

**KARAKTERISASI RESERVOIR MENGGUNAKAN INVERSI SEISMIK
IMPEDANSI AKUSTIK (AI) DAN MULTI ATRIBUT SEISMIK
PROBABILISTIC NEURAL NETWORK (PNN) PADA LAPANGAN ‘X’
SUB-CEKUNGAN TAMIANG CEKUNGAN SUMATRA UTARA**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika



Oleh:

**ANGGI EKA PUTRI ARIANTI
NIM.08021281520052**

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

LEMBAR PENGESAHAN

**KARAKTERISASI RESERVOIR MENGGUNAKAN INVERSI SEISMIK
IMPEDANSI AKUSTIK (AI) DAN MULTI ATRIBUT SEISMIK
PROBABILISTIC NEURAL NETWORK (PNN) PADA LAPANGAN 'X'
SUB-CEKUNGAN TAMIANG CEKUNGAN SUMATRA UTARA**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika

Oleh:

Anggi Eka Putri Arianti
08021281520052

Indralaya, Juli 2019

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II


Drs. Pradanto Poerwono, DEA
NIP.195807241985031012

Dosen Pembimbing I


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

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



"Hidupku terlalu berat untuk mengandalkan diri sendiri tanpa melibatkan bantuan Allah SWT dan orang lain".

Ya Allah dengan izin-Mu kuberhasil melewati satu rintangan untuk sebuah keberhasilan. Namun kutahu keberhasilan bukanlah akhir dari perjuangan, tapi awal dari sebuah harapan dan cita-cita. Jalan didepanku masih panjang , masih jauh perjalananku. Untuk menggapai masa depan yang cerah. Tuk bisa membahagiakan orang-orang yang kucintai.

Ku persembahkan Skripsi kepada:

Ayahanda tercinta Suari dan Ibunda tercinta Panti Yosepa. Aku takkan pernah lupa semua pengorbanan dan jerih payah yang engkau berikan untukku agar dapat menggapai cita-cita dan semangat serta doa yang kau latunkan untukku sehingga kudapat raih kesuksesan ini. Asaku kelak dapat membahagiakan dirimu sampai akhir hayatmu, semoga.

Doakan aku ayah, doakan aku ibu.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahi Rabbil Alamin Wabihinasta'in Wa'ala Umuriddunnya Waddin
Wa'ala Alihi Washobihi Ajma'in 'Amma Ba'du.

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT kerena berkat rahmat dan limpahan rahmat-Nya skripsi yang berjudul "**Karakterisasi Reservoir Menggunakan Inversi Seismik Impedansi Akustik (AI) dan Multi Atribut Seismik Probabilistic Neural Network (PNN) Pada Lapangan 'X' Sub-cekungan Tamiang Cekungan Sumatra Utara**" disusun untuk melengkapi salah satu persyaratan kurikulum di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Ayahanda dan ibunda tercinta serta keluarga besar yang telah memberikan segala dukungan moril dan materinya sehingga penulis sampai seperti saat ini.
2. Bapak M. Yusup Nur Khakim, Ph. D., dan Bapak Drs. Pradanto Poerwono, DEA selaku pembimbing I dan pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya.
3. Bapak Dr. Frinsyah Virgo S.Si., M.T. selaku ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Fitri Suryani Arsyad, M. Si selaku pembimbing akademik yang telah memberikan nasehat, motivasi, dan masukan untuk penulis dalam menyelesaikan studinya.
5. Dosen geofisika Bapak Dr. Azhar K Affandi, M.Si., Sutopo S.Si., M.Si., Dr. Dedi Setiabudidaya, Ibu Erni, S.Si, M.Si., Siti Sailah S.Si., M.Si., atas ilmunya yang diberikan kepada penulis.
6. Dosen dan staf fisika yang telah membimbing selama masa studi dan tim penguji yang telah meluangkan waktunya.
7. Bapak Ir. Agus Cahyono Adi, M.T., selaku Direktur Kepala Pusdatin ESDM Jakarta.
8. Bapak Ir. Haryono selaku Direktur PT. Patra Nusa Data (PND) Tangerang Selatan.
9. Bapak H. Yayan Mulyana, S.Si, M.M selaku *Head of National Data Management Departement* PT Patra Nusa Data (PND) Tangerang Selatan.

10. Bapak Ir. H. Herry Gunawan, M.Si selaku *Head of Geodata Development Department* PT Patra Nusa Data (PND) Tangerang Selatan.
11. Bapak Widi Atmoko S.T., M.Eng. selaku pembimbing lapangan, Pak Pronowo (CNOOC), Mba hisbin, Mas Dwi dan Pak Junaidi terimakasih banyak penulis haturkan atas sharing ilmunya.
12. Sahabat yang selalu ada dalam suka maupun duka “Tubies” (Siska, Utin, Anisah, Amel, Anis dan Nur’aini) dan para penghuni server, Kristina, Mba wik, Ghina yang telah menjadikan kehidupan kampus menjadi lebih bermakna, serta teman – teman Fisika 2015 yang telah membantu.
13. Teman – teman seperjuangan TA di PND dari Untad (Kak Resti dan Kak Abdu), Undip (Riana dan Michael) atas pengalaman, kerjasama serta sharing ilmu dalam waktu kurang lebih 2 bulan.
14. Sahabat – sahabat Aslab Fisika Komputasi, Aslab Eksperimen Fisika, BEM FMIPA, AAPG, IMGF, HIMAFIA, KOSMIC, Manna Wa Salwa terimakasih atas pengalaman organisasi yang telah diberikan sehingga sudah menciptakan sebuah keluarga baru selama menempuh pendidikan dikampus tercinta.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dari penulis. Oleh karena itu, penulis sangat berterimakasih atas saran dan kritik yang dapat membantu dan mendukung dalam skripsi ini.

Indralaya, Juli 2019

Anggi Eka Putri Arianti
NIM. 08021281520052

**KARAKTERISASI RESERVOIR MENGGUNAKAN INVERSI SEISMIK
IMPEDANSI AKUSTIK DAN MULTI ATRIBUT SEISMIK *PROBABILISTIC
NEURAL NETWORK* (PNN) PADA LAPANGAN 'X' SUB-CEKUNGAN
TAMIANG CEKUNGAN SUMATRA UTARA**

Oleh :

**Anggi Eka Putri Arianti
NIM. 08021281520052**

ABSTRAK

Sub-cekungan Tamiang Cekungan Sumatra Utara merupakan area pertama di Indonesia yang memproduksi hidrokarbon. Data yang digunakan pada skripsi ini adalah 5 data sumur dan data seismik 3D *Post Stack*. Target ditentukan terutama pada antiklin tubuh terumbu berumur Miosen. Perlu dilakukan integrasi data sumur dan data seismik karena berguna untuk mendapatkan interpretasi yang baik dalam proses eksplorasi hidrokarbon. Data sumur menggunakan analisis petrofisika guna mendapatkan nilai saturasi hidrokarbon kemudian diintegrasikan menggunakan metode inversi *bandlimited* dan metode seismik multiatribut. Metode inversi *bandlimited* dilakukan untuk menghitung *impedans* lapisan batuan berikutnya dari lapisan sebelumnya berupa informasi secara fisis bumi berdasarkan informasi rekaman sesimik yang dikontrol oleh data sumur. Sedangkan metode seismik multiatribut adalah metode yang menggunakan lebih dari satu atribut untuk memprediksi beberapa sifat fisik dari bumi. Prediksi yang dilakukan adalah persebaran porositas dari volume seismik termasuk porositas pada sumur C-26 dan E-29, lapangan X yang diduga terdapat kemenerusan reservoar yang terakumulasi hidrokarbon. Untuk meningkatkan korelasi antara *actual log* dan *predict log* dilakukan metode *Probabilistic Neural Network*. Dari hasil prediksi diketahui sebaran porositas lapangan X pada zona target terumbu adalah dalam *range* 15.5% - 17.5%.

Kata kunci : Sub-cekungan Tamiang, Cekungan Sumatra Utara, Inversi *Bandlimited*, Terumbu, Multiatribut, Porositas, *Probabilistic Neural Network*

Dosen Pembimbing II



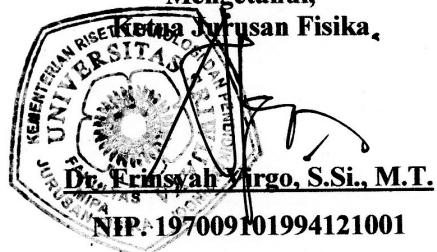
Drs. Pradanto Poerwono, DEA
NIP.195807241985031012

Dosen Pembimbing I



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

Mengetahui,



**RESERVOIR CHARACTERIZATION USING SEISMIC INVERSION OF
ACOUSTIC IMPEDANCE AND MULTI ATTRIBUTES SEISMIC
PROBABILISTIC NEURAL NETWORK (PNN) IN THE FIELD 'X' TAMIANG
SUB-BASIN NORTH SUMATERA BASIN**

By :

**Anggi Eka Putri Arianti
08021281520052**

ABSTRACT

Tamiang Sub-basin of The North Sumatra Basin is the first area in Indonesia to produce hydrocarbons. The data used in this research are 5 well data and 3D Post Stack seismic data. The target was determined primarily on Miocene aged anticlines and reef bodies. Integration of well data and seismic data needs to be done, because it is useful to get a good interpretation of the hydrocarbon exploration process. Well data used petrophysical analysis to obtain hydrocarbon saturation values and then integrated using bandlimited inversion methods and multi attributes seismic methods. The bandlimited inversion method is used to calculate the impedance of the next rock layer from the previous layer in the form of physical information on the earth based on the information of the symmetrical record which is controlled by the well data. While multi-attribute seismic methods are use more than one attributes to predict some physical properties of the earth. The prediction carried out is the porosity distribution of seismic volume including porosity in C-26 and E-29 wells, field X which is assumed to have reservoir continuity which accumulates hydrocarbons. To increase the correlation between actual log and predict log, the Probabilistic Neural Network method is used. From the prediction results it is known that the distribution of X field porosity in the target reef zone is in the range of 15.5% - 17.5%.

Keywords : Tamiang Sub-Basin, North Sumatra Basin, Bandlimited Inversion, Reef, Multiatributes, Porosity, *Probabilistic Neural Network*

Dosen Pembimbing II



Drs. Pradanto Poerwono, DEA
NIP.195807241985031012

Dosen Pembimbing I



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

Mengetahui,

Kegunaan Jurusan Fisika,



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.

LEMBAR PENGESAHAN.....

LEMBAR PERSEMPAHAN.....

KATA PENGANTAR..... i

ABSTRAK..... iii

ABSTRACT iv

DAFTAR ISI..... v

DAFTAR GAMBAR..... viii

DAFTAR TABEL ix

BAB I..... 1

PENDAHULUAN 1

 1.1. Latar Belakang 1

 1.2 Rumusan Masalah 2

 1.3. Tujuan Penelitian 2

 1.4 Batasan Masalah 2

 1.5. Manfaat Penelitian 3

BAB II 4

GEOLOGI REGIONAL..... 4

 2.1. Kerangka Tektonik Cekungan Sumatra Utara 4

 2.2 Struktur dan Statigrafi Lapangan X 5

 2.3 Pergerakan Siklus dan Aktivitas Vulkanik 7

BAB III..... 9

DASAR TEORI..... 9

 3.1 Konsep Dasar Analisa Petrofisika 9

 3.1.2 Kandungan Lempung (*Vsh*) 12

 3.1.3 Penentuan litologi 12

 3.1.4 Penentuan porositas 13

 3.1.5 Penentuan kejenuhan air (*Sw*) 15

 3.2 Konsep Dasar Seismik Refleksi 16

 3.3 Pengikatan Data Seismik dan Sumur (*well – Seismic Tie*) 18

 3.4 Inversi Seismik 19

3.6 Analisa Multi atribut Seismik.....	21
3.7 Regresi Linear Multi atribut	22
3.8 <i>Probabilistic Neural Network</i> (PNN).....	23
BAB IV	26
METODOLOGI PENELITIAN.....	26
4.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	26
4.2. Prosedur Penelitian	26
BAB V.....	38
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
5.1 Hasil Analisa kuantitatif <i>petrophysics</i>	38
5.2 Hasil Analisa Model Inversi	40
5.3 Hasil Analisa <i>Cross Plot</i>	45
5.4 Analisa multi atribut.....	48
5.4 Analisa Terintegrasi Inversi Impedansi Akustik dan Seismik Multi atribut.....	53
BAB VI	56
KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
6.1 Kesimpulan.....	56
6.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57
Lampiran 1.....	x
Lampiran 2.....	xvii
Lampiran 3.....	xx

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Elemen tektonik dan Sumatra Utara Basin	4
Gambar 2.2. Startgrafi Cekungan Sumatra Utara.....	7
Gambar 3.1. Nilai <i>gamma ray</i> pada litologi batuan	9
Gambar 3.2. Ilustrasi penentuan porositas	13
Gambar 3.3. Konsep gelombang seismik refleksi	17
Gambar 3.4. Seismogram sintetik yang diperoleh dari konvolusi RC dan <i>wavelet</i>	18
Gambar 3.5. Perbedaan prinsip antara <i>forward modeling</i> dengan inversi.....	20
Gambar 3.6. Berikut ini contoh kasus tiga atribut seismik, pada tiap sampel log dimodelkan dengan kombinasi linier pada interval waktu yang sama.	22
Gambar 3.7. Prediksi kurva yang diperoleh dari MLFN dengan lima nodes pada hidden layer.....	25
Gambar 3.8. Prediksi kurva yang diperoleh dari PNN. Data yang digunakan sama dengan Gambar 3.6	25
Gambar 4.1. <i>Base map seismic 2D inline and xline</i>	27
Gambar 4.2. Korelasi sumur pada log gamma ray	29
Gambar 4.3. (A) <i>Wavelet statistical</i> , (B) <i>wavelet bandpass</i> dan (C) <i>wavelet ricker</i>	31
Gambar 4.4. Korelasi <i>well to seismic tie</i> pada sumur C-26 <i>inline 482</i>	32
Gambar 4.5. Korelasi pada menu e-log sumur C-26	32
Gambar 4.6. <i>Picking horizon inline 482</i>	33
Gambar 4.7. <i>Time Structure map</i>	34
Gambar 4.8. <i>Picking fault seismic 2D</i>	35
Gambar 4.9. <i>Fault Seismic 3D</i>	36
Gambar 4.10. Diagram alir penelitian.....	37
Gambar 5.1. NPHI & RHOB Xplot untuk reservoir hidrokarbon berisi minyak.....	38
Gambar 5.2. NPHI & RHOB Xplot untuk reservoir hidrokarbon berisi Gas	39
Gambar 5.3. NPHI & RHOB Xplot untuk reservoir hidrokarbon berisi air	39
Gambar 5.4. Penampang seismik <i>model earth</i>	41

Gambar 5.5. (A) <i>Correlation Model Based</i> [Corr: 0.41417, Error: 2034.54] (B) <i>Correlation Bandlimited</i> [Corr: 0.9855, Error: 2154.96].....	43
Gambar 5.6. Hasil inversi AI <i>bandlimited Inline</i> 482.....	44
Gambar 5.7. <i>Slicing</i> nilai AI pada horizon FS 3 Afull	45
Gambar 5.8. <i>Crossplot plot p-impedance vs porosity</i> indikator <i>color gamma ray</i> pada sumur C-26 dan E-29	47
Gambar 5.9. Aplikasi multiatribut menggunakan regresi linear.....	48
Gambar 5.10. Aplikasi multi atribut menggunakan PNN	49
Gambar 5.11. <i>Average dan validasi error for all wells</i>	50
Gambar 5.12. <i>Crossplot</i> regresi linear multi atribut CC= 0.75067	51
Gambar 5.13. <i>Crossplot</i> menggunakan PNN CC= 0.85348	51
Gambar 5.14. Penampang AI dan <i>porosity</i> pada <i>inline</i> 482	52
Gambar 5.15. <i>Slicing porosity map</i> horizon FS3	53
Gambar 5.16. 3D <i>map depth slice</i> horizon FS 3.....	54
Gambar 5.17. 2D <i>map depth slice</i> horizon FS 3.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Variasi harga densitas batuan dengan kandungan fluida tertentu dari beberapa lapangan minyak bumi	11
Tabel 4 1. Rangkaian Kegiatan Penelitian	26
Tabel 5 1. <i>Pay Summary</i> sumur C-26.....	40
Tabel 5 2. <i>Pay Summary</i> sumur E-29	40
Tabel 5 3. Hasil analisa <i>error</i> dan korelasi beberapa teknik inversi	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Cekungan Sumatra Utara merupakan cekungan yang produktif menghasilkan minyak dan gas. Lapangan gas terbesar adalah lapangan Arun dan lapangan minyak terbesar yaitu Rantau yang masing-masing berisi sekitar 14 (*Trilion Cubic Feet*) TCF dan 300 Mbbl sumber daya awal. Cekungan ini diketahui batuan terumbu yang menjadi *play* hidrokarbon, sehingga perlu diketahui data sebaran porositas seperti apa yang terdapat pada bawah permukaan batuan klastik tersebut Berbeda dengan cekungan darat Sumatra lainnya, Cekungan Sumatera Utara relatif masih sedikit dilakukan pemboran (Ryacudu, 2006).

Eksplorasi pengeboran dilakukan untuk menentukan zona prospek hidrokarbon. Metode logging merupakan gambaran berupa kurva-kurva bawah permukaan yang lebih detail dan terekam secara kontinu. Analisa petrofisika adalah suatu metode pendukung dalam usaha evaluasi formasi dengan cara menggunakan hasil rekaman logging sebagai sumber utama. Analisa petrofisika dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu kualitatif dan kuantitatif baik secara manual maupun dengan menggunakan perangkat lunak. Melalui analisa petrofisika dapat diinterpretasikan untuk penentuan zona reservoir serta nilai saturasi hidrokarbon yang terkandung dalam suatu formasi tersebut (Harsono, 1997). Analisa petrofisika merupakan interpretasi secara vertikal sedangkan untuk mendapatkan analisa secara lateral dapat menggunakan metode seismik. Dalam penelitian ini menggunakan metode inversi seismik (*seismic inversion*) impedansi akustik untuk mengembalikan suatu respon seismik ke model bawah permukaan bumi dengan suatu parameter inversi yang terbaik (Russel, 1996).

Untuk memprediksi sebaran nilai porositas yang mendekati nilai sebenarnya pada inversi seismik maka dapat digunakan penambahan metode multi atribut guna mengetahui pada daerah target. Atribut seismik yang akan digunakan dalam proses tersebut, terlebih dahulu dilakukan uji korelasi antara kedua data tersebut, sehingga dapat diketahui hubungan antara keduanya. Tahap ini disebut dengan ‘*training*’(Khairo, 2017). Setelah proses *training* selesai dan kita telah mengasumsikan bahwa hubungan yang dihasilkan *valid* untuk semua volume 3D, maka hubungan yang diperoleh dari data log dan seismik akan digunakan untuk memodelkan bawah permukaan bumi.

Berdasarkan penelitian Siahaan (2012) prinsip dari *neural networks* yaitu mengkorelasikan antara data sumur dan seismik atribut melalui proses korelasi dengan mengetahui data sumur yang berkorelasi paling baik dengan seismik atribut. PNN memiliki karakteristik data yang diinginkan dan cenderung lebih stabil di batas rentang atribut. Namun PNN membawa semua data *training*, sehingga waktu running pada aplikasi sedikit lebih lama (Hampson dkk, 2000).

Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk menentukan nilai porositas, saturasi air dan saturasi hidrokarbon melalui analisa petrofisika pada data sumur. Data seismik diinterpretasikan menggunakan seismik inversi untuk menentukan sebaran nilai *Acoustic Impedance*. Proses *attributte seismic* dilakukan untuk menentukan sebaran nilai porositas yang berkorelasi paling baik antara data sumur dan seismik atribut pada penampang seismik. Maka dapat mengidentifikasi zona prospek hidrokarbon untuk pengembangan dan peningkatan produksi pada lapangan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakter petrofisika dalam mengidentifikasi zona hidrokarbon?
2. Bagaimana hubungan karakteristik AI (*Acoustic Impedance*) dengan zona *interest* ?
3. Bagaimana kaitan antara *attributte seismic* dengan karakter reservoir?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan porositas, saturasi air dan saturasi hidrokarbon menggunakan analisa petrofisika.
2. Menentukan nilai AI dan sebaran porositas pada lapangan tersebut.
3. Menentukan hubungan data sumur yang berkorelasi paling baik dengan *attributte seismic*.
4. Mengidentifikasi zona prospek hidrokarbon untuk pengembangan sumur baru di area penelitian.

1.4 Batasan Masalah

Data yang digunakan dalam analisa petrofisika berjumlah 5 data well sedangkan interpretasi pada data sesimik hanya menggunakan 2 data well saja, karena kelengkapan pada sumur lainnya tidak terdapat data *check shot* dan log sonik.

1.5. Manfaat Penelitian

Subcekungan Tamiang, Cekungan Sumatra Utara merupakan area yang prospektif menghasilkan hidrokarbon dalam jumlah besar, namun diperlukan analisa lebih lanjut pada zona tersebut berupa analisis karakteristik reservoir dan distribusinya dengan menggunakan inversi seismik. Oleh karena itu penelitian ini diharapkan mampu membantu interpretasi dalam pengembangan dan meningkatkan produksi pada lapangan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Asquitth, G. dan Krygowski, D. 2004, Basic Well Log Anallysis, *The Ameriican Association of Petroleum Geologist*, Tjulsa, Oklahoma 1(2): 67-70.
- Barclay, F., 2008, *Seismic Inversion, Reading between the line*, oilfield review, Spring, hal. 42-63.
- Basiouni, Z., 1994. Theory, Measurement, and Interpretation of Well Log. *Society of Petroleum Engineers, Louisiana*, 1(4): 2 – 4.
- Barnes, A.E.. 1999. Seismic attributes past, present, and future: 69th Annual Internat. *Society of Explortion Geophysics, Expanded Abstracts*. 1(3): 5.
- Brown, A., 2003. Interpretation of Three-Dimensional Seismic Data Fifth Ediition. *The American Association of Petroleum Geologists and the Society of Exploration Geophysicists, Dallas, Texas*. 2(5): 3.
- Cameron N. R. dan Aldiss, D.T., 1980. The Geological Evolution of Northern Sumatra. *IPA 2006*. 1(1): 150.
- Glover, P. 2000. *Petrophysics*. United Kingdom : University of Aberdeen.
- Gravestock, D.I., Hibburt, J.E., and Drexel, J.F., (Eds), 1998. Petroleum Geology of South Australia. Volume 4: Cooper Basin. South Australia, *Primary Industries and Resources S A (PIRSA)*.
- Hamilton, W., 1979. Subduction in the Indonesian Region Mesozoic Evolution of the Tethys in Indonesia and the Philippines. *IPA 2006*. 1(2): 90.
- Hampson, Daniel P., Schuelke, Jaames S. dan Quirein, John A. 2000. Use of multiattribute transforms to predict log properties from seismic data. *Society of Exploration Geophysicists*. 3(4): 10.
- Hampson, D. dan Russell, B., 2008. *EMERGE: Multi atribut Theory*, Hampson- Russel Perangkat lunak Services Ltd: Canada.
- Hampson, D. dan Russell, B., 2008. *EMERGE: PNN Theory*, Hampson - Russel Perangkat lunak Services Ltd: Canada.
- Harsono, A., 1997. *Evaluasi Formasi dan Aplikiasi Log edisi 8*, Schlumberger Oil field Serviices: ITB.
- Khairo, M. O., 2017. The Use of Neural Network in the Cloud Computing Environment, *Journal of Information Engineering and Applications*. 2(7): 5.

- Mulhadiyono, 1977. Depositional Study of the Lower Keutapang Sandstone in the Aru Area, North Sumatra. *IPA 2006*. 1(1) : 116 dan 118.
- Priyono, A. 2001. *Seismik Eksplorasi untuk Bidang Ilmu Kebumian*. , Geophysical Engineering, Bandung Institutte of Technology: Bandung..
- Pulonggono, A., dan Cameron N. R., 1984. Perspective Within, the Petroleum Potential in S.E. Asia : an Explorationst's View. *IPA 2006*. 1(2): 51.
- Riider, M., 2002. *The Geological Interpretation of Well Logs, 2nd Edition, revised 2002*. Scotland: Whittles Publishing.
- Russell, B.H., 1996. *Introduction to Seismic Inversion Methods*, Hampson-Russel Perangkat lunak Serviice Ltd: Calgary Alberta.
- Ryacudu, R., Djaafar, R., dan Gutomo, A., 2006. Wrench Faulting and ITS Implication For Hydrocarbon Accumulation in the Kuala Simpang Area – North Sumatra Basin. *IPA*, 06(11): 94.
- Schultz, P.S., Roonen, S., Hattori, M., dan Corbett, C., 1994, Seismic Guided Estimation of Log Proierties, *The Leading Edge*, 1(13): 305-310.
- Siahaan, V., 2012. *Aplikasi Probabilistic Neural Network Untuk Menentukan Parameter Fisis Batuan Pada Lapangan Penobscot, Canada- Nova Scotia*(Skripsi). Universitas Indonesia: Depok.
- Sukmono, S. 2000. *Fundamentals of Seismic Interpretation*, Geophysical Engiineering, Bandung Institute of Technology: Bandung.
- Sukmono, S. 2001. *Seismik Atribut Untuk Karakterisasi Reservoar*. Geophysical Engineering, Bandung Institute of Technology: Bandung.