

# ESTIMASI KEDALAMAN BATUAN DASAR CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA MENGGUNAKAN METODE *SOURCE PARAMETER IMAGING* DAN ANALISIS SPEKTRUM DATA GEOMAGNET

## *BASEMENT DEPTH ESTIMATION OF NORTH EAST JAVA BASIN USING SOURCE PARAMETER IMAGING AND SPECTRAL ANALYSIS METHODS FROM GEOMAGNETIC DATA*

Subarsyah\* dan Shaska Ramadhan Zulivandama

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Junjuna 236 Bandung

\*email: subarsyah@yahoo.com

Diterima : 26-05-2020, Disetujui : 23-08-2020

### ABSTRAK

Studi mengenai cekungan hidrokarbon selalu berkaitan dengan ketebalan sedimen. Ketebalan sedimen merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terbentuknya hidrokarbon. Cekungan Jawa Timur Utara merupakan cekungan terbukti hidrokarbon namun wilayah kerja aktif produksi ataupun eksplorasi hanya tersebar di bagian timur dan selatan dari cekungan tersebut. Studi ini dilakukan untuk melihat adanya area lain pada Cekungan Jawa Timur Utara yang berpotensi mengandung hidrokarbon berdasarkan ketebalan sedimennya dalam hal ini berasosiasi dengan kedalaman batuan dasar. Metode yang digunakan untuk menghitung kedalaman batuan dasar ialah metode *Source Parameter Imaging (SPI)* dan analisis spektrum menggunakan data anomali magnet total. *SPI* merupakan metode semi-otomatis perhitungan kedalaman batuan dasar. Akurasi yang dihasilkan mirip dengan metode *Euler Deconvolution*, namun metode *SPI* memiliki keunggulan dalam menghasilkan estimasi kedalaman batuan dasar koheren yang lebih lengkap. Pada Cekungan Jawa Timur Utara ketebalan sedimen menipis ke bagian utara sehingga secara umum wilayah bagian utara kurang potensial untuk terjadinya pembentukan hidrokarbon. Namun di bagian utara P. Kangean terdapat area dengan ketebalan sedimen maksimum 6500 km, area ini diperkirakan memiliki potensi untuk terjadinya pembentukan hidrokarbon.

**Kata Kunci:** Kedalaman batuan dasar, Analisis Spektrum, Geomagnet.

### ABSTRACT

*The study of hydrocarbon basins is always related to sediment thickness. Sediment thickness is one of the factors that influence the hydrocarbons forming. The North East Java Basin is a proven hydrocarbon basin but either active or exploration working area is only spread in the eastern and southern parts of the basin. This study was conducted to see the existence of other areas in the North East Java Basin that could potentially contain hydrocarbons based on the thickness of the sediment that associated with basement depth. The method used to calculate sediment thickness is the Source Parameter Imaging (SPI) and spectrum analysis methods using total magnetic anomaly data. SPI is a semi-automatic method to calculate basement depth. Result accuracy is similar to that of Euler Deconvolution, however SPI has the advantage of producing a more complete set of coherent solution points. In the North East Java Basin, the sediment thickness is thinning to the northern part of basin, therefore the northern region is less potential for hydrocarbon formation. However, in the northern part of Kangean Island there is an area with a maximum sediment thickness of 6500 km, this area is estimated to have the potential for hydrocarbon formation.*

**Key words:** Basement depth, Spectral Analysis, Geomagnet.

---

#### Kontribusi:

Subarsyah adalah sebagai kontributor utama pada artikel ini, sedangkan Shaska Ramadhan Zulivandama adalah sebagai kontributor anggota.

## PENDAHULUAN

Cekungan Jawa Timur Utara terletak di laut lepas sebelah utara Pulau Madura dan Kangean. Cekungan ini merupakan cekungan hidrokarbon terbukti, beberapa blok sudah berproduksi dan eksplorasi. Blok produksi dan eksplorasi terkonsentrasi di bagian barat dan selatan dari cekungan ini. Potensi hidrokarbon pada suatu cekungan berasosiasi dengan ketebalan sedimen, semakin tebal sedimen pada suatu cekungan cenderung menjadikan cekungan lebih potensial mengandung hidrokarbon. Kondisi sebaran blok produksi dan eksplorasi ini mengisyaratkan pertanyaan, apakah hal ini ada kaitannya dengan sebaran ketebalan sedimennya?.

Ketebalan sedimen pada suatu cekungan berkorelasi dengan kedalaman batuan dasar. Cekungan umumnya mempunyai kontras sifat kemagnetan batuan yang sangat besar antara sifat kemagnetan batuan sedimen yang rendah memiliki dengan batuan dasar yang sifat kemagnetannya jauh lebih tinggi. Berdasarkan perbedaan karakter fisik ini, kedalaman batuan dasar dapat diestimasi menggunakan data geomagnet, dengan asumsi bahwa kedalaman batuan dasar merupakan kedalaman batuan dasar magnetik (Phillips, 1978, Odegard, dkk. 2004, Salem, dkk., 2014, Hasan, dkk., 2015 dan Ofoha, dkk. 2016).

Kedalaman batuan dasar dapat diestimasi dengan menggunakan metode pengolahan data geomagnet, diantaranya adalah *Source Parameter Imaging* (SPI) dan analisis spektrum (Salem, dkk., 2014, Eze, dkk., 2017, Ayuba dan Nur, 2018, Mono, dkk, 2018, Marwan dan Yahia, 2018). SPI merupakan metode semi-otomatis perhitungan kedalaman batuan dasar. Akurasi yang dihasilkan mirip dengan metode *Euler Deconvolution*, namun metode SPI memiliki keunggulan dalam menghasilkan estimasi kedalaman batuan dasar koheren yang lebih lengkap. Keunggulan lain dari metode ini pada kemampuan perhitungan estimasi yang lebih cepat dibandingkan dengan metode *Euler Deconvolution* dan analisis spektrum karena tidak memerlukan pembagian *window data*. Metode SPI tidak bergantung pada inklinasi dan deklinasi sehingga tidak memerlukan input data yang sudah tereduksi ke kutub, hasil perhitungan relatif cepat. Estimasi kedalaman batuan dasar dengan metode SPI memberikan estimasi yang sifatnya *fix value*, sehingga diperlukan metode analisis spektrum untuk mendapatkan informasi rentang kedalaman batuan dasar.

Pengetahuan mengenai ketebalan sedimen menjadi sangat penting dalam studi suatu

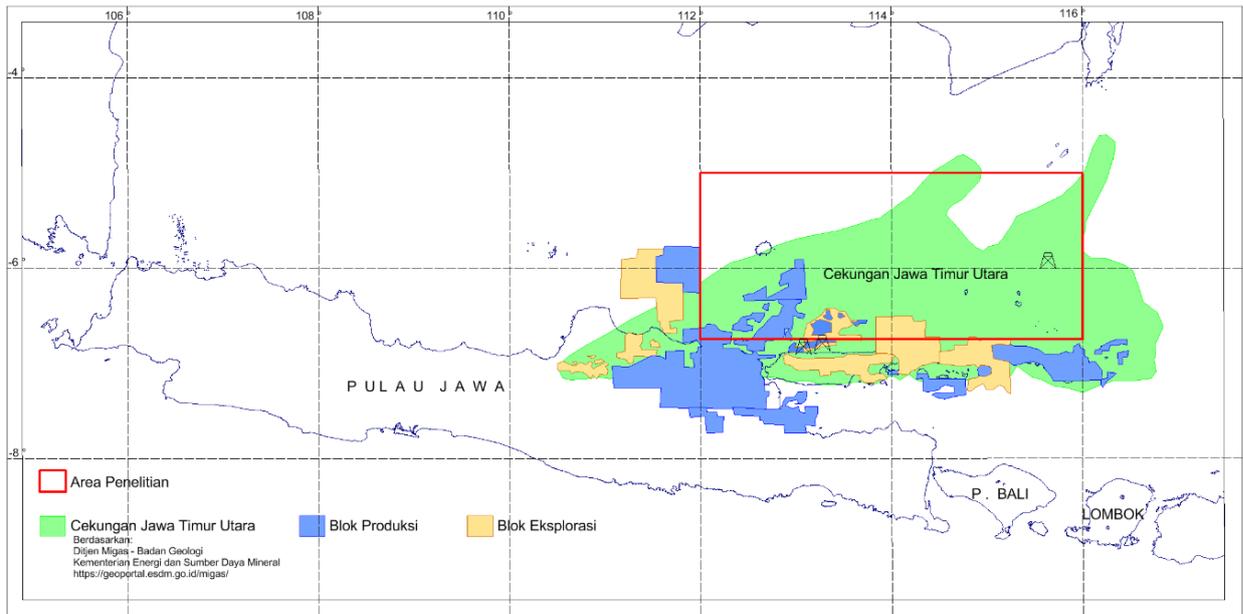
cekungan, begitupun untuk Cekungan Jawa Timur Utara dengan area terbuka untuk wilayah kerja migas yang masih cukup luas.

Pada publikasi ilmiah ini akan diaplikasikan estimasi ketebalan sedimen di Cekungan Jawa Timur Utara melalui penentuan kedalaman batuan dasar berdasarkan data geomagnet menggunakan metode SPI dan analisis spektrum. Dengan studi ini diharapkan dapat mendelineasi area yang masih menarik untuk studi potensi hidrokarbon di wilayah terbuka Cekungan Jawa Timur Utara.

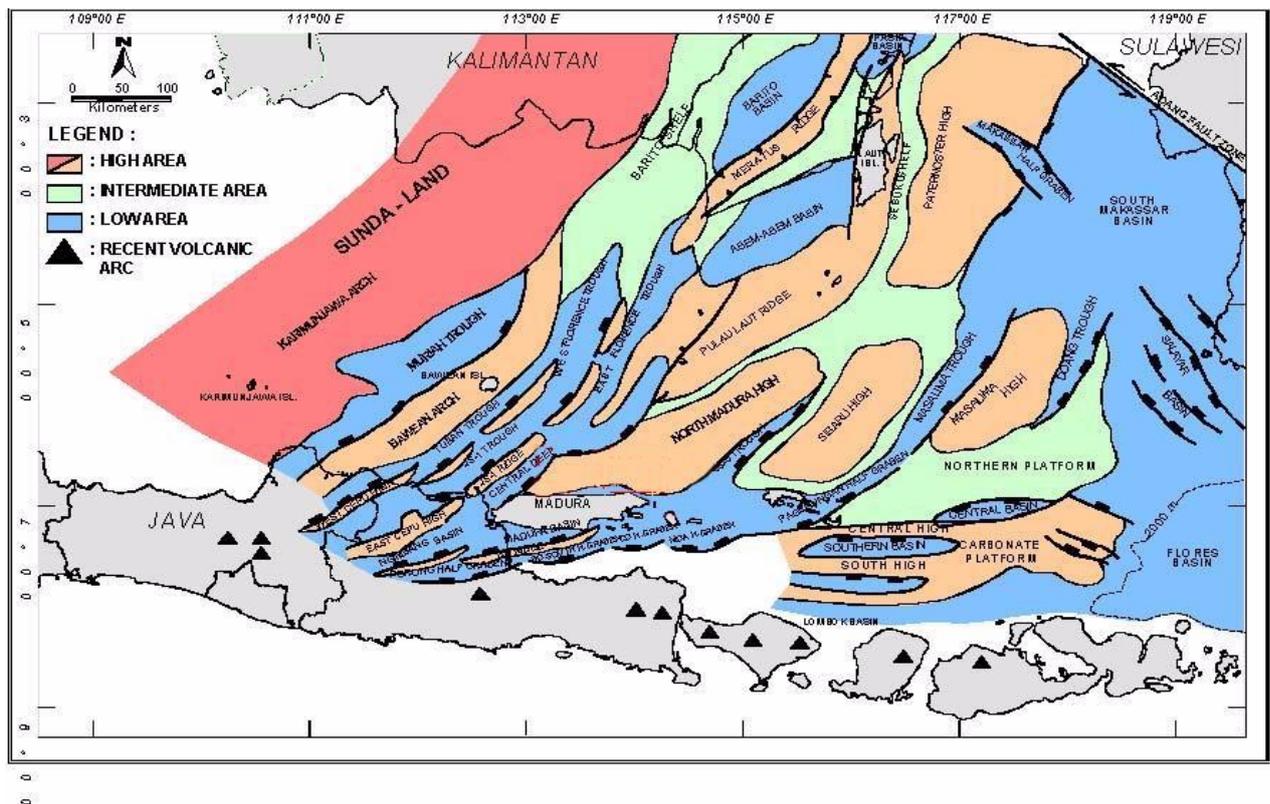
## GEOLOGI CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA

Cekungan Jawa Timur Utara terletak di lepas pantai bagian utara Jawa Timur sampai Pulau Kangean, Gambar 1. Cekungan ini dicirikan oleh tinggian batuan dasar dan rendahan berupa graben yang berarah relatif barat daya – timur laut, Gambar 2, (Mudjiono, dan Pireno, 2001). Orogenesa Cekungan Jawa Timur Utara ini terjadi dalam tiga tahap, meliputi; **a.** Deformasi kompresi mengikuti tumbukan lempeng Laut Jawa bagian timur pada Kapur Akhir dan rifting yang diikuti oleh pengaktifan kembali sesar naik pra – Eosen dan pembentukan sesar normal Paparan Sunda, yang terjadi pada Eosen, **b.** Perubahan fasies dari transgresi menjadi regresi ditandai dengan hiatus yang diakhiri dengan terbentuknya zona sesar RMKS (Rembang – Madura – Kangean – Sakala) yang merupakan *wrenching left lateral* pada Miosen tengah dan **c.** Pada Pembentukan lipatan – lipatan mulai Pliosen Akhir hingga Plistosen Akhir dan juga dimulainya aktivitas vulkanik busur Sunda – Jawa pada pliosen akhir hingga saat ini.

Cekungan Jawa Timur Utara berada di bagian timur Paparan Sunda. Cekungan ini dibatasi oleh Busur Karimunjawa di bagian barat, Tinggian Meratus di bagian utara, Tinggian Masalembu di bagian timur, dan Jalur Vulkanik Jawa di bagian selatan (Sribudiyani, dkk, 2003). Cekungan Jawa Timur Utara dipisahkan menjadi tiga mandala struktur (Satyana, 2005), meliputi; **a.** Paparan Utara yang terdiri dari Busur Bawean, Paparan Madura Utara dan Paparan Kangean Utara, **b.** Bagian tengah yaitu Tinggian Sentral yang terdiri dari Jawa Barat Laut – Madura – Kangean – Tinggian Lombok dan **c.** Bagian selatan dikenal sebagai Cekungan Selatan yang terdiri dari Zona Rembang – Selat Madura – Sub-Cekungan Lombok.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian beserta lokasi wilayah kerja migas aktif produksi dan eksplorasi, <https://geoportal.esdm.go.id/migas/>, 2019.



Gambar 2. Kerangka geologi Cekungan Jawa Timur Utara, Johansen dalam Cavalin, dkk, 2019.

### Stratigrafi Cekungan Jawa Timur Utara

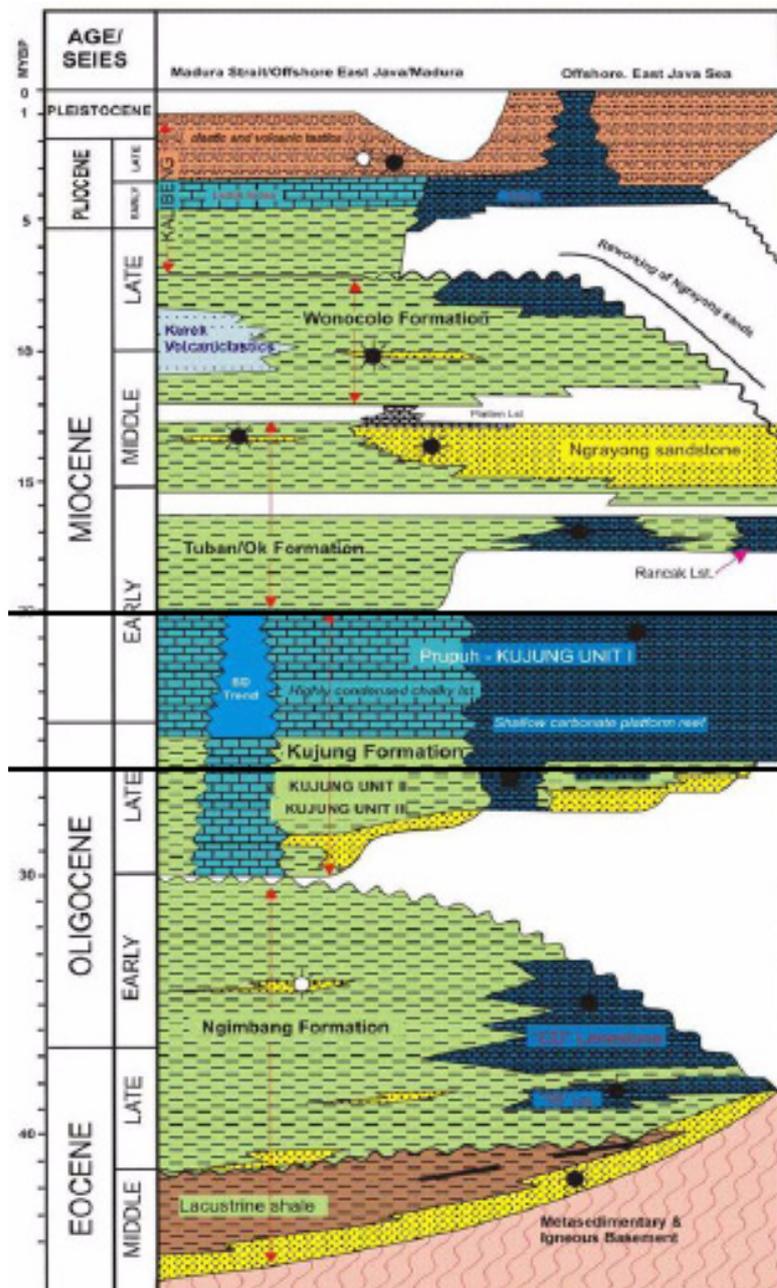
Stratigrafi Cekungan Jawa Timur Utara, Gambar 3, (Mudjiono dan Pireno, 2001) dialasi dengan formasi batuan dasar berumur Pra Tersier yang merupakan batuan beku, ofiolit, metasedimen dan metamorf yang dipisahkan oleh tinggian – tinggian yang berarah timur laut barat daya. Pada umur Eosen awal diendapkan Formasi Pra-Ngimbang terdiri atas batupasir sisipan serpih, batu lanau, dan batubara yang merupakan endapan synrift. Pada cekungan ini, formasi Pra-Ngimbang hanya ditemukan pada bagian timur, yaitu daerah Lepas Pantai Bali Utara dan Kangean Timur. Selanjutnya diendapkan secara tidak selaras Formasi Ngimbang pada umur Eosen Tengah – Oligosen Awal. Formasi Ngimbang bagian atas terdiri dari batugamping, dengan perselingan serpih dan batupasir, sedangkan bagian bawah terdiri dari perulangan batupasir, serpih, dan lanau dengan sisipan tipis batubara.

Formasi Kujung diendapkan diatas Formasi Ngimbang berumur Oligosen Akhir sampai Miosen. Formasi ini didominasi oleh batugamping dan marl dengan sisipan tipis batu pasir. Formasi ini terdiri dari tiga satuan batuan meliputi; Kujung I – III. Formasi berikutnya adalah Formasi Tuban yang diendapkan diatas Formasi Kujung, bagian termuda dari formasi ini diendapkan batu gamping terumbu Rancak yang diendapkan pada Pertengahan Miosen Awal sampai Akhir Miosen Awal. Selanjutnya adalah Formasi Ngrayong yang terendapkan selama Miosen Tengah. Formasi ini terdiri atas satuan batupasir kuarsa dengan perselingan batulempung, lanau, lignit, dan batugamping bioklastik. Pada Miosen Tengah terjadi pengendapan transgresi.

Formasi Wonocolo terdiri dari batu lempung karbonat didominasi oleh napal, napal lempungan, dan napal pasiran dan kalkarenit yang tersebar dengan arah timur – barat dan meipis ke arah timur dan

utara. Diatas Formasi Wonocolo diendapkan Formasi Ledok yang merupakan perulangan napal pasiran, kalkarenit dengan napal dan batupasir. Formasi ini diendapkan pada lingkungan neritic pada Miosen Awal sampai Pliosen Awal.

Pada Pliosen Awal sampai Pliosen Akhir diendapkan Formasi Mundu yang terdiri atas napal berwarna kehijauan, masif dan kaya foraminifera. Formasi Paciran diendapkan diatas Formasi Mundu pada umur Pleistosen, formasi ini dicirikan dengan batugamping terumbu yang menyebar pada Zona Rembang secara lateral menjemari dengan Formasi Mundu dan Formasi Lidah. Formasi



Gambar 3. Stratigrafi Cekungan Jawa Timur Utara (Mudjiono dan Pireno, 2001)

terakhir adalah Formasi Lidah yang tersusun oleh batulempung hitam dan napal berlapis yang diselingi oleh batupasir.

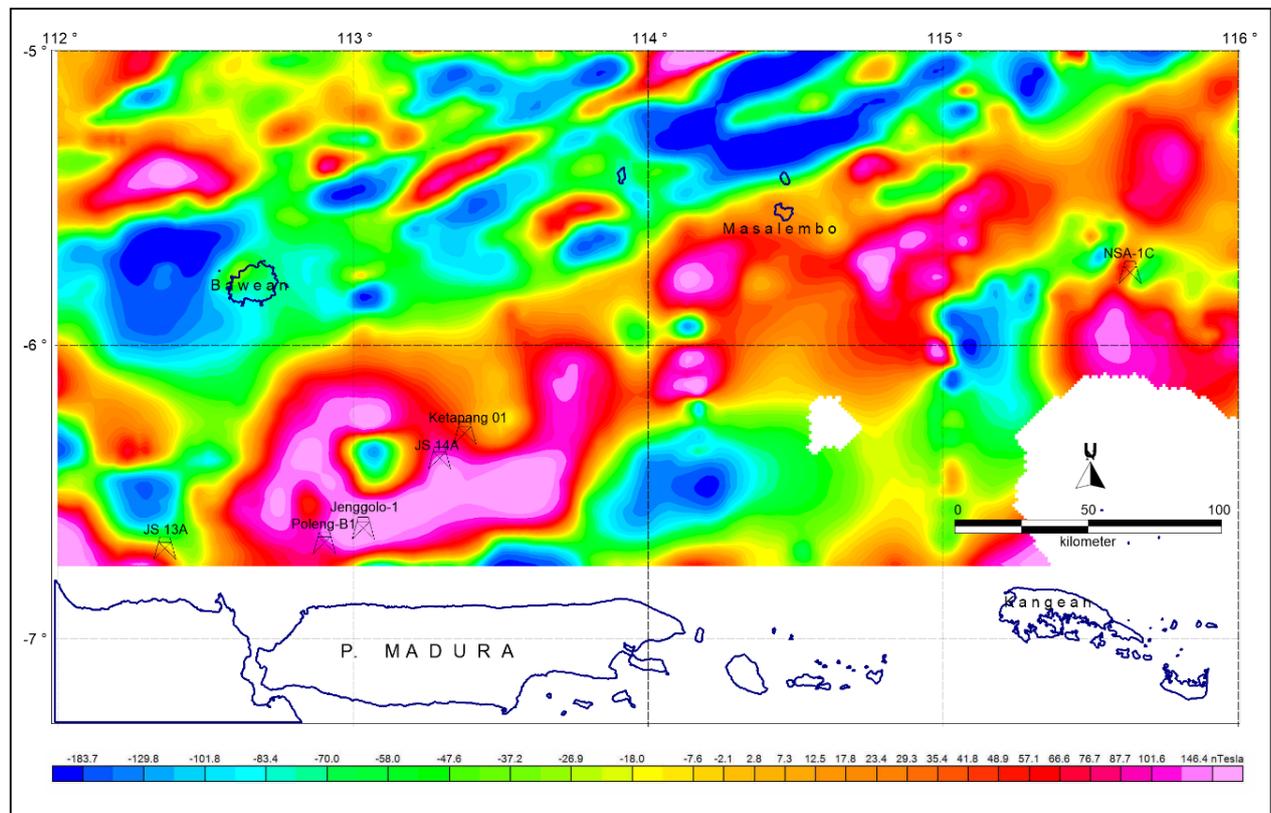
Data sumur Poleng B-01 (Santosa, 1976) yang dibor sampai kedalaman kurang lebih 14.275 kaki (4350.8 m) menyatakan bahwa batuan pada kedalaman itu masih berupa batu gamping, batu pasir, batu serpih, batu lempung, tufa dan batubara yang diperkirakan berumur Oligosen Awal atau berada di Formasi Ngimbang. Informasi sumur ini menyiratkan bahwa kedalaman sedimen pada area sumur ini lebih dari 4000 meter. Sementara sumur NSA-1C (Harris, 1982) yang berada relatif di bagian timur dan di utara Pulau Kangean sudah menemukan batuan dasar pada kedalaman kurang lebih 6.700 kaki (2042 m) dengan umur Awal Eosen. Beberapa Informasi sumur ini akan menjadi data untuk verifikasi hasil estimasi kedalaman batuan dasar – ketebalan sedimen di Cekungan Jawa Timur Utara.

## METODE PENELITIAN

Penentuan kedalaman batuan dasar pada data geomagnet cukup efektif dalam melakukan analisis suatu cekungan hidrokarbon, khususnya dalam mengestimasi ketebalan sedimen yang ekuivalen

dengan kedalaman batuan dasar. Dua metode penentuan batuan dasar akan dilakukan dalam mengestimasi ketebalan batuan dasar di Cekungan Jawa Timur Utara. Data utama digunakan dalam penelitian ini adalah data anomali magnet total hasil kompilasi *Coordinating Committee for Geoscience Programmes in East and Southeast (CCOP)* untuk wilayah Asia Timur dan Asia Tenggara tahun 1994, Gambar 4. Kompilasi data geomagnet wilayah Cekungan Jawa Timur Utara mulai tahun 1973 sampai 1990 dengan resolusi grid data kompilasi ini adalah 1 km. Validasi terhadap estimasi kedalaman batuan dasar-ketebalan sedimen dilakukan dengan menggunakan informasi beberapa data sumur di wilayah Cekungan ini.

Data anomali magnet ini akan dibagi kedalam 32 blok dalam pelaksanaan estimasi kedalaman batuan dasar dengan metode analisis spektrum, masing-masing blok berukuran  $\pm 60 \times 55$  km. Secara kualitatif hasil kompilasi data ini cukup baik dan mewakili, terlihat dari pola kelurusan magnetik yang berarah baratdaya-timurlaut yang selaras dengan struktur geologi yang berkembang pada cekungan ini baik itu *North Madura High – Platform, Bawean Arch sampai Karimun Jawa Arch*.



Gambar 4. Peta anomali magnetik total

### Source Parameter Imaging (SPI)

SPI merupakan suatu metode yang menghitung parameter dari sumber magnetik yang terdiri dari bagian tepi sumber, kemiringan, kedalaman dan kontras suseptibilitas. Perhitungan parameter sumber magnetik ini berdasarkan pada analisis sinyal kompleks, Blakely dan Simpson, 1986, Thurston dan Smith, 1997. Persamaan bilangan kompleks analisis sinyal dari anomali total medan magnet  $M$ , Roest, dkk, 1992, adalah :

$$A(x, y) = \frac{dM}{dx} \hat{x} + \frac{dM}{dy} \hat{y} + i \frac{dM}{dz} \hat{z} \dots(1)$$

Metode ini dikenal juga sebagai teknik bilangan gelombang, karena menggunakan bilangan gelombang dalam melakukan estimasi kedalaman sumber magnetik, Marwan dan Yahia, 2018. Perhitungan metode ini dilakukan secara otomatis terhadap data grid anomali magnet total, Rowland, 2018, Eze, dkk, 2017 dan Mono, dkk, 2018. Tahap pertama dilakukan perhitungan turunan pertama horisontal dan turunan vertikal. Setelah diketahui turunan pertama dilakukan perhitungan bilangan gelombang, K, Thurston dan Smith, 1997, dengan persamaan sebagai berikut :

$$K(x, y) = \text{sqrt} \left( \left[ \frac{dM}{dx} \right]^2 + \left[ \frac{dM}{dy} \right]^2 \right) \dots(2)$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan *Tilt Derivative* A, Miller dan Singh, 1994 dengan persamaan berikut :

$$A(x, y) = \text{atan} \left( \frac{\frac{dM}{dz}}{\text{sqrt} \left( \left[ \frac{dM}{dx} \right]^2 + \left[ \frac{dM}{dy} \right]^2 \right)} \right) \dots(3)$$

Perhitungan kedalaman batuan dasar atau sumber magnetik,  $D$ , ditentukan dengan persamaan di bawah ini :

$$D = \frac{1}{K_{mak}} \dots(4)$$

$K_{mak}$  merupakan nilai gelombang maksimum dari suatu sumber magnetik. Perhitungan dan penentuan semua parameter sumber magnetik dilakukan secara otomatis. Estimasi penentuan batuan dasar magnetik ini dilakukan dengan perangkat lunak *Oasis Montaj*.

### Analisis Spektrum

Beberapa saintis, seperti, Bhattacharyya, 1965., Spector dan Grant, 1970, Garcia dan Ness, 1994, juga Maurizio, dkk, 1998, menjelaskan metode analisis spektrum data anomali magnet dengan menggunakan transformasi Fourier dalam menghitung spektrum energi, Mishra dan Naidu, 1974. Perhitungan spektrum dari data yang sudah digrid merupakan perhitungan spektrum dua dimensi sehingga dalam estimasi kedalaman batuan dasar spektrum dua dimensi ini perlu diekspresikan dalam spektrum satu dimensi yaitu dalam radial dan angular spektrum, Spector dan Grant 1970. Berdasarkan spektrum radial ini kedalaman masing-masing batuan dasar,  $D$ , dihitung berdasarkan:

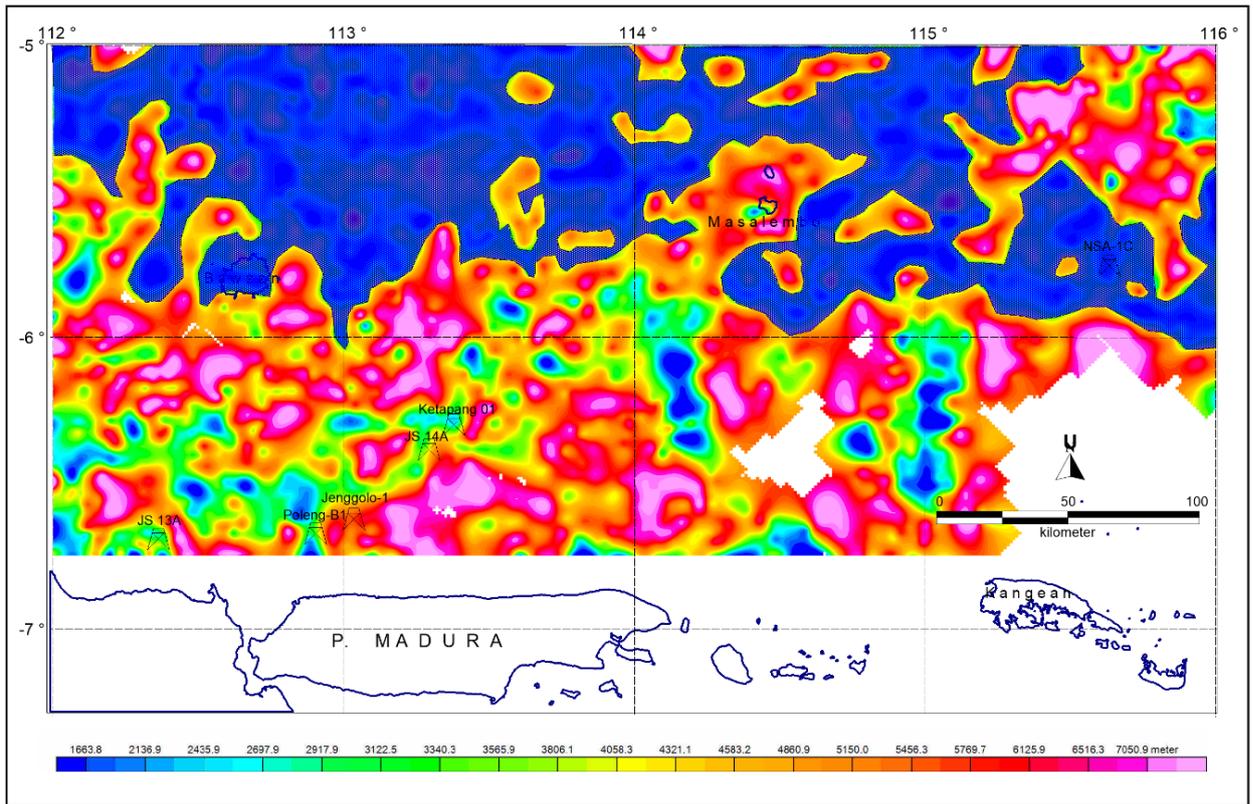
$$D = - \frac{s}{4\pi} \dots(5)$$

$D$  merupakan kedalaman batuan sumber magnetik, sementara  $s$  merupakan nilai kemiringan dari masing-masing segmen dalam spektrum.

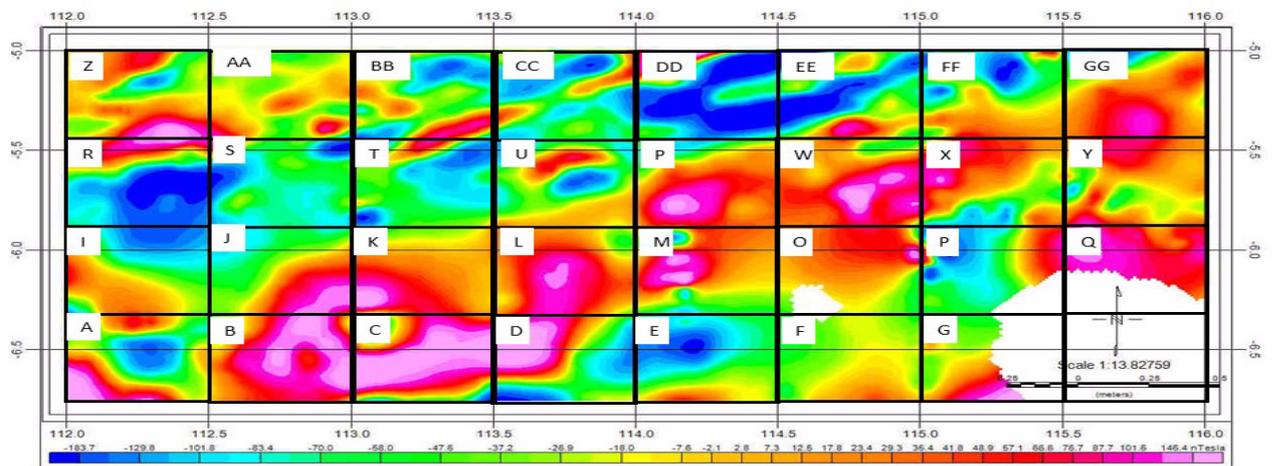
### HASIL PENELITIAN

Estimasi kedalaman batuan dasar dengan metode SPI ditampilkan dalam bentuk data grid. kedalaman batuan dasar bervariasi dari kedalaman 650-8000 meter, Gambar 5. Secara umum bagian tengah sampai selatan daerah penelitian mempunyai kedalaman batuan dasar lebih besar yang artinya memiliki batuan sedimen lebih tebal. Sementara bagian tengah sampai utara mempunyai kedalaman batuan dasar lebih kecil yang berasosiasi dengan sedimen tipis. Kedalaman laut area penelitian berkisar antara 70-90 meter, sehingga kedalaman sedimen diperkirakan berkisar antara 560-7910 meter.

Estimasi kedalaman batuan dasar dengan metode analisis spektrum terhadap data grid anomali magnetik total dilakukan untuk verifikasi dan pembandingan hasil metode SPI. Area grid anomali magnetik dibagi kedalam tiga puluh dua (32) blok, Blok A sampai Blok GG, Gambar 6. Hasil estimasi memperlihatkan kedalaman batuan dasar terdangkal dan terdalam berkisar antar kedalaman 2650-7760 meter, Gambar 7. Estimasi kedalaman lebih detail memperlihatkan hasil yang lebih variasi mendekati estimasi kedalaman yang diperoleh dengan metode SPI. Kisaran kedalaman batuan dasar berkisar antara 500 – 7800 meter, Gambar 7.



Gambar 5. Peta kedalaman batuan dasar, area biru merupakan delineasi zona tinggian batuan dasar.



Gambar 6. Pembagian 32 blok terhadap peta anomali magnet total untuk metode analisis spektrum,

Ketelitian dan perbandingan estimasi kedalaman batuan dasar dari metode SPI dan analisis spektrum, terhadap beberapa data sumur (<https://datamigas.esdm.go.id/>), dapat dilihat pada Tabel. 01.

bagian utara diperkirakan berkisar antara 1200 sampai dengan 3000 meter, kedalaman batuan dasar ini mengisyaratkan ketebalan sedimen yang lebih tipis dibandingkan dengan di bagian selatan, sehingga pada area ini potensi terbentuknya

Tabel 01. Hasil estimasi kedalaman batuan dasar metode SPI dan analisis spektrum terhadap kedalaman batuan dasar berdasarkan data sumur.

Nama Sumur	Kedalaman Batuan Dasar	Kedalaman Batuan Dasar	Kedalaman Batuan Dasar
	Data Sumur (meter)	SPI (meter)	Analisis Spektrum (m)
NSA-1C	2042.06	1850±200	2713±700
POLENG-B1	>4350.80	3700	2653
KETAPANG 1	2910.70	2500±400	2350±600
JS 14A	3459.31	4000±600	2274±1200
JS 13 1	2599.82	3300±700	2894±300

## PEMBAHASAN

Peta anomali magnetik total memperlihatkan kelurusan yang relatif berarah timurlaut-barat daya, kelurusan berkorelasi dengan keberadaan pola Tinggian Bawean, Madura Utara, Muriah *Through* dan Pulau Laut *Ridge* yang terbentuk akibat aktifitas tektonik. Detail pola ini tidak teridentifikasi pada peta anomali magnet total, Mudjiono, dan Pireno, 2001. Kelurusan anomali magnet ini lebih menggambarkan pola kelurusan dari Central Deep, North Madura Platform dan Sub Cekungan Madura. (Darmawan, dkk, 2018, Johansen dalam Cavalin, dkk, 2019). North Madura Platform merupakan tinggian batuan dasar di utara Pulau Madura.

Estimasi kedalaman batuan dasar berdasarkan metode SPI dan analisis spektrum cukup konsisten dan stabil dengan perbedaan estimasi tidak signifikan lebih kecil dari 1200 meter, kelebihan dari metode SPI adalah dapat memberikan distribusi kedalaman batuan dasar dalam bentuk grid data yang mempermudah interpretasi. Kestabilan estimasi ini sangat tergantung dari penggunaan parameter saat mengaplikasikan metode SPI.

Pendekatan perataan kemiringan pada analisis spektrum memperlihatkan bahwa penggunaan lima data kemiringan memberikan informasi yang lebih rinci mengenai variasi kedalaman batuan dasar dibandingkan dengan menggunakan dua pendekatan kemiringan, yang hanya mengestimasi hanya batuan dasar terdangkal dan terdalam, Gambar. 7.

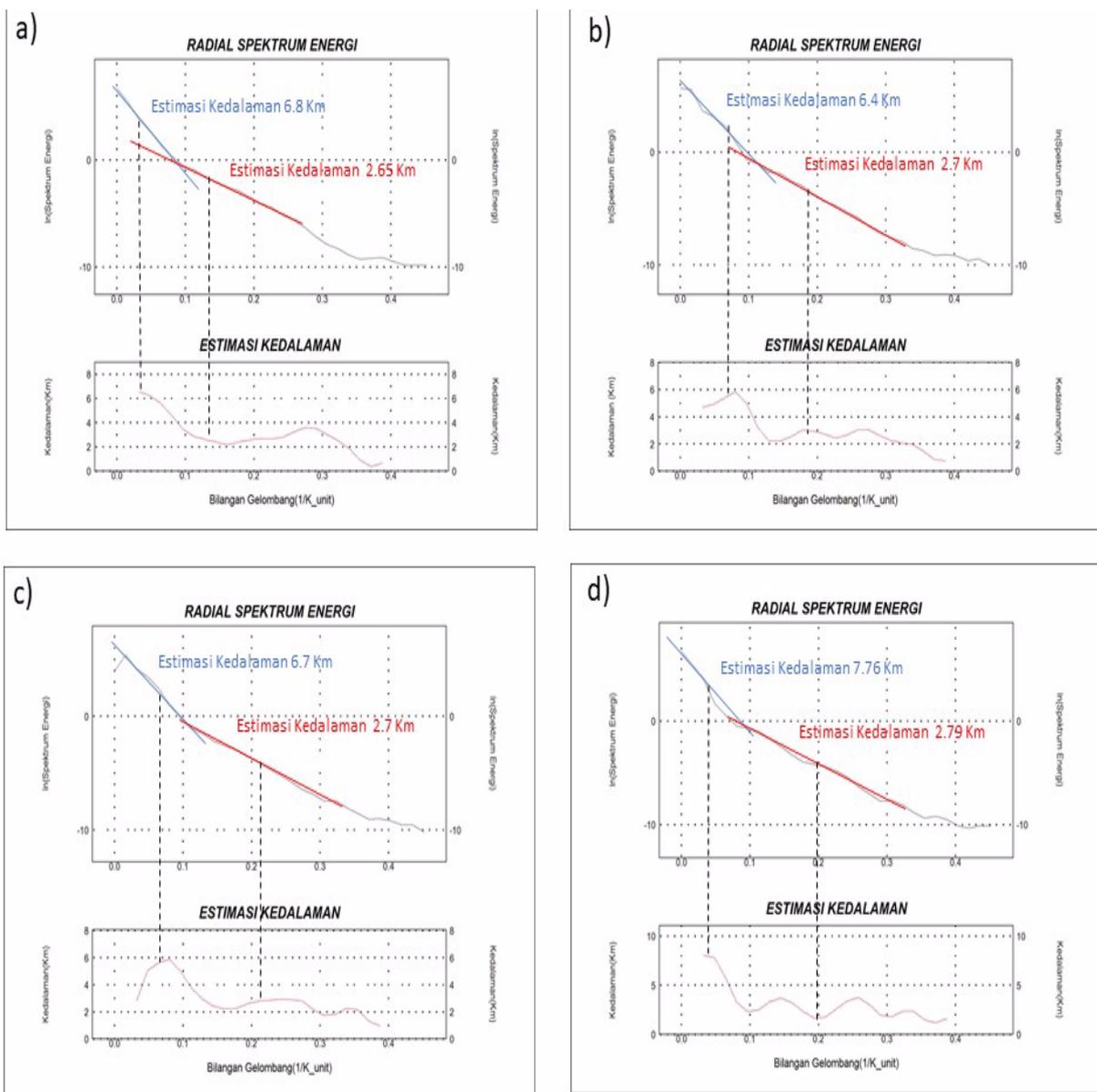
Peta sebaran kedalaman batuan dasar memperlihatkan bahwa, semakin ke utara batuan dasar semakin dangkal. Kedalaman batuan dasar di

hidrokarbon sangat kecil, Gambar 5. Zona sedimen tipis berada di bagian utara Pulau Bawean dan Masalembo. Namun tidak menutup kemungkinan tetap adanya potensi gas biogenik atau gas dangkal. Kecilnya peluang terbentuknya potensi hidrokarbon inilah yang menyebabkan area ini tidak menarik bagi para investor.

Morfologi batuan dasar di cekungan ini sangat terjal di bagian selatan dan melandai semakin ke utara seiring dengan semakin dangkalnya batuan dasar ini di utara Pulau Bawean dan Masalembo.

Ketebalan sedimen di bagian utara sendiri tidak sepenuhnya dangkal, pada bagian timur laut area penelitian diperkirakan memiliki sedimen yang relatif cukup tebal bervariasi antara 6000 sampai 6500 meter, ± 40 km di bagian utara-timurlaut dari sumur NSA-1C yang mempunyai ketebalan sedimen 2042.06 meter, Gambar 8. Ketebalan sedimen di area ini cukup ideal dalam pembentukan hidrokarbon, namun perlu dikaji dari aspek teknis lain terkait batuan sumber dan perangkapnya. Sumur NSA-1C juga digunakan untuk validasi dari estimasi kedalaman batuan dasar, selisih antara hasil estimasi kedalaman batuan dasar dengan data sumur adalah 200 meter lebih dangkal untuk metode SPI dan 700 meter lebih dalam untuk metode analisis spektrum.

Pada bagian timur area penelitian estimasi kedalaman batuan dasar di validasi dengan data sumur Poleng B1. Pada sumur ini di kedalaman 4350.80 meter masih merupakan bagian dari Formasi Ngimbang atau Formasi "CD" yang terdiri dari batuan gamping, pasir, serpih dan lempung berumur Oligosen Awal, Gambar 9. Estimasi kedalaman batuan dasar berdasarkan metode SPI diperkirakan pada kedalaman 3700, sedangkan



Gambar 7. Estimasi kedalaman batuan dasar berdasarkan analisis spektrum-radial spektrum energi, 4 blok yang mewakili, a). Blok B, b). Blok Y, c). Blok BB dan d). Blok GG.

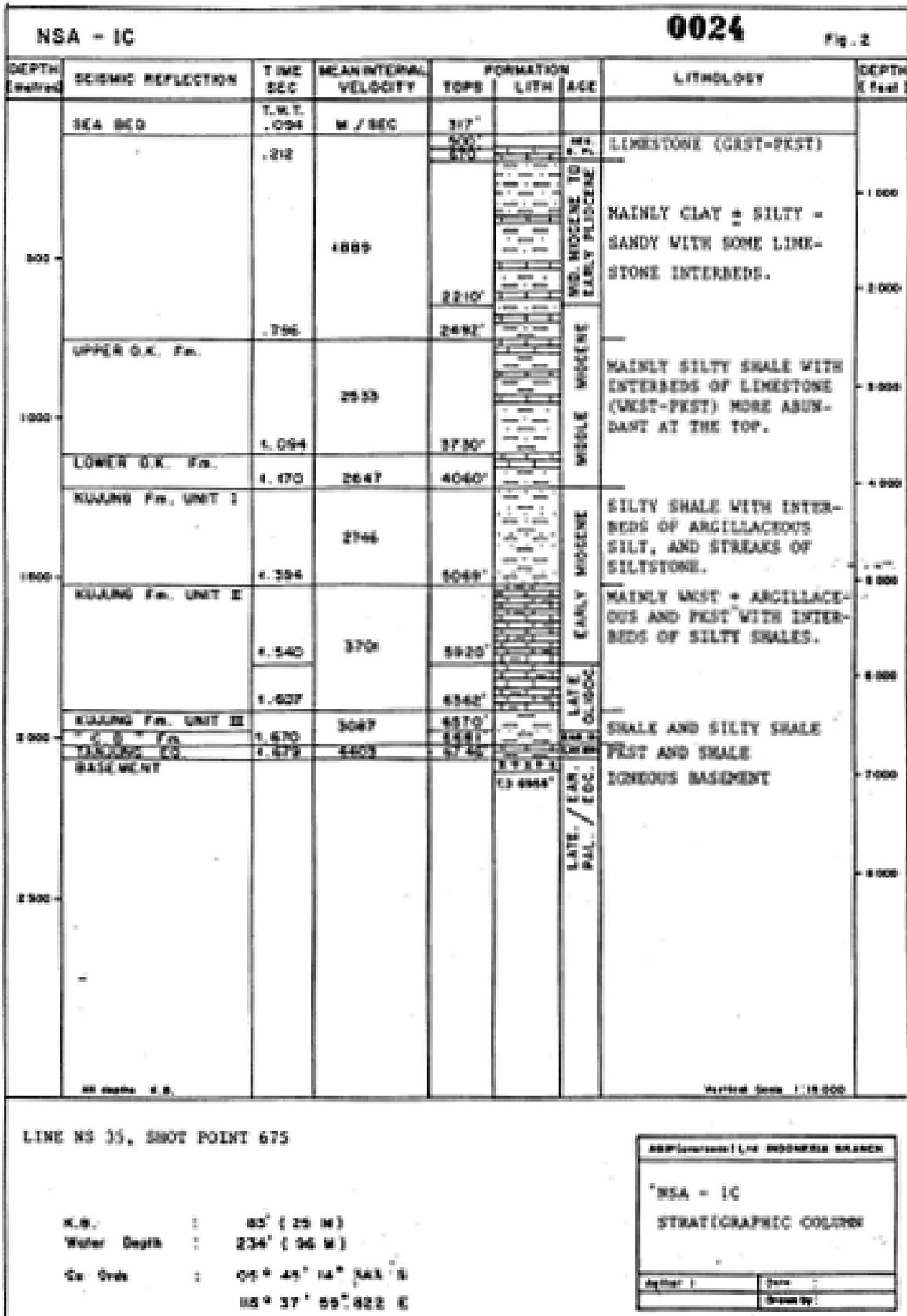
metode analisis spektrum mengestimasi batuan dasar pada kedalaman 2653 meter, estimasi dari kedua metode ini jauh lebih dangkal.

Perbandingan ketebalan batuan sedimen pada sumur di bagian selatan – sumur Poleng B1 dan sumur di bagian utara - sumur NSA-1C untuk interval waktu geologi tertentu memperlihatkan masing-masing formasi batuan tersebut semakin menipis ke bagian utara. Formasi OK yang berumur Miosen Tengah dibagian selatan mencapai ketebalan 730 meter dan menipis ke bagian utara dengan ketebalan 550 meter. Formasi Kujung I-III, yang merupakan reservoir utama di Cekungan Jawa Timur Utara, di bagian selatan mempunyai ketebalan 1645 meter menipis

kebagian utara dengan ketebalan sedimen hanya mencapai 762 meter.

Estimasi kedalaman berdasarkan metode SPI dibandingkan dengan lima data sumur, Tabel 01, memperlihatkan bahwa variasi terhadap kedalaman batuan dasar sebenarnya adalah 200 – 700 meter, sedangkan untuk metode analisis spektrum variasinya adalah antara 300 – 1200 meter.

Estimasi ketebalan sedimen berdasarkan kedua metode ini secara kualitatif dan kuantitatif memberikan kecenderungan yang sama bahwa semakin ke utara ketebalan sedimen di Cekungan Jawa Timur Utara semakin tipis. Namun di utara dari sumur NSA-1C berdasarkan hasil estimasi



Gambar 8. Deskripsi litologi pada sumur NSA 1c yang memperlihatkan adanya batuan dasar pada kedalaman 6700 kaki, Harris, 1982.

Formation	Member	Interval	Letter Stage	Age	Lithology
"OK" and YOUNGER	Upper "OK" and Younger	Sea Floor to 3146'	Q to Upper T <sub>f</sub>	Recent to Middle Miocene	Limestone, Dolomite and Clay.
	Lower "OK"	3146-5574'	Upper T <sub>f</sub> to Lower T <sub>f</sub>	Middle Miocene	Sandstone, Siltstone, Claystone, Limestone and Lignite.
MURUNG	Unit I	5574-6565'	Lower T <sub>f</sub> to Upper T <sub>e</sub>	Middle Miocene to Lower Miocene	Limestone, Dolomitic limestone.
	Unit II	6565-9304'	Upper T <sub>e</sub> to Lower T <sub>e</sub>	Lower Miocene to Upper Oligocene	Limestone, Marl, Shale, Siltstone and Sandstone.
	Unit III	9304-11000'	Lower T <sub>e</sub>	Upper Oligocene	Limestone, Shale & Tuff.
"CD"		11000'-TD	Ted	Lower Oligocene	Limestone, Sandstone, Siltstone, Shale, Claystone, Tuff and Coal.

Gambar 9. Deskripsi litologi pada sumur Poleng B1 yang menunjukkan ketebalan sedimen sampai kedalaman 14200 kaki - 4200 meter berupa batu gamping, batu pasir, batu serpih, lempung tufa dan batubara, Sentosa, 1976.

yang dilakukan menunjukkan adanya penebalan batuan sedimen yang diperkirakan menjadi deposenter yang berpotensi dalam pembentukan hidrokarbon.

Sumber hidrokarbon di Cekungan Jawa Timur Utara sampai saat ini teridentifikasi hanya ada dua yaitu di area Central Deep dan sub cekungan Madura (Darmawan, dkk, 2018) yang cukup jauh untuk bisa bermigrasi ke bagian utara sumur NSA-1C. Pada bagian utara sumur NSA-1C terdapat area dengan ketebalan yang ideal dalam pembentukan hidrokarbon, namun perlu diidentifikasi apakah ada batuan sumbernya di area ini.

## KESIMPULAN

Estimasi kedalaman batuan dasar berdasarkan metode SPI berkisar antara 650 – 8000 meter dan 2650-7780 meter berdasarkan metode analisis spektrum, Kedalaman batuan dasar ini berasosiasi dengan ketebalan sedimen, yang sangat penting dalam melakukan analisis hidrokarbon di Cekungan Jawa Timur Utara.

Estimasi kedalaman batuan dasar berdasarkan metode SPI memiliki ketelitian yang lebih baik

dengan simpangan terhadap kedalaman data sumur antara 10 – 27 %, sementara metode analisis spektrum simpangannya bervariasi dari 12 – 34 %.

Secara umum morfologi kedalaman batuan dasar terjal di bagian selatan dan melandai ke bagian utara. Bagian utara area penelitian mempunyai ketebalan sedimen yang relatif tipis berkisar antara 1200 – 3000 meter, tepatnya di bagian utara Pulau Bawean dan Pulau Masalembu. Berdasarkan ketebalan sedimennya, area ini tidak potensial dalam pembentukan hidrokarbon. 40 km dari sumur NSA-1C ke bagian utara – timurlaut teridentifikasi area dengan ketebalan sedimen berkisar antara 6000 – 6500 meter yang cukup ideal dalam pembentukan hidrokarbon, sehingga dapat diusulkan untuk dilakukan studi lanjut dari aspek lainnya.

Sumber hidrokarbon di cekungan ini teridentifikasi di wilayah *Central Deep* dan Sub Cekungan Madura. Jarak kedua sumber hidrokarbon ini cukup jauh terhadap area potensial di bagian utara-timurlaut sumur NSA-1C, sehingga perlu dilakukan studi terkait sumber hidrokarbon di area potensial yang teridentifikasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi kelautan. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Bapak Riza Rahardiawan yang telah berusaha memperoleh data kompilasi anomali magnet *Coordinating Commitee for Geosciences Programmes in East and Southeast Asia* (CCOP) saat beliau menghadiri kegiatan *workshop* di Jepang. Tidak lupa juga kami sampaikan terima kasih kepada bapak ibu yang sudah membantu terselesaikannya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ayuba, R. A., dan Nur, A., 2018., Depth Estimates Deduced from Source Parameter Imaging of High Resolution Aeromagnetic Data over Part of Nasarawa and Environs, North-Central Nigeria. *International Journal of New Technology and Research (IJNTR)*, Vol. 4.4: 54-62.
- Bhattacharyya, B. K. dan Lei-Kuang Leu, 1975. Spectral Analysis of gravity and magnetic anomalies due to two dimensional structures: *Geophysics*, v. 40, pp. 993-1013.
- Blakely, R.J., 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*, Cambridge University Press, New York.
- Blakely, R. J. dan Simpson, R. W., 1986, Approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies: *Geophysics*, Vol. 51:1494-149.
- Cavalin, dkk, 2019. Application of Full Waveform Inversion To Resolve An Eroded Shallow Carbonate Platform, North Madura, East Java, Indonesia, Proceeding IPA, Forty-Third Annual Convention & Exhibition.
- Darmawan, dkk., 2018. North Madura Platform Charging & Entrapment Modeling Study: An Effort to Understand Hydrocarbon Filling History in Bukit Tua Field, Proceeding IPA, Forty-Second Annual Convention & Exhibition.
- ESDM one Map, Pusat Data dan Informasi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2019. <https://geoportal.esdm.go.id/migas/>.
- Eze, M.O., Amoke, A. I., Dinneya, O. C., dan Aguzie, P. C., 2017. Basement and Automatic Depth to Magnetic Source Interpretation of Parts of Southern Benue Trough and Anambra Basin. *Journal of Applied Geology and Geophysics*, Vol. 5 .3: 67-74.
- Fairhesd, J. D., Salem, A. dan Bakely, J. Continental to Basin Scale Mapping of Basement Depth and Structure Using the Tilt-Depth Method. EGM International Workshop 2010, Capri, Italy.
- Garcia, J.G. dan Ness, G.E., 1994. Inversion of the power spectrum from magnetic anomalies. *Geophysics* 59 (3), 391–401.
- Hassan, H. H, Charters, R. A., dan Peirce, J. W. Mapping Depth to Basement Using 2D Werner Inversion of High-Resolution AeroMagnetic (HRAM) Data. Extended Abstract at CSPG CSEG GeoConvention 2007, Calgary, Alberta, Canada.
- Harris, C. S, 1982. The Biostratigrafi of The AGIP Indonesia NSA-1C Well Drilled Offshore North Bali, Indonesia. Project Report 1123.
- Marwan, A. A., dan Yahia, M., A, 2018. Using Aeromagnetic Data for Mapping the Basement Depth and Contact Locations, At Southern Part of Tihamah Region, Western Yemen. *Egyptian Journal of Petroleum* 27: 485-495. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejpe.2017.07.015>.
- Maurizio, F, Tatina, Q., dan Angelo, S., 1998. Exploration of a lignite bearing in Northern Ireland, using ground magnetic. *Geophysics* 62 (4), 1143–1150.
- Migas Data Repository, Pusat Data dan Informasi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2020. <https://datamigas.esdm.go.id/>
- Mishra, D. C dan Naidu, P. S., 1974. Two-dimensional power spectral analysis of aeromagnetic fields. *Geophys Prospect* 22:345–353.
- Mono, J. A., Ndougsa-Mbarga, T., Bi-Alou, M. B., Nghoh, J. D. dan Uwono, O. U., 2018. Inferring the Subsurface Basement Depth and the Contact Locations from Aeromagnetic Data over Loum-Minta Area (Centre-East Cameroon). *International Journal of Geo sciences*, 9, 435-459. <https://doi.org/10.4236/ijg.2018.97028>.
- Mudjiono, R., dan Pireno, G. E., 2001, Exploration Of The North Madura Platform, Offshore East Java Indonesia, Proceedings, Indonesian Petroleum Association 28th Annual Convention & Exhibition.

- Ofoha, C. C., Emujakporue, G., Ngwueke, M. I., dan Kiani, I., 2016. Determination of Magnetic Basement Depth over Parts of Sokoto Basin, within Northern Nigeria, Using Improved Source Parameter Imaging (ISPI) Technique. *World Scientific News* 50: 266-277.
- Odegard, M. E, Weber, W. R, Stavar, D. D. dan Dickson, W. G. Depth to Basement Using Spectral Inversion of Magnetic and Gravity Data: Application to Northwest Africa And Brazil. SEG Annual Meeting 2004, Denver, Colorado.
- Phillips, J. D., 1978. A Program to Estimate Depth to Magnetic Basement from Sampled Magnetic Profiles. Open File Report, Virginia, USGS.
- Roest, W. R., Verhoef, J. dan Pilkington, M., 1992. Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal. *Geophysics*, Vol. 57, No. 1: 116-125.
- Salem, A., Green, C., Cheyney, S., Fairhead, D., Aboud, E., dan Campbell, S., 2014. Mapping the depth to magnetic basement using inversion of pseudogravity: Application to the Bishop model and the Stord Basin, northern North Sea. *Interpretation*, Vol. 2, No. 2. T69–T78. <http://dx.doi.org/10.1190/INT-2013-0105.1>.
- Santosa, F. D., 1976. Geological Final Report Poleng Field B-1 Well. Indonesia Cities Service.
- Satyana, A. H., 2005. Oligo-Miocene Carbonate of Java Indonesia: Tectonic-Volcanic Setting and Petroleum Implications. Procc. IPA. Thirtieth Annual Convention and Exhibition, August 2005.
- Spector, A. dan F.S. Grant, 1970. Statistical models for interpreting magnetic data, *Geophysics*, v. 35, no. 2, pp. 293-302.
- Sribudiyani, Prasetya, I., Muchsin, N., Syapiie, B., Ryacudu, R., Asikin, S., Kunto, T., Harsolumakso, A. H., Astono, P., dan Yulianto, I., 2003, The Collision of The East Java Microplate and Its Impication for Hydrocarbon Occurences in The East Java Basin, Proceedings of 29<sup>th</sup> Annual Indonesian Petroleum Association Convention.
- Thurston, J. B., dan Smith, R.S., 1997. Automatic conversion of magnetic data to depth, dip, and susceptibility contrast using the SPITM method, *Geophysics* 62 (3) 807–813.
- Vahid Teknik dan Abdolreza Ghods, 2017. Depth of Magnetic Basement in Iran Based on Fractal Spectral Analysis of Aeromagnetic Data. *Geophys. J. Int*:209, 1878-1891. doi: 10.1093/gji/ggx132.

