

**ANALISIS SPEKTRUM DATA SEISMIK PASIF
BERFREKUENSI RENDAH UNTUK IDENTIFIKASI
LANGSUNG HIDROKARBON (STUDI KASUS:
LAPANGAN 'BR' DAERAH CEKUNGAN JAWA
BARAT UTARA)**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains
Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya**



Oleh:

IVAN DAVID CHAN

08021181520058

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

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS SPEKTRUM DATA SEISMİK PASIF BERFREKUENSI
RENDAH UNTUK IDENTIFIKASI LANGSUNG HIDROKARBON (STUDI
KASUS: LAPANGAN 'BR' DAERAH CEKUNGAN JAWA BARAT
UTARA)
SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains Jurusan
Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya

Oleh:

**Ivan David Chan
080211815200058**

Inderalaya, 9 Juni 2022
Menyetujui,

Dosen Pembimbing II


Dr. Azhar K. Affandi, M.S.
NIP. 196109151989031003

Dosen Pembimbing I


M. Yusup Nur Khakim, M.Si., Ph.D.
NIP. 197203041999031002

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIRA Universitas Sriwijaya**


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

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ivan David Chan

NIM : 08021181520058

Judul Tugas Akhir : Analisis Spektrum Data Seismik Pasif Berfrekuensi Rendah untuk Identifikasi Langsung Hidrokarbon (Studi Kasus: Lapangan 'BR' Daerah Cekungan Jawa Barat Utara)

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, 9 Juni 2022



Ivan David Chan

NIM. 08021181520058

Kata Pengantar

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya lah sehingga tugas akhir yang berjudul “Analisis Spektrum Data Seismik Pasif Berfrekuensi Rendah untuk Identifikasi Langsung Hidrokarbon (Studi Kasus: Lapangan ‘BR’ Daerah Cekungan Jawa Barat Utara)” ini dapat diselesaikan guna melengkapi persyaratan memperoleh gelar sarjana sains bidang studi fisika. Selesaiannya hasil penelitian tugas akhir ini juga berkat bantuan, bimbingan, serta petunjuk dari berbagai pihak yang selalu mendukung sepenuh hati dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT karena berkat-Nya saya mendapatkan kelancaran dalam menulis hasil penelitian tugas akhir ini.
2. Keluarga saya, Papa, Ibuk, Abang dan Adik yang tanpa saya minta pun selalu mendoakan saya agar penelitian ini selalu berjalan lancar dan tak hentinya memberi support baik secara moral maupun materil.
3. Bapak M. Yusup Nur Khakim, M.Si., Ph.D. dan Bapak Dr. Azhar K. Affandi, M.S. selaku pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu untuk mengarahkan dan memberikan motivasi dalam menyelesaikan penelitian ini.
4. Bapak Boko Nurdiyanto dan Mas Ihsan A. Yunandra selaku pembimbing yang dengan senang hati dan murah hati bersedia memberi masukan dan arahan selama melakukan penelitian.
5. Bapak Dr. Akhmad Aminuddin Bama, S.Si., M.Si. selaku pembimbing akademik saya yang telah banyak membantu dan meluangkan waktu untuk saya.
6. Bapak Dr. Muhammad Irfan, M.T. dan Ibu Dr. Idha Rohyani, M.Si. selaku penguji yang banyak memberikan masukan berguna dalam penyelesaian penelitian ini.
7. Kak David dan Pak Nabair yang senantiasa membantu saya dalam mengurus administrasi berkas-berkas semasa perkuliahan hingga akhir.
8. Seluruh dosen Jurusan fisika yang telah membantu saya baik secara langsung maupun tidak langsung.

9. Sahabat tersayang, Grup Mentoring Wisuda (Nyayu, Meda, Febri, Mirajjul, Dian, Cindy, Indah, Kyagus) yang telah memberi waktu hiburan, makanan dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Teman-teman seperjuangan Fisika 2015 (Physics Bragajul) yang telah memberikan dukungan dan motivasi sampai skripsi ini dapat terselesaikan.
11. Seluruh pihak terkait yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
12. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for never quitting for just being me at all times.*

Akhir kata penulis ucapkan banyak terima kasih atas izin, kesempatan, bantuan, serta pembinaan yang diberikan oleh bapak dan ibu selaku dosen pembimbing kepada penulis dan semoga hasil dari penelitian ini bermanfaat khususnya bagi penulis dan bagi yang membacanya terutama dibidang Geofisika, Aamiin.

Inderalaya, 9 Juni 2022
Penulis



Ivan David Chan
NIM: 08021181520058

**ANALISIS SPEKTRUM DATA SEISMIK PASIF BERFREKUENSI RENDAH
UNTUK IDENTIFIKASI LANGSUNG HIDROKARBON (STUDI KASUS:
LAPANGAN 'BR' DAERAH CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA)**

**Oleh:
Ivan David Chan
08021181520058**

ABSTRAK

Anomali spektrum data mikrotremor berfrekuensi rendah 1-6 Hz yang dikenal sebagai mikrotremor hidrokarbon (MH) telah berhasil mengidentifikasi keberadaan reservoir hidrokarbon. Anomali spektrum mikrotremor hidrokarbon digunakan untuk identifikasi keberadaan reservoir hidrokarbon secara langsung atau *Microtremor Direct Hydrocarbon Identification* (MDHI) dalam metode eksplorasi seismik pasif. Penelitian bertujuan untuk identifikasi keberadaan hidrokarbon di lapangan pengembangan 'BR' cekungan Jawa Barat Utara dengan menggunakan 95 stasiun mikrotremor dan satu sumur produksi hidrokarbon. Keberadaan reservoir hidrokarbon yang diekstrak dalam MDHI didasarkan atribut spektrum mikrotremor berupa rasio spektral vertikal-horizontal (V/H) dan atribut *power spectral density* (PSD) yang kemudian dikorelasikan dengan data struktur waktu lapangan 'BR'. Hasil analisis menunjukkan adanya anomali hidrokarbon berdasarkan atribut spektrum mikrotremor lapangan 'BR' terkonsentrasi pada Area 2, Area 3 dan Area 5 yang digambarkan sebagai area-area antiklin. Hasil penelitian ini memberikan informasi awal untuk eksplorasi lebih lanjut, dan dapat digunakan untuk penentuan sumur baru yang dapat dioptimalkan dalam kegiatan eksplorasi.

Kata kunci : Seismik Pasif, Mikrotremor Hidrokarbon, Atribut Mikrotremor hidrokarbon

Inderalaya, 9 Juni 2022


Menyetujui,

Dosen Pembimbing II



Dr. Azhar K. Affandi, M.S.
NIP196109151989031003

Dosen Pembimbing I



M. Yusup Nur Khakim, M.Si., Ph.D.
NIP. 197203041999031002

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya**



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

**A SPECTRAL ANALYSIS OF LOW-FREQUENCY PASSIVE SEISMIC DATA
FOR DIRECT HIDROCARBON IDENTIFICATION (CASE STUDY: 'BR'
FIELD NORTH WEST JAVA BASIN)**

By :
Ivan David Chan
08021181520058

ABSTRACT

A low frequency anomaly (1-6 Hz) of a microtremor spectrum known as hydrocarbon microtremor (MH) has successfully been applied to identify the presence of hydrocarbon reservoirs. The anomaly directly indicates the reservoirs so that it is well known as Microtremor Direct Hydrocarbon Identification (MDHI) in the passive seismic exploration method. The study area is the 'BR' development field of the North West Java basin which has 95 microtremor stations and one hydrocarbon production well. The identification is based on attributes of the microtremor spectrum in the form of Vertical-Horizontal spectral ratio (V/H) and Power Spectral Density (PSD) and they then correlated with the 'BR' field time structures of seismic data. The results show that hydrocarbon anomalies based on the attribute analysis are concentrated on Area 2, Area 3 and Area 5 of the study area, which are geologically presented as an anticline structure. The results of this study provide preliminary information for further exploration, and can be used for determining of new wells in the exploration activities.

Keywords : *Passive seismic, Low Frequencies Microseism, Microtremor, Hydrocarbon Microtremor, Ratio V/H, Power Spectral Density*

Inderalaya, 9 June 2022

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II


Dr. Azhar K. Affandi, M.S.
Ph.D.
NIP196109151989031003

Dosen Pembimbing I


M. Yusup Nur Khakim, M.Si.,
NIP. 197203041999031002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIRA Universitas Sriwijaya


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

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Gelombang Seismik	3
2.1.1. Gelombang Badan	3
2.1.2. Gelombang Permukaan	4
2.2. Sinyal Mikrotremor Hidrokarbon (MH)	5
2.3. <i>Microtremor for Direct Hydrocarbon Identification (MDHI)</i>	6
2.4. Pemrosesan Sinyal	7
2.4.1. <i>Noise</i>	7
2.4.2. <i>Filtering dan Smoothing</i>	9
2.4.3. <i>Fast Forrier Tranform (FFT)</i>	10
2.4.4. <i>Poweri Spectrali densityi (PSD)</i>	10
2.5. Atribut Spektrum Sinyal Mikrotremor Hidrokarbon	11
2.5.1. PSD	11
2.5.2. Rasio Spektrum V/H	12
BAB III : METODE PENELITIAN	14
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	14

3.2. Tahap Penelitian	14
3.2.1. Data Mikrotremor	15
3.2.2. Data Kalibrasi	15
3.2.3. Data Struktur Waktu	15
3.3. Perangkat Penelitian	16
3.4. Pengolahan Data Mikroseismik.....	16
3.4.1. Data Mikrotremor	16
3.4.2. Data Kalibrasi	22
3.4.3. Data Struktur Waktu	22
3.5. Diagram Alir Penelitian.....	22
BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1. Identifikasi kualitas Data	25
4.2. Pemetaan Struktur Waktu.....	26
4.3. Peta Penyebaran Atribut Power Spectral Density (PSD)	27
4.4. Peta Penyebaran Atribut Rasio V/H.....	30
4.5. Peta Penyebaran Nilai Frekuensi.....	33
4.6. Data Cut-off.....	34
4.7. Peta Direct Hidrcarbon Indicator (DHI) Sinyal MH	36
BAB V : PENUTUP	42
5.1. Kesimpulan.....	42
5.2. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Penjalaran Gelombang P	3
Gambar 2.2. Penjalaran Gelombang S	4
Gambar 2.3. Penjalaran Gelombang Rayleigh	5
Gambar 2.4. Penjalaran Gelombang Love.....	5
Gambar 2.5. Ilustrasi Fenomena Mikrotremor Hidrokarbon.....	7
Gambar 2.6. Karakteristik Spektrum Mikrotremor Prospek Hidrokarbon.....	8
Gambar 2.7. Sampel Data Mikrotremor Deret Waktu.....	9
Gambar 2.8. Ilustrasi Pengaruh <i>Taper Length</i> dalam Window Tukey	9
Gambar 2.9. Konno and Ohmachi <i>Smoothing</i>	10
Gambar 2.10. Ilustrasi Kurva Atribut PSD 3 Hz dan PSD-IZ	12
Gambar 2.11. Ilustrasi Kurva Rasio V/H	13
Gambar 3.1. Peta Sebaran Stasiun Mikrotremor Lapangan ‘BR’	14
Gambar 3.2. Sampel Data Mikrotremor	17
Gambar 3.3. Windowing Sinyal	18
Gambar 3.4. Ilustrasi Konversi Sinyal MH	19
Gambar 3.5. Ilustrasi Kurva PSD pada Variasi Rentang Frekuensi.....	20
Gambar 3.6. Ilustrasi Kurva Rasio V/H pada Variasi Rentang Frekuensi	21
Gambar 3.7. Diagram Alir Penelitian.....	24
Gambar 4.1. Klasifikasi Kualitas Data Sinyal MH	25
Gambar 4.2. Peta Distribusi Kualitas Data Lapangan BR.....	26
Gambar 4.3. Peta Struktur Waktu Lapangan BR.....	26
Gambar 4.4. Profil Penampang Antiklin Lapangan BR	27
Gambar 4.5. Peta Distribusi PSD Rentang Frekuensi Dominan (1-10 Hz)....	28
Gambar 4.6. Peta Distribusi PSD Rentang Frekuensi 1-6 Hz	28
Gambar 4.7. Peta Distribusi PSD Frekuensi 3 Hz	29
Gambar 4.8. Peta Distribusi PSD-IZ Rentang Frekuensi Dominan (1-10 Hz)	29
Gambar 4.9. Peta Distribusi PSD-IZ Rentang Frekuensi 1-4Hz	30
Gambar 4.10. Peta Distribusi V/H-Max Rentang Frekuensi Dominan (1-10 Hz).....	31

Gambar 4.11.	Peta Distribusi V/H-Max Rentang Frekuensi 1-6 Hz.....	31
Gambar 4.12.	Peta Distribusi V/H-Max Frekuensi 3 Hz.....	32
Gambar 4.13.	Peta Distribusi Nilai V/H-Int	32
Gambar 4.14.	Peta Distribusi Frekuensi Atribut PSD.....	33
Gambar 4.15.	Grafik <i>Cut-Off</i> PSD 3 Hz.....	34
Gambar 4.16.	Grafik <i>Cut-Off</i> PSD-IZ 1-4 Hz	34
Gambar 4.17.	Grafik <i>Cut-Off</i> V/H-max 1-6 Hz	35
Gambar 4.18.	Grafik <i>Cut-Off</i> V/H-Int	35
Gambar 4.19.	Peta DHI berdasarkan Data <i>Cut-Off</i>	36
Gambar 4.20.	Peta DHI Sinyal MH PSD 3Hz.....	36
Gambar 4.21.	Peta DHI Sinyal MH PSD-IZ	37
Gambar 4.22.	Peta DHI Sinyal MH V/H-Max (1-6Hz)	37
Gambar 4.23.	Peta DHI Sinyal MH V/H-Int	38
Gambar 4.24.	Peta DHI Lapangan BR	38
Gambar 4.25.	Peta DHI Sinyal MH PSD 3Hz Terhadap Struktur Waktu....	39
Gambar 4.26.	Peta DHI Sinyal MH PSD-IZ Terhadap Struktur Waktu	39
Gambar 4.27.	Peta DHI Sinyal MH V/H-Max Terhadap Struktur Waktu ...	40
Gambar 4.28.	Peta DHI Sinyal MH V/H-Int Terhadap Struktur Waktu	40
Gambar 4.29.	Peta DHI Lapangan BR Terhadap Struktur Waktu	41

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Minyak dan gas bumi yang merupakan hasil produksi senyawa hidrokarbon menjadi kebutuhan pokok perindustrian dan rumah tangga di dunia (Nugroho, 2006). Indonesia dengan potensi sumber daya alam yang kaya tergolong menjadi penyumbang yang baik di dunia dengan perkiraan porsi minyak bumi 20% dari bauran energi nasional pada lima tahun mendatang (Indrawan, 2020).

Metode seismik dalam pengembangan lapangan energi terus berlanjut dan dilakukan dalam rangka memenuhi kebutuhan manusia. Dalam pengerjaannya, metode seismik dalam bidang eksplorasi dapat menggunakan beberapa metode seperti seismik aktif dan seismik pasif. Seismik aktif merupakan sebuah sistem yang memanfaatkan fenomena refraksi dan refleksi sinyal gelombang bumi yang didapatkan dari adanya pemicu eksternal yang berasal bukan dari dalam bumi itu sendiri. Berbeda dengan seismik aktif, seismik pasif memanfaatkan sinyal *ambient noise* bumi yang berasal dari internal bumi tanpa adanya pemicu dari luar.

Terdapat studi yang menyatakan ditemukannya anomali hidrokarbon pada spektrum mikrotremor pada rentang frekuensi 1-6 Hz dengan puncak pada frekuensi berkisar antara 1,5-4 Hz di daerah yang erat kaitannya dengan area reservoir hidrokarbon dan fenomena ini menjadi indikator yang dikenal sebagai sinyal Mikrotremor Hidrokarbon (MH) (Dangel dkk., 2003). Anomali ini teridentifikasi pada gelombang seismik pada spektrum frekuensi rendah yang berinteraksi dengan struktur geologi berpori yang mengandung fluida (Dangel dkk., 2003). Berdasarkan temuan ini dikembangkan sistem dalam studi identifikasi hidrokarbon secara langsung (*Direct Hydrocarbon Identification*) yang dapat digunakan dalam rangka pengembangan dan pemantauan lapangan reservoir hidrokarbon yang disebut sebagai *Microseismic for Hydrocarbon Detection and Identification* atau bisa disebut dengan MHDI (Wahyudi, 2008).

Penelitian kali ini merupakan implementasi dari metode seismik pasif yang dilakukan pada lapangan penelitian 'BR' area cekungan Jawa Barat Utara. Lapangan BR merupakan gabungan dari beberapa daerah survei mikrotremor seismik pasif yang dimana secara

struktural geologi erat kaitannya dengan area reservoir hidrokarbon. Area lapangan BR mencakupi 95 titik stasiun mikrotremor yang tersebar antara beberapa daerah provinsi Jawa Barat dan provinsi Jawa Tengah.

Penulis menggunakan berbagai atribut untuk mengekstrak informasi dari sinyal MH. Penentuan nilai atribut didasarkan pada berbagai indikator, seperti pemrosesan sinyal yang dilakukan hanya pada komponen vertikal sinyal MH, sehingga menghasilkan *Power Spectral Density* (PSD) atribut, dan pemrosesan simultan dari tiga sinyal, baik vertikal maupun horizontal memberikan rasio V/H.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Bagaimana implementasi sinyal MH dalam studi DHI pengembangan lapangan reservoir hidrokarbon?
2. Bagaimana hasil interpretasi MHDI dalam mendeteksi reservoir hidrokarbon?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Implementasi sinyal MH dalam studi DHI dalam interpretasi pengembangan lapangan reservoir daerah penelitian.
2. Memetakan persebaran keberadaan potensi reservoir hidrokarbon di wilayah penelitian "BR".

1.4. Manfaat Penelitian

Memberikan gambaran informasi mengenai penerapan data mikrotremor seismik pasif dalam studi DHI melalui pemetaan persebaran anomali sinyal MH, dengan demikian cadangan potensi sumber energi yang baru dapat diperkirakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. F. dkk., 2012. *Identifikasi Noise pada Data Passive Seismic Mikrotremor Reservoir Hidrokarbon*. JTM, 4(19): 201-206.
- Ali, M. dkk., 2009. *Results from a low frequency passive seismic experiment over an oilfield in Abu Dhabi*. First Break. 27: 91-97.
- Berger, J., P. Davis, and G. Ekstrom, 2004, *Ambient Earth Noise: A Survey Of The Global Seismograph Network*. Journal Geophysical Research: 109, B11307.
- Brook, D. and R.J. Wynne. 1991. *Signal Processing: Principles and Applications*. Edward Arnold, a division of Hodder and Stoughton Limited: Great Britain.
- 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., dan Singer, J. M., 2003, *Phenomenology Of Tremor-Like Signals Observed Over Hydrocarbon Reservoirs*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 128: 135–158.
- Elnashai, S.A. dan Sarno, D.L. 2008. *Fundamental of Earthquake Engineering*. Hongkong: Wiley.
- Errington, A., 2006. *Sensor Placement for Microseismic Event*. Saskatoon: University of Saskatchewan.
- Frehner, M., S. M. Schmalholz, dan Y. Y. Podladchikov, 2009, *Spectral Modification Of Seismic Waves Propagating Through Solids Exhibiting A Resonance Frequency: A 1d Coupled Wave Propagation-Oscillation Model*. Geophysical Journal International, 176: 589–600.
- Holzner, R., P. Eschle, H. Zürcher, M. Lambert, R. Graf, S. Dangel, dan P. F. Meier, 2005, *Applying Microtremor Analysis To Identify Hydrocarbon Reservoirs*. First Break, 23: 41–46.
- Howard, R. M., 2002. *Principles of Random Signal Analysis and Low Noise Design: The Power Spectral Density and its Applications*. New York: John Wiley and Son, Inc.
- Kaerey, P., Brooks, M., Hill, I., 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration 3rd Edition*. Oxford: Blackwell Science Ltd.

- Lopes, A. E., dan L. C. Nunes, 2010. *Pitfalls of Tremor-like Signal for Hydrocarbon Exploring in Producing oil Fields in Potiguar Basin*, *The Leading Edge*, 29: 829.
- Lambert, M.A., S. M. Schmalholz, E. H. Saenger, dan B. Steiner, 2009, *Low-Frequency Microtremor Anomalies At An Oil And Gas Field In Voitsdorf, Austria*. *Geophysical Prospecting*, 57: 393-411.
- Lay, Thorne dan Wallace, Terry C., 1995, *Modern Global Seismology*. London: Academic Press.
- 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*. 70th Annual International Meeting, EAGE, Extended Abstracts: P025.
- Nakamura. Y., 2008. On The H/V Spectrum. *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*: 7-9.
- Oppenheim, Alan dan Schafer, Ronald, 1989. *Discrete-Time Signal Processing*. London: Prentice-Hall International.
- Saenger, E.H., A. Torres, S. Rentsch, M. Lambert, S.M. Schmalholz dan Mendez-Hernandez E, 2007, *A Hydrocarbon Microtremor Survey Over A Gas Field: Identification Of Seismic Attributes*. 77th SEG meeting, Expanded Abstracts: 1277–1281.
- Susilawati. 2008. Penerapan Penjalaran Gelombang Seismik Gempa pada Penelaahan Struktur Bagian dalam Bumi. Sumatra Utara. Universitas Sumatra Utara.
- Simbolon, B., Delina, M., Heryanto, B., 2016. *Kalibrasi Seismometer BBVS-120:G05402VS dengan Metode Komparasi*. Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016: 115-116.
- Valentino, N., Safrianti, E., Oktaviana L. S., 2015, *Desain Band Pass Filter untuk Jaringan WiMAX 3.5 GHz*. *Jom FTEKNIK*, 2(1): 4-5.
- Wahyudi, 2008. *Aplikasi Mikroseismik untuk Memindai dan Mengidentifikasi Keberadaan Hidrokarbon*. *Berkala MIPA*, 18(2): 115-117.
- www.Geopsy.org di akses pada halaman: www.geopsy.org/wiki/indeks.php/Smoothingdetails dialses pada 12 Juli 2019.