

**ANALISA PEMODELAN SUBSTITUSI FLUIDA GASSMAN
PADA SAMPEL BATUAN KARBONAT FORMASI X
SUMATERA SELATAN**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1
Program Studi Fisika



Disusun oleh :

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Sujadi
14620004

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2021**



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1603/Un.02/DST/PP.00.9/08/2021

Tugas Akhir dengan judul : Analisa Pemodelan Substitusi Fluida Gassman pada Batuan Karbonat Formasi X Sumatera Selatan

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : SUJADI
Nomor Induk Mahasiswa : 14620004
Telah diujikan pada : Senin, 23 Agustus 2021
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6125d8f9abd01



Penguji I

Andi, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 6125c57670e3a



Penguji II

Cecilia Yanuarief, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6125c44b4fb33



Yogyakarta, 23 Agustus 2021
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 61276fba3f452



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Sujadi
NIM : 14620004
Judul Skripsi : Analisa Pemodelan Substitusi Fluida Gassman pada Sampel Batuan Karbonat Formasi X Sumatera Selatan

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 16 Agustus 2021

Pembimbing

Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si.

NIP. 19771025 200501 1 004

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sujadi
NIM : 14620004
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Analisa Pemodelan Substitusi Fluida Gassman pada Sampel Batuan Karbonat Formasi X Sumatera Selatan” adalah benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali sebagai acuan kutipan dengan tata penulisan yang lazim, sesuai dengan norma, kaidah dan etika penelitian ilmiah. Apabila terbukti di kemudian hari pernyataan ini tidak benar maka saya siap mempertanggungjawabkannya sesuai hukum yang berlaku.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KLIJINGA
YOGYAKARTA
Yogyakarta, 26 Agustus 2021



Sujadi
NIM. 14620004

MOTTO

Pantang pisang berbuah dua kali



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya kecil ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya yang selalu mendukung saya dalam berbagai keadaan dan untuk teman-teman Fisika 2014 yang berjuang sama-sama menghadapi semester akhir.



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil 'alamin, segala puji syukur kami haturkan ke hadirat Allah SWT., yang telah memberikan *rahmat*, serta *hidayah*-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ANALISA PEMODELAN SUBSTITUSI FLUIDA GASSMAN PADA SAMPEL BATUAN KARBONAT FORMASI X SUMATERA dengan baik. Tidak lupa *shalawat* serta salam semoga tetap tercurah kepada beliau, Rasulullah Muhammad SAW., yang diharapkan *syafaatnya* di hari akhir nanti.

Penyusunan menyadari bahwa penelitian ini bisa berjalan dengan baik dan lancar atas dukungan dan bantuan dari beberapa pihak beberapa pihak. Oleh karena itu sepatutnya penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Phil. Al Makin, S. Ag., M. Ag. Selaku rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Khurul Wardati selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku ketua Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi ini, yang dengan sabar selalu mengarahkan serta memberi motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih atas kesabaran serta dan waktu dalam memberikan bimbingan, nasihat, serta ilmunya yang sangat bermanfaat.
5. Frida Agung Rakhmadi, M. Sc. Selaku dosen pembimbing akademik yang selalu mengingatkan dan memotivasi.
6. Seluruh dosen Fisika UIN Sunan Kalijaga, yang telah memberikan bimbingan serta ilmunya
7. Orang tua yang selalu sabar menghadapi saya dalam berbagai keadaan.
8. Teman-teman Fisika 2014 yang menjadi teman seperjuangan.
9. Teman-teman kelompok studi Geofisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Selain ucapan terima kasih, penulis juga memohon maaf apabila dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan baik dari

sistematika penyusunan, isi, hingga proses yang telah dilaporkan ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis pribadi maupun bagi para pembaca.

Yogyakarta, 23 Agustus 2021

Penulis



**ANALISA PEMODELAN SUBSTITUSI FLUIDA GASSMAN PADA
SAMPEL BATUAN KARBONAT FORMASI X
SUMATERA SELATAN**

Sujadi

14620004

INTISARI

Memahami karakteristik properti elastik dan parameter seismik batuan tersaturasi fluida hal yang menarik dalam kajian fisika batuan. Substitusi fluida gassman merupakan pendekatan paling umum untuk menghitung parameter elastik dan parameter seismik dari batuan yang tersaturasi fluida. Batuan karbonat formasi X Sumatera Selatan menjadi objek dalam penelitian ini yang mana batuan tersebut merupakan batuan reservoir dari sumur yang masih aktif berproduksi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kehadiran fluida mempengaruhi nilai dari parameter elastik batuan dan parameter seismik batuan. Efek porositas batuan juga berpengaruh terhadap parameter seismik batuan. Sampel batuan dengan porositas rendah (sampel 2) mempunyai kecepatan seismik yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel batuan dengan porositas rendah (sampel 1) pada kondisi tersaturasi fluida 0% maupun 100%.

Kata kunci : Properti Elastik, Parameter Seismik, Substitusi Fluida Gassman, Batuan Karbonat, Porositas.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**ANALYSIS OF GASSMAN FLUID SUBSTITUTION MODELLING ON
CARBONATE ROCK SAMPLES OF X FORMATION SOUTH
FORMATION**

Sujadi

14620004

ABSTRACT

Understanding the characteristics of elastic properties and seismic parameters of fluid-saturated rock is an interesting thing in the study of rock physics. Gassman fluid substitution is the most common approach for calculating the elastic and seismic parameters of fluid-saturated rock. The carbonate rocks of the South Sumatra X formation are the objects in this study, which are reservoir rocks from wells that are still actively producing. The results of this study indicate that the presence of fluid affects the value of rock elastic parameters and rock seismic parameters. The effect of rock porosity also affects rock seismic parameters. Rock samples with low porosity (sample 2) have a higher seismic velocity than rock samples with low porosity (sample 1) at 0% or 100% fluid saturation conditions.

Keywords :Elastic Properties, Seismic Parameters, Gassman Fluid Substitution, Carbonate Rocks, Porosity.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
MOTTO.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
INTISARI.....	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	i
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	5
1.3 Tujuan penelitian.....	5
1.4 Batasan masalah.....	5
1.5 Manfaat penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Studi Pustaka	7
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Sistem Perminyakan.....	9
2.2.2 Batuan Karbonat.....	10
2.2.3 Sifat Fisik Batuan Reservoir.....	11

2.2.4 Modulus Elastik.....	15
2.2.5 Gelombang Seismik	20
2.2.6 AVO	22
2.2.7 Substitusi Fluida Gassmann	22
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian	26
3.1.1 Waktu Penelitian	26
3.1.2 Tempat penelitian.....	26
3.2 Sampel dan Perangkat Penelitian.....	26
3.2.1 Sampel.....	26
3.2.2 Perangkat Penelitian.....	27
3.3 Prosedur Penelitian.....	28
3.3.1 Tahap Persiapan	29
3.3.2 Akuisisi Data	30
3.3.3 Pengolahan Data.....	31
3.3.4 Analisa Data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAAN.....	34
4.1 Parameter Seismik dan Elastik Hasil Pengukuran	34
4.2 Poisson Rasio	36
4.3 Modulus Geser	38
4.4 Modulus Bulk	40
4.5 Konstanta Lamé.....	41
4.6 Parameter Seismik	43
4.7 Integrasi-Interkoneksi.....	45
BAB V PENUTUP.....	48

5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	52



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Perminyakan (IATMI, 2014)	9
Gambar 2.2 Modulus Shear	16
Gambar 2.3 Modulus Bulk	17
Gambar 2.4 Gelombang Longitudinal	21
Gambar 2.5 Gelombang Transversal.....	22
Gambar 3.1 Dimensi sampel K1 dan K2.....	26
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian	29
Gambar 3.3 Skema alat.....	30
Gambar 3.4 Diagram alir program perhitungan	32

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian-penelitian yang berkaitan	7
Tabel 2.2 Nilai Modulus Bulk	18
Tabel 2.3 Densitas Fluida	20
Tabel 3.1 Dimensi Sampel Batuan Karbonat	26
Tabel 3.2 Besaran Petrofisika Sampel Batuan Karbonat.....	27
Tabel 3.3 Daftar Perangkat Keras Penelitian.....	27
Tabel 3.4 Daftar Perangkat Lunak Penelitian.....	28
Tabel 4.1 Parameter Seismik dan Elastik Kondisi Sampel Kering	35
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Nilai Poisson Rasio Batuan Tersaturasi.....	38
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Nilai Modulus Geser Tersaturasi	40
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Nilai Modulus Bulk Tersaturasi	41
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Nilai Konstanta Lamé Tersaturasi	43
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan V_p Batuan Tersaturasi Fluida	45



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Allah SWT menciptakan manusia sebagai makhluk yang paling sempurna diantara makhluk-makhluk Allah yang lain. Manusia telah dibekali akal pikiran hingga kedudukannya sebagai makhluk yang mulia dan menjadikan manusia sebagai khalifah di atas muka bumi ini, dengan akal pikirannya manusia mampu memanfaatkan segala sesuatu yang ada di bumi ini untuk keperluan dan keberlangsungan hidup manusia. Allah telah menciptakan sumber daya alam agar manusia memanfaatkan sebaik-baiknya dan dengan cara yang baik untuk memenuhi kebutuhan dan keperluan manusia sebagai makhluk hidup. Sebagaimana pada firman Allah dalam Al-Qur'an surat Al-Jatsiyat ayat 13 sebagai berikut:

وَسَخَّرَ لَكُمْ مَا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِنْهُ ۗ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

Artinya : *Dan Dia menundukkan apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi untukmu semuanya (sebagai rahmat) dari-Nya. Sungguh, dalam hal yang demikian benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang berpikir.* (Q.S Al-Jatsiyat:13)

Kata *sakhkhara* (menundukkan) pada ayat di atas atau kata yang semakna dengan itu banyak ditemukan di dalam Al-Qur'an yang menegaskan bahwa Allah SWT menundukkan semua ciptaan-Nya sesuai dengan peraturan-peraturan (sunatullah) Nya, sehingga manusia dapat mengambil manfaat sepanjang mau menggunakan akal dan pikirannya serta mengikuti langkah dan prosedur yang

sesuai dengan sunatullah (Fakhri, 2010). Ayat tersebut menerangkan bahwa segala sesuatu yang ada di langit dan di bumi telah ditundukkan oleh Allah SWT untuk keperluan manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya. Dewasa ini minyak bumi merupakan salah satu sumber daya alam yang menjadi kebutuhan utama manusia untuk menunjang aktivitas kehidupan sehari-hari.

Minyak bumi merupakan sumber daya alam yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Hal ini dikarenakan minyak bumi merupakan sumber energi utama di dunia, hampir 85% sumber energi di dunia bersumber dari minyak bumi (Qadar, 2014). Indonesia merupakan salah satu negara yang masih mengandalkan minyak bumi sebagai sumber energi utama selain dari batubara dan energi alternatif lainnya. Berdasarkan data dari SKK Migas, konsumsi minyak bumi Indonesia pada tahun 2018 terjadi ketimpangan yang sangat besar antara konsumsi dan produksi minyak bumi. Konsumsi minyak bumi Indonesia sebesar 1,65 juta barel perhari sedangkan jumlah produksi minyak nasional hanya sebesar 772 ribu barel per hari (Sitarahmi dkk, 2019). Direktorat jenderal minyak dan gas bumi dalam laporan tahunan 2018 merilis data produksi minyak bumi Indonesia dari tahun 2010 sampai tahun 2018 rata-rata terus mengalami penurunan.

Terjadinya ketimpangan antara konsumsi dan produksi minyak bumi serta cadangan minyak bumi Indonesia yang terus mengalami penurunan, hal ini menjadikan sebuah tantangan yang besar bagi akademisi dan pelaku industri perminyakan Indonesia saat ini untuk meningkatkan produksi minyak bumi. Meningkatkan produksi minyak bumi diperlukan teknologi seismik yang mampu dalam menggambarkan dan memantau kondisi cadangan minyak bumi pada suatu

reservoir (Han dkk, 2004). Data pemantauan reservoir minyak bumi yang akurat sangat dibutuhkan guna mengetahui perubahan cadangan minyak bumi pada suatu reservoir. Saat ini teknologi seismik berkembang sangat pesat namun data seismik lapangan masih sebatas data kualitatif. Selama ini informasi seismik masih memiliki keterbatasan mengenai resolusi besaran-besaran petrofisis seperti properti elastik, properti seismik dan properti batuan dari batuan reservoir. Penelitian pada skala gelombang ultrasonik atau skala laboratorium sangat penting untuk mengetahui karakteristik dari batuan reservoir.

Batuan reservoir merupakan batuan berpori tempat akumulasi minyak dan gas bumi. Jenis batuan reservoir pada umumnya adalah batuan karbonat dan batupasir. Batuan karbonat dari formasi X pada cekungan Sumatera Selatan merupakan batuan reservoir yang berasal dari cekungan yang masih produktif menghasilkan minyak dan gas bumi (Sidiq, 2017). Hampir 60% cadangan hidrokarbon di dunia merupakan reservoir batuan karbonat (Wang dkk, 2015). Batuan karbonat menjadi objek kajian yang sangat penting di dalam fisika batuan karena batuan karbonat merepresentasikan sebagian besar reservoir minyak dan gas bumi di dunia.

Fisika batuan merupakan cabang keilmuan yang sangat penting dalam menghubungkan data seismik dengan adanya kehadiran hidrokarbon pada reservoir serta memahami karakteristik reservoir (Han dkk, 2004). Fenomena paling menarik dalam reservoir dan menjadi objek kajian dalam seismik fisika batuan adalah fenomena substitusi fluida. Substitusi fluida merupakan bagian dari studi seismik untuk memodelkan dan menghitung berbagai macam skenario substitusi

fluida (Gegenhuber, 2015). Persamaan substitusi fluida Gassmann merupakan pendekatan paling terkenal dalam menghitung kecepatan seismik dari batuan yang tersaturasi fluida akan tetapi persamaan substitusi fluida Gassmann sangat susah diterapkan pada sampel batuan karbonat dikarenakan kompleksitas dan heterogenitas dari sampel batuan karbonat itu sendiri. Keberadaan fluida pengisi pori batuan akan mempengaruhi properti elastik dan properti seismik batuan.

Memahami karakteristik properti elastik dan parameter seismik (V_p) dari batuan reservoir yang tersaturasi fluida merupakan hal yang sangat esensial untuk dimengerti. Parameter seismik secara kompleks dipengaruhi oleh banyak faktor seperti tekanan, temperatur, saturasi, jenis fluida dan porositas (Adler dkk, 2007) dan faktor utama yang berpengaruh terhadap parameter seismik adalah porositas (Gregor, 2003). Faktor-faktor tersebut saling berhubungan satu sama lain sehingga perubahan pada satu faktor berakibat pada perubahan faktor yang lain, karena itu penyelidikan efek perubahan satu parameter tunggal dengan tidak mengubah parameter-parameter yang lainnya menjadi sangat penting dalam memahami aplikasi fisika batuan pada interpretasi seismik. Salah satu cara menyelidiki sifat elastik dan seismik dari suatu batuan yaitu dengan cara merambatkan gelombang ultrasonik pada sampel batuan. Instrument yang digunakan untuk menghasilkan gelombang ultrasonik adalah *sonic viewer*.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahannya sebagai berikut:

1. Bagaimana efek kehadiran fluida terhadap parameter elastik batuan karbonat formasi X Sumatera Selatan?
2. Bagaimana efek kehadiran fluida terhadap parameter seismik batuan karbonat formasi X Sumatera Selatan?
3. Bagaimana efek porositas terhadap parameter seismik batuan karbonat formasi X Sumatera Selatan?

1.3 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui efek kehadiran fluida terhadap parameter elastik batuan karbonat formasi X Sumatera Selatan.
2. Mengetahui efek kehadiran fluida terhadap parameter seismik batuan karbonat formasi X Sumatera Selatan.
3. Mengetahui efek porositas terhadap parameter seismik batuan karbonat formasi X Sumatera Selatan.

1.4 Batasan masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Frekuensi yang digunakan dalam pengukuran gelombang seismik pada sampel batuan karbonat adalah 200 kHz.

2. Jenis batuan yang digunakan adalah batuan karbonat.
3. Pada penelitian ini analisa yang dilakukan sebatas pada nilai kecepatan gelombang P sampel batuan karbonat dari formasi X Sumatera selatan.

1.5 Manfaat penelitian

Adapaun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam dunia akademik memberikan informasi tentang karakteristik dari batuan karbonat dalam studi Fisika Batuan.
2. Dalam dunia perindustrian khususnya pada tahap eksplorasi minyak bumi memberikan model data perbandingan kecepatan gelombang P untuk mengidentifikasi jenis dan kuantitas fluida pada batuan reservoir.



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian serta pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kehadiran fluida pengisi pori berpengaruh pada parameter-parameter elastik batuan karbonat formasi X Sumatera Selatan. Adapun nilai untuk poisson rasio, modulus geser, modulus bulk dan konstanta lame mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan nilai saturasi fluida.
2. Kehadiran fluida pengisi pori berpengaruh terhadap nilai kecepatan gelombang P pada sampel batuan karbonat formasi X Sumatera Selatan. Pada kasus tersaturasi air 0% menjadi tersaturasi air 100% nilai kecepatan gelombang P sampel 1 mengalami kenaikan 408,54 m/s dan sampel 2 sebesar 360,08 m/s sedangkan pada kasus tersaturasi minyak nilai kecepatan gelombang P sampel 1 mengalami kenaikan sebesar 327,88 m/s dan sampel 2 sebesar 284,53 m/s.
3. Perbedaan porositas berpengaruh terhadap parameter seismik batuan. Pada sampel dengan porositas yang tinggi (sampel 1) mempunyai nilai kecepatan gelombang P yang lebih rendah dibandingkan sampel batuan dengan porositas rendah (sampel 2) baik pada kondisi saturasi 0% maupun kondisi saturasi 100%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, masih terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperbaiki pada penelitian yang akan dilakukan berikutnya, diantaranya :

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan menggunakan frekuensi yang mendekati frekuensi seismik lapangan.
2. Pada penelitian selanjutnya disarankan menggunakan lebih banyak sampel batuan karbonat yang diukur.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, L., Michael, B., dan Ivan, B. 2006. Gassmann Fluid Substitution and Shear Modulus Variability in Carbonates at Laboratory Seismic and Ultrasonic Frequencies. *GEOPHYSICS*, Vol. 71, No 6. November-Desember 2006.
- Adler, J., dan Handoko, B. E. 2007. Pengukuran Parameter Seismik dan Difraksi sinar-X (XRD) pada Batuan Karbonat Formasi Parigi. *PROC. ITB Sains & Tek.* Vol. 39 A, No. 1&2 2007 : 146-165.
- Ahr, W.,M. 2008. *Geology of Carbonates Reservoirs*. New Jersey : John Wileys and Son
- Anonim. 2016. *Indonesia Investment*. Diakses 5 Agustus 2018 dari <https://www.indonesia-investments.com/id/bisnis/komoditas/minyak-bumi/item267?>
- Anonim. 2018. *tafsirq*. Diakses 5 Agustus 2018 dari <https://tafsirq.com/45-al-jasayah/ayat-13>.
- Booklet–Eksplorasi-IATMI-SMUI. 2014. *Eksplorasi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Fakhri, J. 2010. Sains dan Teknologi dalam Al-qur'an dan Implikasinya dalam pembelajaran. *TA'BID*. Vol.19 No.1 Juni 2010 : 121-142.
- Gregor, P dan Gregor T. Beachle. 2003. Factors Controlling Elastic Properties in Carbonat Sediments and Rocks. *The Leading Edge*.
- Gegenhuber, Nina. 2015. Application of Gassmann's equation for laboratory data from carbonates. *Austrian Journal of Earth Sciences*, Vol.108 No.2 2003 : 239-244.
- Guegen, Yves dan Victor Palciauskas. 1994. *Introduction Physics Rocks*. Amerika Serikat. Princenton University Press.
- Hamada G.M.. 2004. Reservoir Fluids Identification Using Vp/Vs Ratio. *Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP*. Vol.59 No.6 2004: 649-654.
- Han, De-hua., dan Batzle, M. L. 2004. Gassman's Equation and Fluid Substitution Effects on Seismic Velocities. *GEOPHYSICS*, Vol.69 No.2 April 2004: 398-405.
- Ibrahim, Gunawan, dan Subardjo. 2005. *Pengetahuan Seismologi*. Badan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.

- Koesoemadinata, R. 1980. *Geologi Minyak dan Gas bumi (dengan modifikasinya)*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Maulana, H. 2017. *Kompas*. Diakses 7 Agustus 2018 dari <https://regional.kompas.com/read/2017/11/02/11192211/skk-migas-indonesia-tidak-lagi-negara-kaya-minyak-bumi-dan-gas>
- Mavko, G., Tapan, M., dan Jack, D. 2009. *The Rocks Physics Handbook Tools for Seismic Analysis Porous Media*. New York: Cambridge University Press.
- Qadar, K. 2014. *Experimental Study of Stress Dependent P-and S-wave Velocities in Both Dry and Saturated Sand*. Norwegian: Norwegian University of Science and Technology.
- Sidiq, I., N. 2017. *Identifikasi Besaran Fisis Sampel Core Reservoir Karbonat Berdasarkan Citra*. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Sismanto. 2006. *Dasar-dasar akuisisi dan Pemrosesan data Seismik*. Yogyakarta : Geofisika UGM
- Sismanto. 2012. *Handout Fisika Batuan*. Yogyakarta: Prodi Geofisika UGM.
- Sitarahmi, Wulan., dan Mochamad Imron. 2019. *Pemanfaatan Minyak dan Gas Bumi*. Jakarta: Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sheriff, RE. 2004. *Applied Geophysics* (2nd ed). Cambridge University Press. New York.
- Wang, Z., Wang, R., dan Schmitt, D. R. 2015. The Elastic Moduli and Velocities of Artificial Carbonate rocks with Known Pore Structure at different Saturation conditions. *Geoscience new horizons* (pp. 1-5). Calgary: Geoscience new horizon.