4.2. <i>Filtering dan Smoothing</i></b> .....	11
<b>2.4.3. Transformasi Fourier</b> .....	12
<b>2.4.4. <i>Power Spectral Density (PSD)</i></b> .....	13
<b>2.5. Multiatribut Sinyal Hidrokarbon Mikrotremor</b> .....	14
<b>2.5.1. Atribut Spektrum PSD</b> .....	14
<b>2.5.2. Atribut Rasio Spektrum V/H</b> .....	16

<b>BAB III METODELOGI PENELITIAN.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1. Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2. Tahap Penelitian .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.1 Data Mikrotremor.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2.2. Data Kalibrasi .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2.3. Data <i>Time Structure</i>.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3. Perangkat Lunak.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4. Pengolahan Data Mikrotremor.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4.1. Pengolahan Data Atribut Spektrum PSD .....</b>	<b>20</b>
<b>3.4.2. Pengolahan Data Rasio Spektrum V/H.....</b>	<b>26</b>
<b>3.5. Pengolahan Data Kalibrasi.....</b>	<b>28</b>
<b>2.6. Pengolahan Data <i>Time Structure</i> .....</b>	<b>29</b>
<b>3.7. Flowchart Penelitian .....</b>	<b>29</b>
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1. Identifikasi Kualitas Data.....</b>	<b>31</b>
<b>4.2. Data Kalibrasi Alat .....</b>	<b>32</b>
<b>4.3. Pemetaan <i>Time Structure</i> .....</b>	<b>33</b>
<b>4.4. Peta Penyebaran Atribut <i>Power Spectral Density</i> (PSD) .....</b>	<b>34</b>
<b>4.5. Peta Penyebaran Atribut Rasio V/H .....</b>	<b>38</b>
<b>4.6. Peta Penyebaran Nilai Frekuensi.....</b>	<b>40</b>
<b>4.7. Grafik <i>Cut Off Data</i>.....</b>	<b>41</b>
<b>4.8. Peta <i>Direct Hydrocarbon Indicator</i> (DHI).....</b>	<b>44</b>
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>51</b>
<b>5.1. Kesimpulan .....</b>	<b>51</b>
<b>5.2. Saran.....</b>	<b>51</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>52</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>55</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Spektrum Survey Seismic di Brazil .....	1
Gambar 2.1. Penjalaran Gelombang P .....	4
Gambar 2.2. Penjalaran Gelombang S .....	5
Gambar 2.3. Penjalaran Gelombang Rayleigh .....	6
Gambar 2.4. Penjalaran Gelombang Love .....	6
Gambar 2.5. Ilustrasi Fenomena Mikrotremor Hidrokarbon .....	8
Gambar 2.6. Contoh Karakteristik Spektrum dan sumbernya .....	10
Gambar 2.7. Contoh Data Mentah Tipe <i>Time Series</i> .....	11
Gambar 2.8. Ilustrasi pengaruh <i>Taper Length</i> pada window <i>Turkey</i> .....	12
Gambar 2.9. <i>Konno and Ohmachi Smoothing</i> .....	12
Gambar 2.10 Ilustrasi Atribut PSD 3 Hz dan PSD-IZ .....	15
Gambar 2.11. Ilustrasi atribut V/H maksimum .....	16
Gambar 3.1. Lokasi Penyebaran Titik Pengukuran .....	18
Gambar 3.2. Contoh <i>Raw Data</i> Mikrotremor .....	19
Gambar 3.3. Contoh <i>Raw Data</i> Kalibrasi .....	20
Gambar 3.4. <i>Flowchart</i> Analisis Atribut PSD .....	21
Gambar 3.5. Proses Pemotongan Sinyal .....	22
Gambar 3.6. Proses Filter Sinyal .....	23
Gambar 3.7. Proses <i>smoothing</i> Sinyal.....	23
Gambar 3.8. Proses <i>Windowing Signal</i> .....	23
Gambar 3.9. Ilustrasi Integral PSD .....	24
Gambar 3.10. Ilustrasi PSD.....	25
Gambar 3.11. <i>Flowchart</i> analisis atribut V/H.....	26
Gambar 3.12. Ilustrasi VH .....	27
Gambar 3.13. <i>Flowchart</i> Penelitian .....	30
Gambar 4.1. Pengelompokan Kualitas Data .....	31
Gambar 4.2. Peta Penyebaran Kualitas Data .....	32
Gambar 4.3. Grafik Kalibrasi Tahun 2014.....	33
Gambar 4.4. Grafik Kalibrasi tahun 2015 .....	33

Gambar 4.5. Pemetaan <i>time structure</i> di lapangan PS .....	34
Gambar 4.6. <i>Major Profile Time Structure</i> .....	34
Gambar 4.7. Peta Distribusi PSD pada frekuensi Dominan.....	35
Gambar 4.8. Peta Distribusi PSD pada frekuensi 1-6 Hz .....	35
Gambar 4.9. Peta Distribusi PSD pada frekuensi 3 Hz.....	36
Gambar 4.10 Peta Distribusi Integral- Z PSD .....	36
Gambar 4.11. Peta Distribusi Integral PSD Frekuensi 1-6 Hz.....	37
Gambar 4.12. Peta Penyebaran V/H Frekuensi Dominan.....	38
Gambar 4.13. Peta Penyebaran V/H Frekuensi 1-6 Hz .....	38
Gambar 4.14. Peta Penyebaran V/H Frekuensi 3 Hz .....	39
Gambar 4.15. Peta Penyebaran V/H=1 Frekuensi 1-6 Hz .....	39
Gambar 4.16. Peta Penyebaran Frekuensi Pada Atribut PSD Dominan .....	40
Gambar 4.17. Grafik <i>Cut Off</i> PSD Frekuensi Dominan .....	41
Gambar 4.18. Grafik <i>Cut Off</i> PSD Frekuensi 1-6 Hz .....	42
Gambar 4.19. Grafik <i>Cut Off</i> PSD Frekuensi 3 Hz.....	42
Gambar 4.20. Grafik <i>Cut Off</i> Integral PSD Total .....	43
Gambar 4.21. Grafik <i>Cut Off</i> Integral PSD Frekuensi 1-6 Hz.....	43
Gambar 4.22. <i>Direct Hydrocarbon Indicator</i> PSD Frekuensi 1-6 Hz .....	44
Gambar 4.23. <i>Direct Hydrocarbon Indicator</i> Integral PSD Frekuensi 1-6 Hz.....	45
Gambar 4.24. <i>Direct Hydrocarbon Indicator</i> VH Frekuensi 1-6 Hz.....	45
Gambar 4.25. <i>Direct Hydrocarbon Indicator</i> Integral V/H=1.....	46
Gambar 4.26. Peta Penyebaran DHI .....	47
Gambar 4.27. Peta DHI PSD Frekuensi 1-6 Hz dikorelasi dengan <i>Time Structure</i> .....	48
Gambar 4.28. Peta DHI Integral PSD dikorelasi dengan <i>Time Structure</i> .....	48
Gambar 4.29. Peta DHI V/H Frekuensi 1-6 Hz dikorelasi dengan <i>Time Structure</i> .....	49
Gambar 4.30. Peta DHI Integral V/H=1 dikorelasi dengan <i>Time Structure</i> .....	49
Gambar 4.31. Peta Penyebaran DHI dikorelasi <i>Time Structure</i> .....	50



**ANALISIS MULTIATRIBUT PADA FREKUENSI RENDAH METODE PASIF  
SEISMIK UNTUK INDIKASI KEBERADAAN HIDROKARBON STUDI KASUS  
LAPANGAN “PS” DAERAH CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA**

Oleh:

**Mirajjul Muminina**

08021281520074

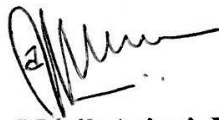
**ABSTRAK**

Data mikrotremor yang direkam pada bidang reservoir hidrokarbon terbukti menunjukkan karakteristik anomali spektral pada frekuensi rendah antara 1 - 6 Hz. Anomali spektral ini disebut sebagai sinyal hidrokarbon mikrotremor (HM). Analisis anomali spektral ini telah digunakan sebagai teknik untuk memberikan informasi tentang keberadaan reservoir hidrokarbon atau indikator hidrokarbon langsung (DHI). Dalam tulisan ini, metode ini digunakan di ladang minyak di Cekungan Jawa Timur Utara. Rasio spektral vertikal-ke-Horizontal (V/H) dan analisis *Power Spectral Density* (PSD) dipelajari di daerah tersebut. Ada 53 stasiun dengan satu stasiun produksi hidrokarbon terbukti di antara mereka. Dan memetakan setiap nilai atribut dan menginterpretasikan hasil berdasarkan *power spectral density* dan rasio atribut V / H dan juga dikorelasikan dengan data struktur waktu. Untuk hasilnya, setiap stasiun digabungkan dengan atribut yang dipetakan dan membuat peta penilaian spasial yang memberikan tingkat konsistensi setiap atribut untuk DHI. Peta ini memberikan pandangan yang lebih jelas pada bidang yang diminati untuk eksplorasi lebih lanjut, dan dapat digunakan untuk penempatan sumur baru yang dioptimalkan selama eksplorasi.

Kata kunci : Pasif seismik, Frekuensi Rendah, Sinyal Hidrokarbon Mikrotremor, *Power Spectral Density*, Rasio V/H, *Background Noise*.

Indralaya, Juli 2019

Menyetujui,  
**Dosen Pembimbing II**



**Dr. Menik Ariani, M.Si.**  
NIP : 19721125 2000122001

Menyetujui,  
**Dosen Pembimbing I**

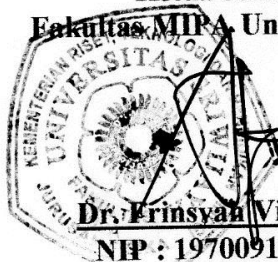


**Dr. Azhar Kholiq Affandi**  
NIP.196109151989031003

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Fisika**

**Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya**



**Dr. Erinsyah Virgo, S.Si., M.T.**  
NIP : 197009101994121001

**MULTI-ATTRIBUTE ANALYSIS OF A LOW-FREQUENCY PASSIVE  
SEISMIC METHOD FOR HYDROCARBON INDICATOR PROSPECTING:  
CASE STUDY IN “PS” FIELD NORTHEAST JAVA BASIN**

By:

**Mirajjul Muminina**

**08021281520074**

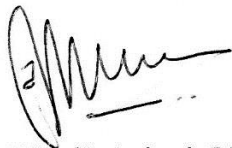
**ABSTRACT**

Microtremor data recorded at proven hydrocarbon reservoir fields shows a characteristic of spectral anomaly at low frequency between 1 – 6 Hz. This spectral anomaly is called hydrocarbon microtremor (HM) signal. Analysis of this spectral anomalies has been used as a technique to provide information about the presence of hydrocarbon reservoir or direct hydrocarbon indicator (DHI). In this paper, these methods were used in oil field in Northeast Java Basin. Vertical-to-Horizontal spectral ratio (V/H) and Power Spectral Density (PSD) analysis were studied in the mentioned area. There are 53 stations with one proven hydrocarbon production stations among them. And mapped each attribute value and interpreted the results based on power spectral density and ratio V/H attributes and also correlated to time structure data. For the results, Each stations combined to mapped attribute and made a spatial scoring map that provided the consistency level of each attribute for the DHI. This map gave a clearer look at the area of interest for further exploration, and it could be used for new optimized well placement during exploration.

Keywords: Passive seismic, Low Frequency, Microtremor Hydrocarbon Signal, Power Spectral Density, V / H Ratio, Background Noise.

Indralaya, Juli 2019

Menyetujui,  
**Dosen Pembimbing II**



**Dr. Menik Ariani, M.Si.**  
**NIP : 19721125 2000122001**

Menyetujui,  
**Dosen Pembimbing I**



**Dr. Azhar Kholiq Affandi**  
**NIP.196109151989031003**

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Fisika**

**Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya**



**Dr. Hidayah Virgo, S.Si., M.T.**  
**NIP : 197009101994121001**

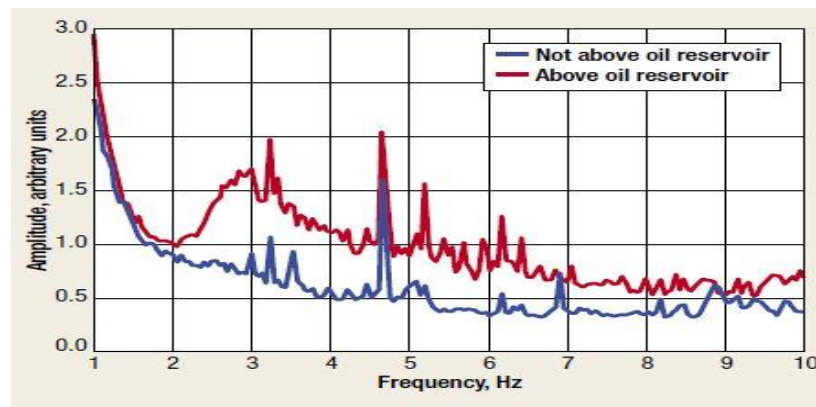
# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Aplikasi mikroseismik untuk keperluan eksplorasi hidrokarbon merupakan hal baru di Indonesia dan merupakan metode pengembangan dari teknologi instrumentasi yang semula ditunjukkan untuk keperluan militer, yaitu pengembangan *ultra high sensitivity broadband seismometer* yang di pergunakan dalam mendeteksi sinyal akustik sangat lemah (*micro-acoustic*) yang mempunyai frekuensi sangat rendah (infrasonik). Survei ini pada umumnya dilakukan untuk berbagai aplikasi, seperti untuk pemantauan aktivitas gunung api, mendukung eksplorasi geothermal, mikrozonasi, penelitian geofisika lingkungan, serta aplikasi geoteknik dan sebagainya (Wahyudi, 2008).

Pada studi yang dilakukan di berbagai lapangan minyak dan gas di dunia telah memperlihatkan bahwa keberadaan anomali spektrum frekuensi rendah dari data mikrotremor *passive seismic* erat kaitannya dengan lokasi reservoir hidrokarbon (Dangel dkk, 2003). Studi tersebut menemukan bahwa terdapat anomali pada spektrum frekuensi rendah ketika gelombang seismik berinteraksi dengan struktur geologi berpori yang mengandung air misalnya. Anomali ini berkisar antara 1-6 Hz dengan puncak disekitar 1.5-4 Hz (Dangel dkk, 2003) dan disebut sebagai sinyal Hidrokarbon Mikrotremor (HM).



Gambar 1.1 Spektrum dari survey *passive seismic* di Brazil. Merah merupakan spectrum dari pengukuran di atas reservoir dan biru merupakan spectrum dari pengukuran jauh dari reservoir (Graf dkk, 2007).

Survei *passive seismic* di Brazil (Gambar 1.1) menghasilkan perbedaan amplitudo pada anomali spektrum frekuensi rendah yang konsisten dari data yang diukur di atas lokasi reservoir hidrokarbon.

Sejumlah atribut dikembangkan untuk mengekstrak kuat sinyal HM seperti atribut spektrum. Dari atribut yang digunakan dapat dihasilkan persebaran spesial yang menunjukkan lokasi potensi reservoir hidrokarbon. Penelitian menemukan adanya hubungan antara sinyal dengan ketebalan lapisan reservoir (Dangel dkk, 2003).

Analisis sinyal HM dapat digunakan sebagai *Direct Hydrocarbon Indicator* (DHI) yang dapat berperan dalam survei awal hidrokarbon, penempatan *well* ketika eksplorasi, dan pengembangan lapangan. Aplikasinya diharapkan dapat mengurangi secara signifikan adanya *dry well*. Dikatakan pasif karena metode ini tidak membutuhkan sumber buatan seperti metode seismic aktif/konvensional misalnya dengan sumber ledakan.

Penelitian kali ini merupakan aplikasi dari metode *passive seismic* pada lapangan 'PS'. Penulis menggunakan beberapa atribut untuk mengekstrak informais dari sinyal HM. Hasil dari persebaran atribut memberikan informasi potensi reservoir hidrokarbon. Selain itu dilakukan juga identifikasi *noise* untuk mencari tahu seberapa besar pengaruh terhadap sinyal HM (Akbar, 2012).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Identifikasi keberadaan hidrokarbon dengan metode pasif seismic dapat dibidang masih baru dibandingkan dengan metode seismic aktif di Indonesia. Dalam studi tentang pasif seismic suatu daerah yang memiliki potensi reservoir minyak memperlihatkan anomali spektrum pada frekuensi rendah dari data mikrotremor pasif seismicnya. Maka dalam pengembangan ilmu dilakukan perbandingan pengolahan data mikrotremor dengan beberapa atribut pada sinyal HM dalam menentukan daerah yang mempunyai potensi reservoir hidrokarbon

## **1.3 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini, dilakukan beberapa cangkupan batasan penelitian yang berupa:

1. Data *passive seismic* yang digunakan merupakan data *time series* dari *particle velocity* yang pengukuranya menggunakan seismometer supersensitive tiga komponen (Z,N,E).
2. Sifat studi ini ialah pengolahan data *passive seismic* menggunakan beberapa atribut seperti atribut spektrum *Power Spectrak Density* (PSD), atribut spectrum rasio V/H.
3. Hasil akhir berupa pemetaan beberapa atribut di Lapangan PS.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian kali ini yaitu :

1. Mengaplikasikan metode pasif seismik mikrotremor hidrokarbon untuk pengembangan lapangan reservoir hidrokarbon sehingga dapat meningkatkan keakuratan interpretasi.
2. Membandingkan proses pengolahan sinyal HM dengan teknik beberapa atribut untuk mendapatkan informasi keberadaan reservoir hidrokarbon.
3. Penggambaran penyebaran akan keberadaan potensi reservoir hidrokarbon di wilayah lapangan "PS".

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang didapat dalam penelitian ini yaitu:

1. Dapat memberikan informasi dan pengetahuan mengenai proses *low frequency passive seismic* dalam mengidentifikasi keberadaan reservoir hidrokarbon.
2. Dapat mengetahui perbedaan dalam pengaplikasian setiap atribut pada sinyal HM dalam menentukan daerah yang memiliki potensi reservoir hidrokarbon.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. F., 2012. *Identifikasi Noise pada Data Passive Seismic Mikrotremor Reservoir Hidrokarbon*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Berger, J., Davis, P., dan Ekström, G., 2004. Ambient Earth noise: A survey of the Global Seismographic Network. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 109, B11307.
- Buttkus, B., 1991. *Spectral Analysis and Filter Theory in Applied Geophysics*. Hannover. Federal Institute for Geoscience and Natural Resource.
- Dangel, S., Schaepman, M. E., Stoll, E. P., Carniel, R., Barzandji, O., Rode, E. D., & Singer, J. M. (2003). Phenomenology of tremor-like signals observed over hydrocarbon reservoirs. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 128(1-3),.
- Frehner, M., Schmalholz, S., Ag, S., & Zurich, C., 2009. *Spectral Modification of Seismic Waves Propagating through solid exhibiting a resonance frequency: A 1D Coupled Wave propagation-Oscillation Model*: *Geophysical Journal International*, 178, 589-600.
- Graf, R. S. M., Schmalholz, Y. Podladchikov, dan E. H. Sanger, 2007. *Passive low frequency spectral analysis: Exploring a new field in geophysics*: *World Oil*, 228, 47-52.
- Herak, M. 2008. *Model HVSR: a Matlab tool to model horizontal-to-vertical spectral ratio of ambient noise*. *Computers and Geosciences* 34, 1514–1526
- Holzner, R., Eschle, P., Dangel, S., Frehner, M., Narayanan, C., dan Lakehal, D. 2009. Hydrocarbon microtremors interpreted as nonlinear oscillations driven by oceanic background waves. *Journal Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 14(1), 160–173
- Lambert, M. A., Schmalholz, S. M., Saenger, E. H., and Steiner, B. (2009). *Low frequency microtremor anomalies at an oil and gas field in Voitsdorf, Austria*. *Geophysical Prospecting*, 57(3):393–411.

- Lay dan Wallace, 1995, *Method For Dynamic Characteristics Estimation Of Subsurface Using Microtremor On The Ground Surface*, Research Institute Japan.
- Lopes, A. E., dan L. C. Nunes, 2010. *Pitfalls of Tremor-like Signal for Hydrocarbon Exploring in Producing oil Fields in Potiguar Basin, northeast Brazil*: The Leading Edge 29, 829.
- Nguyen, T. T., E., H. Seanger, S. M. Schmalholz, dan B. Artman, 2008. *Earthquake triggered modifications of microtremor signal above and nearby a hydrocarbon reservoir in Voitsdorf., Austria*. 70<sup>th</sup> Annual International Meeting, EAGE, Extended Abstracts, P025.
- Nakamura. Y., 2008. *On The H/V Spectrum*. The 14<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering.7-9 .
- Oppenheim, A., V., dan Schafer, R., V., 1989. *Discrete-Time Signal Processing*. Prentice-Hall International. New Jersey.
- Saenger, E. H., Schmalholz, S. M., Lambert, M.-A., Nguyen, T. T., Torres, A., Metzger, S. Méndez-Hernández, E. 2009. *A passive seismic survey over a gas field: i of low-frequency anomalies*. *Geophysics*, 74(2), O29–O40.
- Sheriff, R.E., dan Geldart, L.P., 1995, *Exploration Seismology 2nd ed*, Cambirdge University Press, United States of America.
- Wahyudi. 2008 . *Aplikasi Mikroseismik Untuk Memindai Dan Mengidentifikasi keberadaan Hidrokarbon*. *Jurnal Berkala MIPA* 18(2), 115–116.
- Walker, D., 2008, *Recent Developments in Low Frequency Spectral Analysis of Passive Seismic Data*: First Break, 26, 69-77.
- Www.Geopsy.org di akses pada halaman : [www.geopsy.org/wiki/index.php/Smoothing\\_details](http://www.geopsy.org/wiki/index.php/Smoothing_details) pada tanggal 10 April 2019