

DESAIN AKUISISI SEISMIK LAUT 3D UNTUK EKSPLOKASI HIDROKARBON DENGAN MENGGUNAKAN METODE ENHANCED STATIC

Bagus Wibisono, Widya Utama, dan Firman Syaifuddin

Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: bagusws111@gmail.com

Abstrak. Wilayah Madura Timur bagian utara terletak pada Cekungan Jawa Timur bagian utara yang didominasi oleh lingkungan karbonat. Pada lingkungan karbonat gelombang seismik yang merambat mengalami pelemahan sehingga menghasilkan data dengan rasio S/N yang rendah. Dalam akuisisi data seismik penentuan desain akuisisi menentukan kualitas data yang didapatkan, penentuan parameter yang tidak tepat dan sesuai dengan target akan menghasilkan penampang seismik dengan rasio S/N yang rendah sehingga tidak mampu menunjukkan perlapisan bawah permukaan. Lapisan target pada penelitian ini merupakan lapisan basement pada kedalaman 4237m. Proses penentuan parameter desain akuisisi dilakukan dengan metode statik dan enhanced static dengan analisa kuantitatif yang kemudian disimulasikan pada model geologi sintetik tanpa menggunakan atenuasi gelombang untuk di analisa secara kualitatif. Parameter desain 2D enhanced static yang didapatkan yaitu fold coverage 45, interval CDP 11m dan offset 4000m dengan konfigurasi off end yang kemudian diaplikasikan pada desain akuisisi seismik 3D. Parameter desain akuisisi seismik 3D yang dianalisa adalah interval jumlah streamer, dan offset. Desain akuisisi 3D yang didapatkan antara lain konfigurasi offend dengan 6 buah streamer dengan interval 21.5m dan tiap streamer memiliki 187 buah receiver dengan interval 21.5m. Jumlah source tiap lintasan adalah 551 buah dengan interval 43m dengan jumlah lintasan 196 buah untuk lintasan receiver dan source dengan interval 64.5m. Jumlah fold yang didapat adalah 45 dan offset 4000m. Berdasarkan hasil analisa, metode enhanced static mampu menunjukkan reflektor lebih jelas. Untuk meningkatkan akurasi hasil desain akuisisi, analisa dengan menggunakan atenuasi gelombang, analisa berdasarkan model geologi 3D dan dari sisi ekonomis dapat dilakukan.

Kata Kunci: Desain Akuisisi Seismik 3D; Fold Coverage; Offset; Perambatan Gelombang; Streamer

Abstract. *The Northern Eastern Madura region lies in the northern part of the East Java Basin which is dominated by the carbonate environment. In carbonate environments, seismic wave that propagate are weakened so that generate data with a low S/N ratio. In seismic data acquisition, the determination of the acquisition design will influence the quality of the data obtained. Improper parameter determination will produce a seismic section with a low S / N ratio so that it is unable to show subsurface layers. The target layer on this research is the basement layer at 4237m depth. The process of determining the acquisition design parameters is performed by static and enhanced static method with quantitative analysis which then simulated on synthetic geological model without using wave attenuation for qualitative analysis. 2D enhanced static design parameters are (1) fold coverage 45, (2) CDP interval 11 m and (3) offset 4000m with off-end configuration which was then applied to 3D seismic acquisition design . The analyzed 3D seismic acquisition design parameters were interval number of streamer, and offset. 3D acquisition designs include an off-end configuration with 8 streamers with 21.5m intervals and each streamer has 187 receivers with intervals of 21.5m. The number of sources per track is 551 pieces at 43m intervals with a total of 196 passes for the receiver and source paths at 86m intervals. The number of fold is 45 and offset 4000m. Based on the analysis, the enhanced static method is able to show the reflector more clearly. To improve the accuracy of the acquisition design results, the analysis by using wave attenuation, analysis based on 3D geological model and from the economic side can be performed.*

Keywords: 3D Seismic Design Acquisition; Fold Coverage; Offset; Wave Propagation; Streamer

PENDAHULUAN

Cekungan Jawa Timur bagian Utara merupakan jenis cekungan lingkungan karbonat dan termasuk cekungan belakang busur yang berada pada batas tenggara dari Lempeng Eurasia. Pada lokasi ini sebelumnya sudah dilakukan akuisisi data seismik 2D yang mana menunjukkan adanya prospek minyak bumi. Berdasarkan hasil akuisisi seismik 2D tersebut maka dapat dikembangkan eksplorasi dengan menggunakan seismik 3D. Pada lingkungan karbonat, gelombang seismik yang merambat mengalami pelemahan sehingga menghasilkan data seismik dengan rasio S/N yang rendah. Rasio S/N yang rendah tersebut disebabkan karena adanya kontras kecepatan dan densitas yang tinggi. Nilai kontras yang tinggi menyebabkan gelombang seismik cenderung dipantulkan sehingga kenampakan reflektor dibawah lapisan karbonat menjadi tidak jelas.

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan desain akuisisi seismik 3D berdasarkan data seismik 2D yang sudah tersedia. Dalam penentuan desain akuisisi tersebut digunakan metode *enhanced static* untuk mendapatkan data seismik dengan *signal to noise ratio* (S/N) yang tinggi sehingga mampu menunjukan lapisan target dengan baik. Lapisan target pada penelitian ini merupakan lapisan *basement* yang berada dibawah lapisan karbonat. Penelitian ini juga bertujuan untuk mendapatkan parameter desain akuisisi 3D dan membandingkan metode desain akuisisi statik dengan metode *enhanced static*. Parameter desain akuisisi yang dianalisa pada penelitian ini adalah interval *common depth point* (CDP), *fold coverage*, *far offset*, dan jumlah *streamer*.

Geologi Regional

Daerah penelitian terletak pada sebelah Timur Pulau Madura yang terletak pada lepas pantai Pulau Madura. Daerah tersebut termasuk pada Cekungan Jawa Timur bagian Utara yang dikelompokkan sebagai cekungan belakang busur yang terbentuk akibat tumbukan Lempeng Hindia Australia yang bergerak kearah utara terhadap lempeng Sunda yang dicirikan oleh anomali rendah didaerah tumbukan dan anomali tinggi didaerah pegunungan selatan Jawa (Fatahillah dkk., 2016). Kerangka tektonik cekungan Jawa Timur Utara berupa *graben*, *half-graben* dan sesar-sesar hasil dari proses *rifting* yang dihasilkan pada periode ekstensional yaitu pada masa Paleogen (Panjaitan, 2010).

Pada Zaman Kapur Akhir cekungan ini merupakan cekungan laut di bagian selatan zona subduksi (Satyana dan Purwaningsih, 2003). Cekungan Laut Jawa Bagian Timur dibatasi di bagian barat oleh Busur Karimunjawa, di bagian timur oleh laut dalam Lombok, Flores, Salayar dan Cekungan Makasar Selatan. Cekungan ini memanjang ke arah timur-laut dari lepas pantai busur vulkanik Laut Jawa hingga ujung tenggara Kalimantan dan bergabung dengan bagian selatan Selat Makasar dan dibatasi dibagian timur-laut oleh Paternoster Platform dan Zona Sesar Adang (Satyana dan Purwaningsih, 2003).

Interval *Common Depth Point* (CDP) dan Ukuran Bin

Ketika sumber gelombang diberikan dibawah permukaan, maka gelombang tersebut akan memantul ketika bertemu dengan medium yang berbeda. Pada seismik 2D jarak antar titik pantul tersebut merupakan CDP interval. Sedangkan pada seismik 3D, titik pantul tersebut berada pada suatu bidang atau area yang disebut BIN. CDP merupakan banyaknya gelombang yang melalui titik atau target yang sama. Sehingga ketika semakin banyak CDP pada satu titik maka data yang didapatkan akan memiliki rasio S/N yang tinggi. (Chaouch dan Mari, 2006). Untuk mendapatkan interval CDP atau ukuran BIN tersebut digunakan persamaan (1) berikut:

$$\text{CDP/Ukuran BIN} = \frac{V_{rms}}{4 \times f_{max} \times \tan \alpha} \quad (1)$$

dengan V_{rms} adalah kecepatan rata – rata lapisan, f_{max} adalah frekuensi maksimal dari gelombang seismik, dan $\tan \alpha$ adalah nilai \tan dari sudut kemiringan maksimum target (Chaouch dan Mari, 2006).

Far Offset

Far offset merupakan jarak terjauh antara sumber gelombang dengan *receiver* yang dapat merekam sumber gelombang tersebut. *Far offset* akan mempengaruhi kedalaman yang didapatkan pada akuisisi data seismik seperti pada persamaan berikut ini:

$$H(\max) = 0.5 \times Z \times \left(\frac{V+V_s}{V-V_s} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

dimana $H(\max)$ adalah *far offset*, Z adalah kedalaman target, V adalah kecepatan rata – rata hingga lapisan target, dan V_s adalah kecepatan pada lapisan permukaan (Talagapu, 2005).

Jumlah Channel

Penentuan jumlah receiver ditentukan berdasarkan panjang lintasan serta jarak antar receiver. Penentuan jumlah receiver ini akan mempengaruhi *fold coverage* yang didapatkan ketika akuisisi. Namun, nilai *fold coverage* tidak hanya ditentukan oleh receiver, melainkan dipengaruhi juga oleh source. Adapun untuk menghitung jumlah receiver dapat menggunakan persamaan sebagai berikut ini:

$$\sum Ch = \frac{Far\ offset}{\Delta R} \quad (3)$$

dimana $\sum Ch$ merupakan jumlah dari receiver dalam satu lintasan, ΔR merupakan jarak atau interval antar receiver. Persamaan tersebut digunakan acuan untuk menentukan jumlah receiver yang digunakan (Cordson dkk., 2000).

Desain Akuisisi Seismik Laut

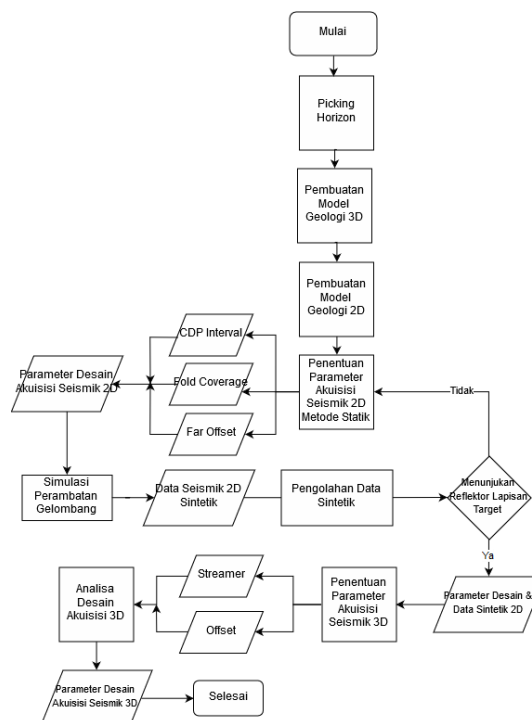
Akuisisi data seismik laut dilakukan dengan menggunakan beberapa streamer terletak yang di belakang kapal. Setiap streamer menggabungkan ratusan hidrophon yang diletakan pada jarak tertentu. Panjang satu streamer dapat mencapai 6 sampai 8 kilometer. Pada bagian belakang kapan terdapat satu atau lebih sumber seismik. Sumber seismik tersebut biasanya berasal dari rangkaian *air-guns* (Biondi, 2006). Untuk melakukan akuisisi, seperti pada halnya seismik darat perlu dibuat terlebih dahulu desain akuisisinya. Tujuan utama dari pembuatan desain akuisisi adalah untuk mendapatkan sampel kubus yang cukup yang dapat menggambarkan secara akurat dari hasil migrasi post-stack. Parameter desain lainnya yang juga penting adalah *offset*. *Offset* minimum harus sekecil mungkin agar dapat cukup mencangkup target dangkal. *Offset* maksimum harus sebesar mungkin agar mendapatkan estimasi kecepatan yang akurat yang dibutuhkan untuk penggambaran *stacking* dan *post-stack* (Biondi, 2006).

METODOLOGI

Penelitian dilakukan untuk mendapatkan desain akuisisi seismik 3D dengan menggunakan metode *enhanced static* dan membandingkan metode tersebut dengan metode statik. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah 25 buah lintasan seismik 2D dan 1 buah data sumur. Data sumur yang digunakan adalah *well marker*, log densitas, dan log sonik. Lokasi penelitian berada disebelah Timur pulau Madura dengan luas area penelitian sebesar 396,6 km².

Artikel diterima 9 Oktober 2018, Revisi 28 Oktober 2018. Online 30 November 2018
<http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v4i3.4509>

Berikut ini merupakan diagram alir dari penelitian yang dilakukan :



Gambar 1. Alur penelitian

Penelitian ini terbagi menjadi 2 tahap, yaitu tahap pembuatan model dan pembuatan desain akuisisi. Model geologi sintetik ini dibuat berdasarkan data seismik serta data sumur yang ada. Model tersebut akan dibutuhkan untuk simulasi desain akuisisi yang dibuat. Setelah membuat model geologi sintetik, selanjutnya adalah menentukan parameter desain akuisisi berdasarkan analisa kuantitatif berdasarkan persamaan yang ada. Analisa secara kuantitatif ini disebut juga metode statik. Setelah didapatkan parameter desain berdasarkan analisa kuantitatif, maka akan dilakukan simulasi desain akuisisi pada model geologi sintetik yang telah dibuat. Simulasi tersebut akan menghasilkan data seismik sintetik yang akan dianalisa kualitasnya secara kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap pembuatan model geologi terdapat beberapa langkah yang harus dikerjakan, yaitu pengikatan data sumur dengan data seismik, ekstrapolasi data sumur dan *picking horizon* untuk menentukan batas lapisan. Informasi parameter lapisan bawah permukaan berupa nilai densitas dan

kecepatan lapisan juga didapatkan dari data sumur tersebut. Pada tahap pembuatan tersebut menghasilkan informasi jumlah lapisan bawah

permukaan dengan nilai densitas dan kecepatan seperti pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Jumlah Lapisan serta Parameter Fisis Lapisan

Sumur	Lapisan	Kedalaman (m)	Kecepatan Interval(m/s)	Densitas (kg/m ³)
PJG-1	Water	0-258	1500	1000
PJG-1	Seafloor	258-376	1139.936276	1780.057
PJG1	EJ8-TbNCarb	376-556	1344.537143	1886.59
PJG-1	EJ1-A	556-847	1732.407394	2043.906
PJG-1	EJ1-B	847-941	1593.597778	2135.427
PJG-1	EJ1-C	941-2887	2717.037763	2404.456
PJG-1	EJ5-CDCarb	2887-3248	4486.109628	2697.393
PJG-1	EJ4-NGBCarbShale	3248-3368	4620.142719	2662.986
PJG-1	EJ4-NGBClastic	3368-3646	4649.858514	2661.14
PJG-1	EJ3-SynRift-2	3646-3958	5130.443309	2804.559
PJG-1	EJ2-SynRift-1	3958-4237	5690.108443	2821.649
PJG-1	Basement	>4237	6549.725531	2810.164

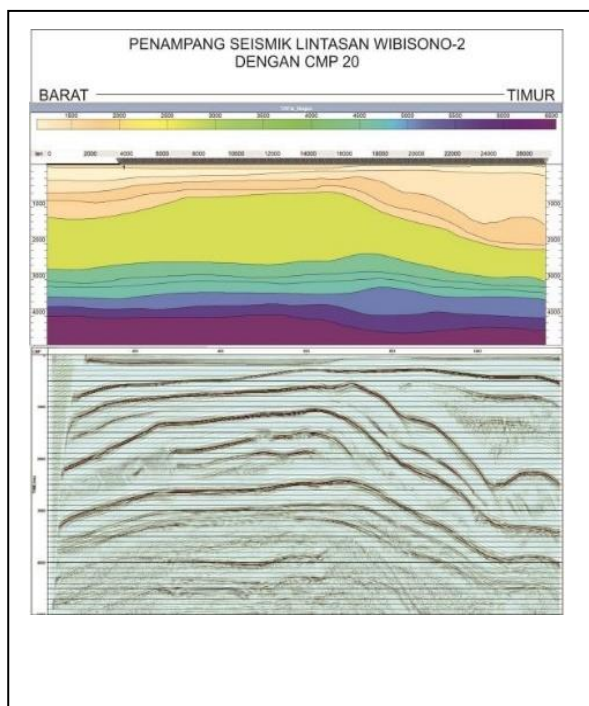
Informasi kedalaman lapisan target; yang pada penelitian ini merupakan lapisan basement; dibutuhkan untuk menentukan nilai *far offset* dalam analisa kuantitatif. Kemudian kecepatan interval dan densitas lapisan akan mempengaruhi perambatan gelombang dalam simulasi desain akuisisi berdasarkan analisa kuantitatif. Berdasarkan informasi kecepatan interval pada tabel 1. lapisan yang merupakan batuan karbonat berada pada kedalaman 2887m. Hal tersebut karena terdapat kontras kecepatan yang sangat tinggi. Kontras kecepatan yang sangat tinggi tersebut akan mempengaruhi perambatan gelombang seismik karena gelombang tersebut akan cenderung dipantulkan sehingga lapisan yang berada dibawahnya tidak tercitrakan dengan baik.

Setelah pembuatan model geologi, maka selanjutnya adalah menentukan paramter desain akuisisi seismik 2D berdasarkan analisa kuantitatif. Anaisa kuantitatif dilakukan dengan menghitung nilai interval CDP, kemudian nilai *fold coverage*, dan nilai *far offset*. Berdasarkan analisa kuantitatif tersebut didapatkan parameter desain akuisisi seperti pada tabel 2.

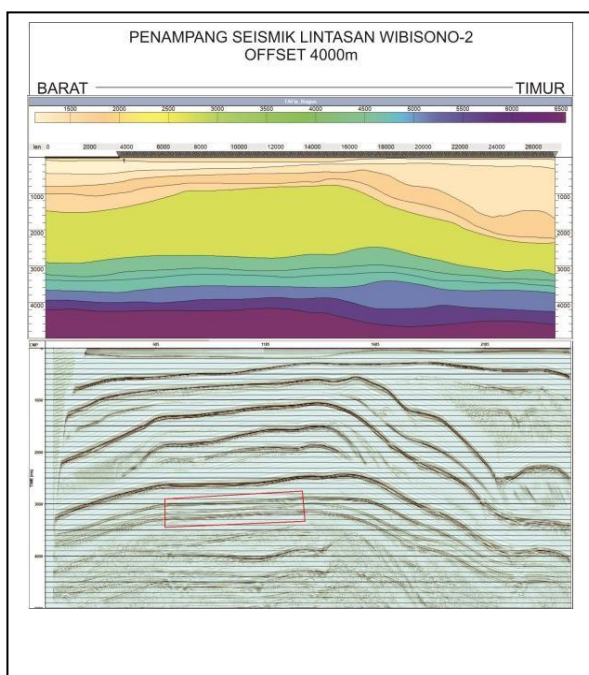
Parameter	Ukuran
CDP Interval	22 m
Jumlah Shot	551
Jumlah Receiver	93
Interval Shot	43 m
Interval Receiver	43 m
Far Offset	3193.517 m
Fold	45

Parameter tersebut kemudian disimulasikan untuk mengetahui data seismik yang didapatkan. Data seismik yang didapatkan dianalisa secara kualitatif untuk mengetahui bahwa lapisan target sudah tercitrakan dengan baik atau belum. Analisa tersebut dilakukan berdasarkan parameter interval CDP, *fold coverage*, dan *far offset*. Setelah dianalisa, lapisan target bedasarkan desain akuisisi tersebut belum mampu mencitrakan lapisan target dengan jelas karena terdapat kemenerusan yang tidak menerus sehingga dilakukan penentuan desain akuisisi kembali untuk meningkatkan kualitas data. Gambar 2. merupakan data hasil desain akuisisi berdasarkan analisa kuantitatif dan gambar 3. merupakan data hasil desain akuisisi berdasarkan analisa kualitatif.

Tabel 2. Parameter Desain Akuisisi Analisa Kuantitatif



Gambar 2. Desain akuisisi analisa kuantitatif



Gambar 3. Desain akuisisi analisa kualitatif

Berdasarkan kedua gambar tersebut, dapat dilihat bahwa kemenerusan pada gambar 3 terlihat lebih jelas terutama pada lapisan. Penentuan desain akuisisi pada gambar 3. dilakukan berdasarkan analisa parameter desain, yaitu interval CDP, *fold coverage*, dan *far offset* dengan beberapa variasi parameter sebagai pembandingan. Hasil desain akuisisi dengan analisa kualitatif terdapat pada tabel 3.

Tabel 3. Parameter Desain Akuisisi Analisa Kuantitatif

Parameter	Ukuran
CDP Interval	11 m
Jumlah Shot	551
Jumlah Receiver	187
Interval Shot	43 m
Interval Receiver	21,5 m
Far Offset	4000 m
Fold	45

Parameter desain akuisisi hasil analisa kuantitatif tersebut akan dijadikan sebagai acuan dalam penentuan desain akuisisi seismik 3D. Penentuan desain akuisisi seismik 3D dilakukan dengan menganalisa parameter jumlah *streamer* dan *offset*. Pada penelitian ini terdapat 3 buah variasi nilai parameter pada masing-masing parameter. Pada jumlah *streamer* penulis membandingkan 4, 6 dan 8 buah *streamer*. Berdasarkan analisa pada ketiga parameter tersebut, penggunaan 6 buah *streamer* menghasilkan persebaran *trace* yang lebih merata pada keseluruhan *offset* sehingga penulis menggunakan parameter 6 buah *streamer*.

Setelah menentukan jumlah *streamer* penulis membandingkan jarak *offset* yang digunakan. Nilai parameter yang digunakan adalah 4000m, 3000m, dan 2000m. Berdasarkan analisa tersebut jumlah *fold* terbanyak dengan persebaran yang baik terdapat pada *offset* 4000m sehingga penulis menggunakan parameter tersebut. Maka berdasarkan analisa tersebut penulis mendapatkan parameter desain akuisisi 3D seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Parameter Desain Akuisisi 3D

Parameter	Ukuran
Konfigurasi	Off End
Jumlah <i>Streamer</i>	6
Interval <i>Streamer</i>	21.5 m
Interval CDP	11 m
Jumlah <i>Shot</i> /lintasan	551 buah
Jumlah <i>Receiver/Streamer</i>	187 buah
Interval <i>Shot</i>	43 m
Interval <i>Receiver</i>	21.5 m
Jumlah <i>Receiver Line</i>	260 buah
Jumlah <i>Shot Line</i>	260 buah
Interval <i>Receiver Line</i>	64.5 m
Interval <i>Shot Line</i>	64.5 m
<i>Far Offset</i>	4000 m
<i>Fold Coverage</i>	45

PENUTUP

Simpulan dan Saran

Hasil desain akuisisi dengan menggunakan *enhanced static* lebih baik dibandingkan dengan menggunakan metode statik. Hal tersebut karena desain akuisisi *enhanced static* menghasilkan penampang seismik yang lebih baik karena menunjukkan kemenerusan reflektor yang lebih jelas sehingga parameter desain akuisisi metode *enhanced static* dapat dijadikan rekomendasi.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan untuk menggunakan atenuasi gelombang agar data yang dihasilkan lebih mendekati kondisi alam sehingga data yang didapatkan lebih akurat. Kemudian, penulis menyarankan untuk dilakukan analisa lebih lanjut dengan menggunakan metode Full Wave Form pada desain akuisisi 3D serta analisa dari segi ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- Biondi, B. (2006), *3D Seismic Imaging*, Investigations in Geophysics, Society of Exploration Geophysicists. <http://doi.org/10.1190/1.9781560801689>.
- Chaouch, A. dan Mari, J.L. (2006), "3-D Land Seismic Surveys: Definition of Geophysical Parameter", *Oil & Gas Science and Technology - Revue de l'IFP*, Vol.61, No.5, hal. 611–630. <http://doi.org/10.2516/ogst:2006002>.
- Cordson, A., Galbraith, M. dan Peirce, J. (2000), *Planning Land 3-D Seismic Surveys*, Geophysical Developments Series, Society of Exploration Geophysicists. <http://doi.org/10.1190/1.9781560801801>.
- Fatahillah, Y., Hilyah, A. dan Utama, W. (2016), "Penentuan Potensi Batuan Induk Menggunakan Model Log Toc Pada Formasi Ngimbang, Lapangan "Arrazi", Cekungan Jawa Timur Utara", *Jurnal Teknik ITS*, Vol.5, No.2, hal. B352-B354–B354. <http://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.18240>
- Panjaitan, S. (2010), "Prospek Migas pada Cekungan Jawa Timur dengan Pengamatan Metode Gaya Berat", *Buletin Sumber Daya Geologi*, Vol.5, No., hal. 168–181
- Satyana, A.H. and M. E. M. Purwaningsih, "Oligo-Miocene carbonates of Java: Tectonic Setting and Effects of Volcanism," in *Proceedings of Joint Convention Jakarta 2003 . The 32nd IAGI and 28th HAGI Annual Convention and Exhibition, 2003*, no. 1, hal. 1–27.
- Talagapu, K.K. 2005. 2D and 3D Land Seismic Data

Acquisition and Seismic Data Processing.
Department of Geophysics, College of Science and
Technology Andhra University. Andhra Pradesh.
