

Model Konseptual Struktur Basement Sebagai Pengontrol Potensi Hidrokarbon di Cekungan Kendeng

Novianto A.¹, Sutanto², Suharsono³, Prasetyadi C.²

¹Mahasiswa Program Doktor Teknik Geologi UPN "Veteran" Yogyakarta

²Teknik Geologi UPN "Veteran" Yogyakarta

³Teknik Geofisika UPN "Veteran" Yogyakarta

Korespondensi :ardian.novianto@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Cekungan Kendeng dikenal sebagai cekungan yang dalam dan ditandai oleh anomali Bouguer Gravity negative besar yang menunjukkan basement yang sangat dalam serta diisi oleh sedimen dengan tebal kurang lebih 8 km-11 km. Kondisi basement di Cekungan Kendeng menjadi permasalahan utama. Pola struktur yang berkembang pada basement belum dapat dipastikan karena tebalnya sedimen yang menutupinya. Basement di Cekungan ini diperkirakan memiliki sifat transisional antara tipe kompleks akresi dan kontinental sedangkan pola struktur basement akibat dari *collision* di Cekungan ini masih menjadi pertanyaan apakah sama dengan pola umum di Jawa atau ada pola lain sehingga mengontrol pembentukan Cekungan Kendeng. Kondisi tersebut menyebabkan Cekungan kendeng mempunyai kompleksitas yang tinggi dalam eksplorasi hidrokarbon. Namun kemunculan rembesan minyak di beberapa tempat menjadi daya tarik untuk eksplorasi di cekungan ini.

Paper ini bertujuan untuk membuat model konseptual struktur basement di Cekungan Kendeng berdasarkan dari data-data sekunder berupa gravity, seismik yang berhubungan dengan cekungan kendeng, dan pengukuran Magnetik. Hasil penelitian ini berupa model struktur geologi yang menggambarkan kondisi Cekungan Kendeng sebagai cekungan migas yang selanjutnya dapat digunakan sebagai kontrol dalam interpretasi hasil pengukuran geofisika yang akan dilakukan selanjutnya.

Kata kunci: Cekungan Kendeng, Model Konseptual, Struktur, Basement, Magnetik, Gravity

ABSTRACT

Kendeng Basin is known as a deep basin and is characterized by a large negative Bouguer Gravity anomaly that shows a very deep basement and is filled sediments with a thickness of approximately 8 km-11 km. Basement conditions in the Kendeng Basin are the main problem. The pattern of structure that develops in the basement cannot be ascertained because of the thickness of the sediment that covers it. Basement type in this Basin is estimated a transitional between accretion and continental complexes while the basement structure pattern due to collisions in this Basin is still a question whether it is the same as the general pattern in Java or there are other patterns that control the formation of the Kendeng Basin. These conditions cause the Kendeng Basin to have a high complexity in hydrocarbon exploration. But the emergence of oil seepage in several places is an attraction for exploration in this basin.

This paper aims to create a conceptual model of the basement structure in the Kendeng Basin based on secondary data in the form of gravity, seismic associated with kendeng basins, and Magnetic measurements. The results of this study in the form of a geological structure model that describes the condition of the Kendeng Basin as an oil and gas basin which can then be used as a control in the interpretation of the results of geophysical measurements to be carried out next.

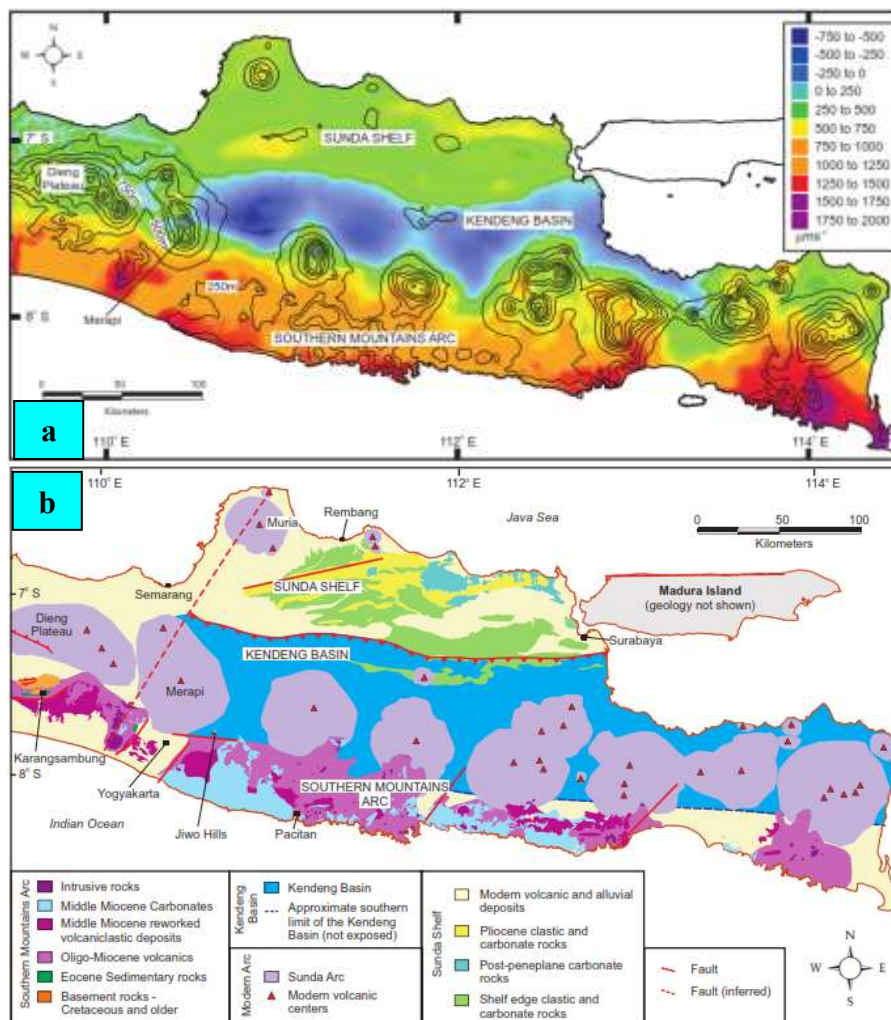
Keywords: Kendeng Basin, Conceptual Model, Basement, Magnetic, gravity

1. PENDAHULUAN

Cekungan Kendeng adalah cekungan yang dalam dan merupakan deposenter utama di Cekungan Jawa Timur. Cekungan ini mempunyai kompleksitas yang tinggi terhadap eksplorasi hidrokarbon (Hall dkk., 2007; Smyth dkk., 2008; Satyana dkk., 2008). Batuan Vulkanik yang tebal dan cekungan yang dalam di bagian selatan Cekungan Kendeng menjadi permasalahan utama. Cekungan ini dapat dikenali dari pola negative besar dari anomali *bouguer* gravity hingga $-580 \mu\text{ms}^{-2}$ dan menjadi lebih positif mendekati $40 \mu\text{ms}^{-2}$ ke arah barat di sekitar vulkanik muda Gunung Merapi dan Plateu Dieng. (Smyth dkk., 2008). Anomali rendah ini menjadi salah satu dasar penentuan batas Cekungan Kendeng dimana Cekungan Kendeng di bagian selatan dibatasi oleh Pegunungan Selatan, di utara oleh Sunda Shelf atau *thrust fault* Kendeng dan di bagian barat dibatasi oleh kompleks vulkanik moderen atau Progo-Muria *Lineament*. Bagian timur dari Cekungan Kendeng diinterpretasikan meluas sampai Selat Madura dan utara Bali (Hall dkk., 2007; Smyth dkk., 2008) (Gambar 1).

Basement pada Cekungan Kendeng tidak ada yang terekspos atau diketahui dari pemboran. Bagian bawah dari endapan batuan di cekungan ini tidak tersingkap namun sebagian kecil ada yang terbawa ke permukaan oleh

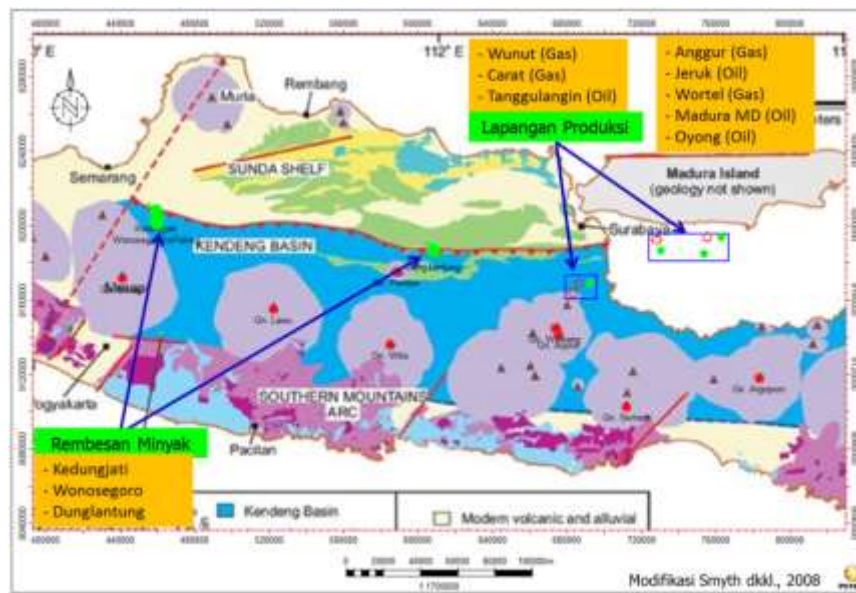
aktifitas gunung lumpur (*mud volcano*). Fragmen-fragmen batuan yang terbawa ke permukaan, berupa batupasir gampingan dan konglomerat mengandung *Nummulites*, mirip dengan sebagian karakter litologi di bagian bawah Pegunungan Selatan dan disebut *Synthem One* Cekungan Kendeng (Smyth dkk., 2005). Batuan pengisi Cekungan Kendeng terisi oleh sebagian besar endapan turbidite vulkanoklastik dan batulempung *pelagic* dengan ketebalan lebih kurang 6 Km (Untung dan Sato, 1978 dalam Smyth dkk., 2005). Batuan-batuan tersebut menyusun Formasi Pelang, Formasi Kerek dan Formasi Kalibeng yang berdasarkan kandungan foram plankton-nya diendapkan di lingkungan laut dalam. Batupasir vulkaniklastik sekuen ini diinterpretasikan terbentuk di bagian selatan di lereng utara kompleks vulkanik Oligo-Miosen Zona Pegunungan Selatan dan ke arah utara merupakan tempat pengendapan sedimen yang berbutir lebih halus dari sedimen pelagiknya. Walaupun diendapkan di bagian cekungan yang lebih dalam batulempungnya masih mengandung material vulkanogenik. Seri endapan laut dalam tersebut di Cekungan Kendeng diakhiri dengan pengendapan Batugamping Klitik Formasi Sonde (Pringgoprawiro, 1983). Sekuen endapan bagian atas Zona Kendeng didominasi oleh endapan vulkaniklastik yang terdiri dari batupasir konglomeratan, batupasir tufan, breksi vulkanik dari Formasi Pucangan, Formasi Kabuh dan Formasi Notopuro. Terdapatnya moluska air tawar, fragmen *hominoid* pada Formasi Pucangan dan terdapatnya endapan lahar dan fluvio-vulkanik pada Formasi Notopuro menunjukkan lingkungan pengendapan terestrial dan berumur Pleistosen. Sekuen endapan bagian atas Cekungan Kendeng ini menunjukkan munculnya kembali aktifitas vulkanik pada Plistosen yang merupakan cikal bakal Busur Vulkanik masa kini di Jawa.



Gambar 1. Batas-batas Cekungan Kendeng, a. Bouguer gravity anomaly Jawa Timur, b. BatasCekungan Kendeng (Smyth dkk., 2008)

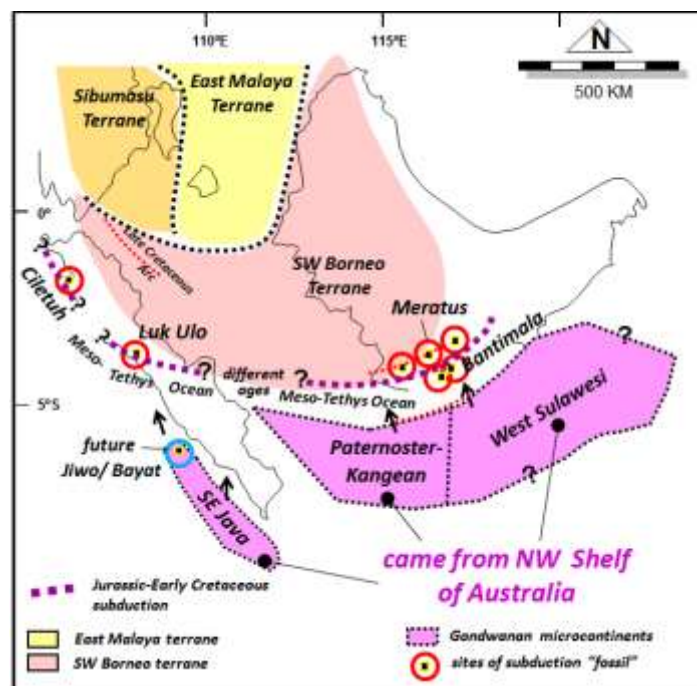
Rembesan Hidrokarbon (*oil seep*) telah ditemukan di beberapa tempat di Cekungan Kendeng seperti di Daerah Kedungjati, Wonosegoro Jawa Tengah, dan Duglantung (Gunung Pandan) di Jawa Timur. Eksplorasi dan eksploitasi migas telah dilakukan sejak jaman Belanda dengan dilakukannya pemboran pada sumur-sumur tua di daerah Gundih Jawa Tengah. Di Cekungan Kendeng bagian timur lapangan migas juga telah ditemukan dengan

dilakukannya pemboran pada Lapangan Wunut, Carat, dan Porong, serta lapangan-lapangan aktif di Selat Madura (gambar 2). Fakta tersebut tentunya tidak dapat diabaikan bahwa ada indikasi terdapatnya sistim petroleum di Cekungan ini. Potensi migas di Cekungan ini masih menjadi pertanyaan, apakah berhubungan dengan Cekungan Rembang yang telah terbukti sebagai penghasil migas di bagian utara ataukah migas berasal dari Cekungan Kendeng sendiri (Samankassou dkk., 2017; Moscariello dkk., 2017; Satyana, 2016; Bernhard, 2015; Subroto dkk., 2007).



Gambar 2. Posisi rembesan minyak dan lapangan migas di Cekungan Kendeng (Modifikasi Smyth dkk., 2008)

Konsep baru tentang tektonik yang menyatakan bahwa Jawa bagian timur merupakan hasil dari interaksi mikrokontinen (Bagian dari Gondwana) dengan Sunda Land (Sribudiyani dkk., 2003; Satyana, 2016) menjadi harapan baru dalam eksplorasi di Jawa bagian timur (Gambar 3). Batuan-batuan Pra-tercier bagian dari mikrokontinen tersebut mungkin dapat berfungsi sebagai *source rock* potensial sebagai sumber migas di Jawa Timur.



Gambar 3. Rekonstruksi tektonik di bagian timur hingga tenggara Sundaland pada akhir awal Kapur, sebagai Framework regional petroleum geologi di Tenggara Sundaland (Satyana, 2016).

Berdasarkan fakta-fakta tersebut, diharapkan terungkap target baru untuk eksplorasi hidrokarbon di daerah Jawa bagian Timur terutama Cekungan Kendeng yang telah menunjukkan indikasi-indikasi keberadaan system migasnya. Upaya untuk mengungkap potensi Kendeng tersebut diperlukan pemahaman yang baik mengenai bagaimana konfigurasi Cekungan Kendeng termasuk didalamnya adalah struktur basementnya yang diinterpretasikan akan mengontrol pengendapan pada Cekungan Kendeng ini. Penelitian ini dilakukan pada Cekungan Kendeng Barat dan Tengah dengan tujuan untuk membuat suatu model struktur pada Cekungan Kendeng sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam eksplorasi lebih lanjut baik surface maupun subsurfacanya menggunakan metoda Geofisika di Cekungan Kendeng.

2. METODE PENELITIAN

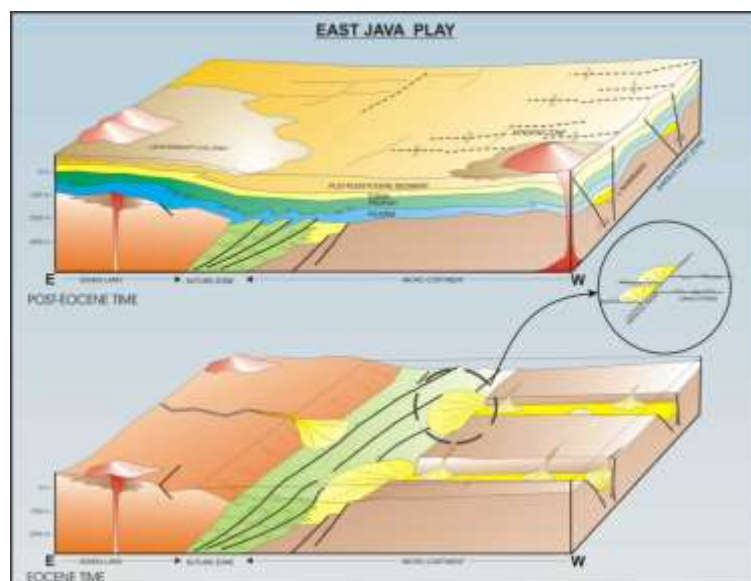
Informasi *sub-surface* Cekungan Kendeng sebagian besar belum diketahui dengan baik, kondisi cekungan yang dalam dan endapan vulkanik muda menutupi hampir sebagian besar bagian selatan Cekungan Kendeng. Hal tersebut sangat menyulitkan untuk melakukan eksplorasi baik permukaan maupun bawah permukaan menggunakan metoda geofisika. Metoda geofisika memerlukan kalibrasi dalam analisisnya sehingga diperlukan suatu model untuk memberikan inputan dalam interpretasinya. Tujuan utama penelitian ini adalah membuat model awal yang menggambarkan kondisi geologi Cekungan Kendeng yang selanjutnya dapat digunakan sebagai pengontrol interpretasi geologi dan geofisika sehingga dapat menjelaskan potensi hidrokarbon di cekungan ini.

Pembuatan model geologi ini akan didasarkan pada data-data sekunder dari cekungan di bagian utara dan selatan Cekungan Kendeng untuk menginterpretasikan kondisi Cekungan Kendeng serta dikombinasikan dengan pengukuran magnetik di Cekungan Kendeng. Data-data sekunder yang akan digunakan adalah data seismik, sumur dan Gravity regional. Data tersebut selanjutnya akan dikombinasikan dengan data primer pengukuran magnetik di Cekungan Kendeng. Data seismik, data gravity dan hasil pengukuran Magnetik akan memberikan gambaran mengenai konfigurasi Cekungan Kendeng baik pola basement maupun kontrol struktur yang membentuk Cekungan Kendeng.

3. HASIL DAN ANALISIS

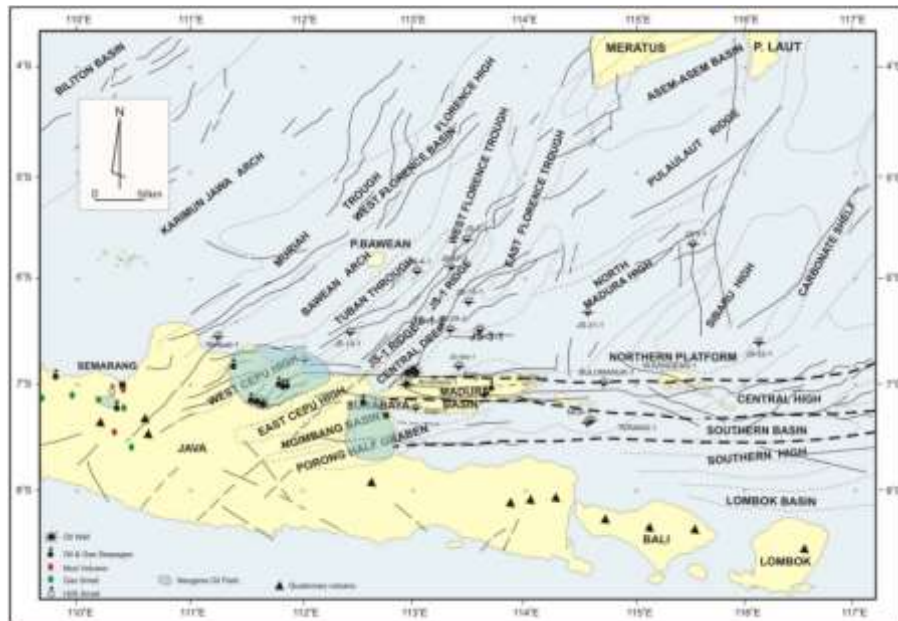
3.1. Analisa Data Sekunder (Regional)

Jawa bagian timur berdasarkan dari rekonstruksi tektonik diinterpretasikan didasari oleh mikrokontinen yang berasal dari Australia (Sribudiyani dkk., 2003, Satyana, 2016). Data-data sumuran dan seismik di bagian utara Jawa Timur menunjukkan bahwa ada dua sistim struktur yang terbentuk pada Eosen-Oligosen. Pola struktur pertama berarah E-W yang searah dengan struktur RMKS (Rembang-Madura-Kangean-Sakala) dan struktur kedua berarah NE-SW searah dengan trend meratus. Interpretasi berdasarkan data stratigrafi dan umur sedimennya menunjukkan bahwa tren struktur Sakala sedikit lebih tua dari tren Meratus (Sribudiyani dkk., 2003). Hal tersebut menunjukkan bahwa trend Sakala kemungkinan terbentuk selama pergerakan mikrokontinen tersebut dan trend meratus terbentuk setelah terjadinya collision dengan Sunda Land. Gambar 4.



Gambar 4. Diagram blok yang menggambarkan pola struktur basement dan pengendapan batuan Eosen di Cekungan Jawa Timur (Sribudiyani dkk., 2003)

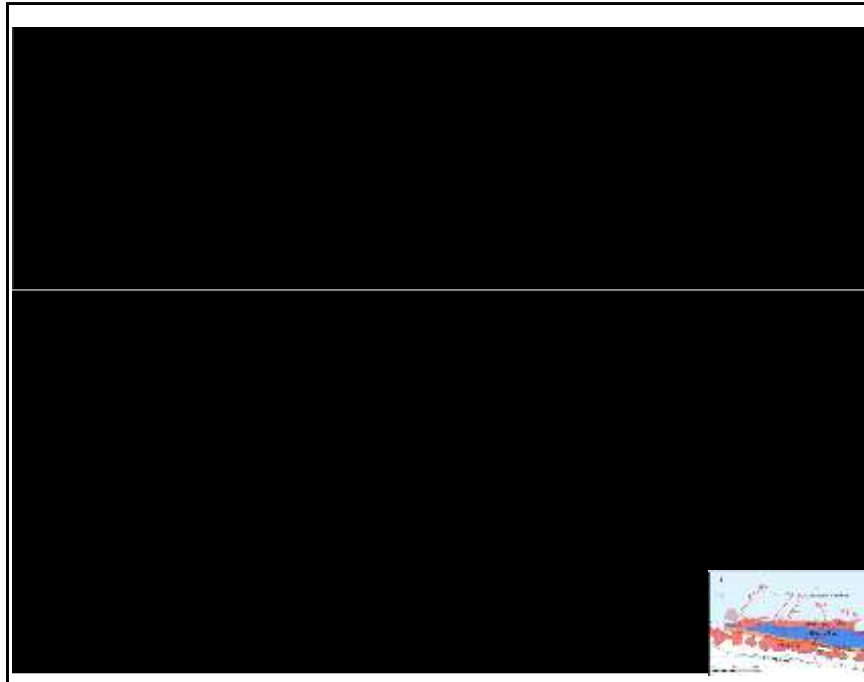
Collision tersebut telah mengontrol pembentukan syn-rift yang membentuk serangkaian hors-graben yang dibatasi oleh punggung. Pola hors-graben ini di Jawa bagian utara dapat diamati dengan baik yang dikenal sebagai (dari barat ke timur) Karimunjawa Arc, Muria-Pati Through, Bawean High, Tuban Through, JS-1 Ridge, dan Central Deep (Gambar 5).



Gambar 5. Pola Struktur Utama Jawa bagian timur (Sribudiyani dkk., 2003)

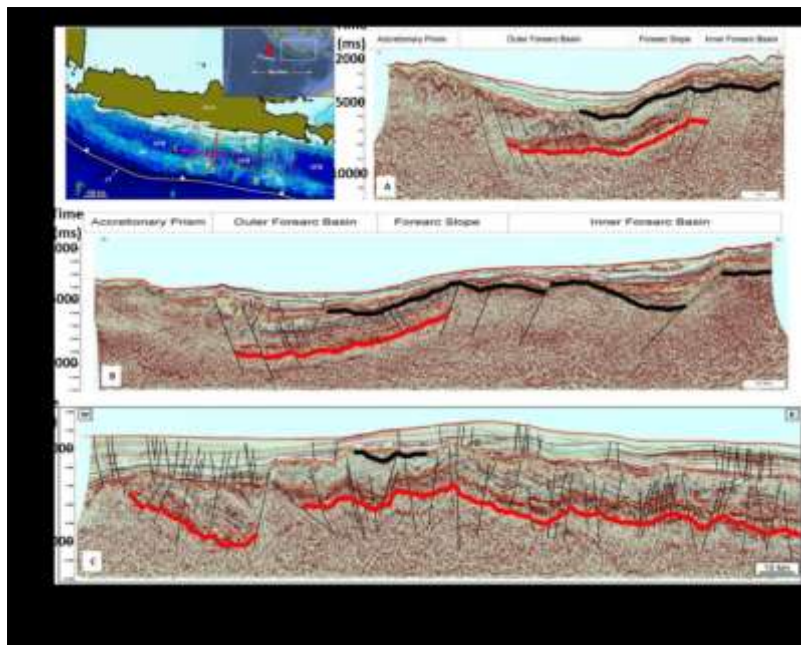
Pola-pola hors-graben tersebut telah dikonfirmasi oleh lintasan seismik yang melewati Karimunjawa Arc, Muriah Trough, Bawean Arc, Randugunting Trough dan Purwodadi High yang merupakan struktur Paleogene dan melintasi pula *Central Uplift* yang merupakan struktur Neogene (Juliansyah dkk., 2016). Penampang seismik tersebut menunjukkan adanya pola-pola Hors-Graben Paleogen yang mendasari struktur Neogen di atasnya dan mengontrol pengendapan batuan di dalamnya (Gambar 6).

Pengendapan batuan pada saat ini merupakan endapan syn-rift yang terdiri dari endapan darat, fluviodelta, lakustrin dan secara bertahap berubah menjadi laut dangkal (Juliansyah dkk., 2016). Pengendapan batuan diawali dengan endapan konglomerat berbutir *very well-rounded polymict* dan tersusun oleh fragmen kuarsa yang diinterpretasikan sebagai endapan molasse. Terdapatnya endapan molasse tersebut sebagai bukti bahwa terdapat *paleohigh* yang menjadi *continental source* saat Kapur-Eosen. Kelompok endapan syn-rift ini dikenal sebagai Formasi Ngimbang serta dianggap sebagai *source rock* di Cekungan Rembang. Penyebaran Formasi ini diinterpretasikan lebih berkembang ke arah timur sedangkan ke arah selatan (Cekungan Kendeng) belum diketahui. (Sribudiyani dkk., 2003). Secara geologi Formasi Ngimbang ini belum banyak diketahui karena sedikitnya data yang diperoleh. Formasi ini tidak ada yang tersingkap dipermukaan bahkan data sumur dan seismik juga sangat sedikit. Kondisi tersebut menyulitkan untuk mempelajari formasi ini secara lebih rinci terutama penyebaran dan kondisinya ke arah selatan. Pembangunan model struktur diharapkan akan mampu memahami dengan lebih baik mengenai kondisi basement yang mengontrol distribusi facies Formasi Ngimbang tersebut.



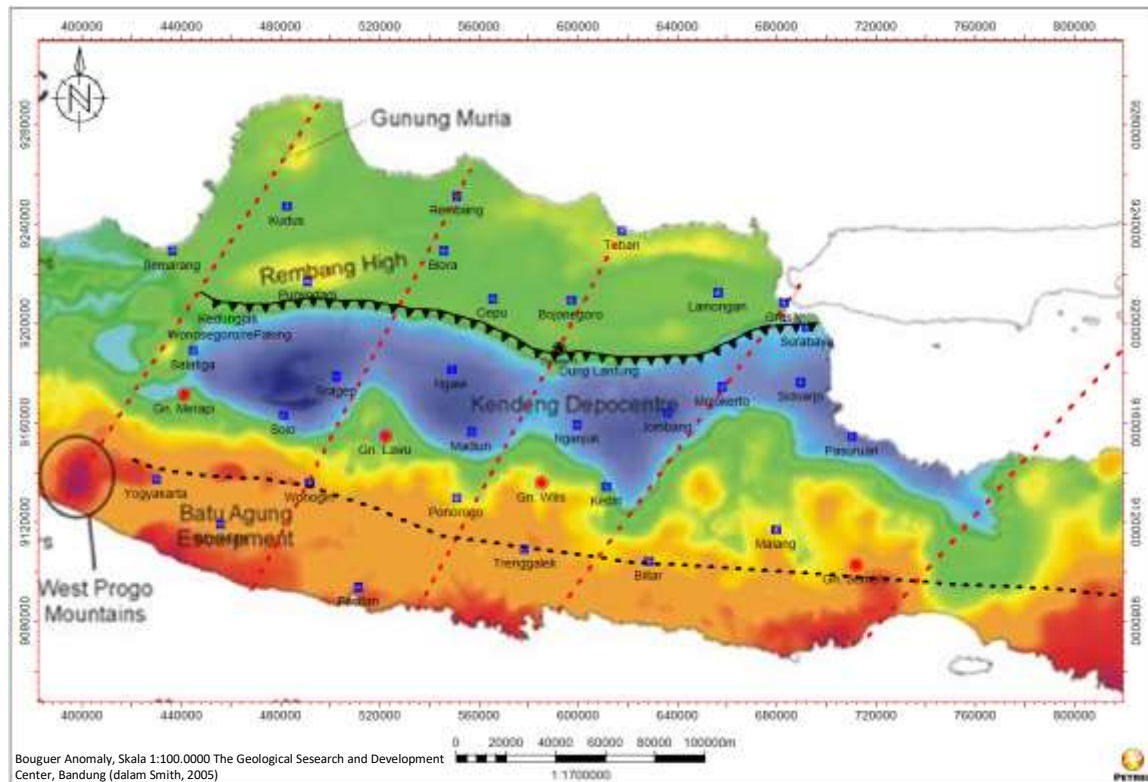
Gambar 6. Penampang utara selatan melalui Karimunjawa Arc-Muriah Trough-Bawean Arc- Tuban-Randugunting Trough – Purwodadi High (Juliansyahdkk., 2016).

Pola hors-graben ini juga dapat diidentifikasi dari beberapa lintasan seismic di fore Arc Jawa timur. Lintasan seismic tersebut menunjukkan pola cekungan di Jawa bagian selatan yang dikontrol oleh struktur berarah NE-SW maupun arah E-W. Struktur ini diinterpretasikan memotong hingga batuan pra-tercier yang merupakan bagian dari mikrokontinen Jawa Timur (Gambar 7). Kehadiran Mikrokontinen ini dibagian selatan Jawa membawa harapan baru terhadap potensi hidrokarbon di Cekungan-cekungan Jawa timur seperti pegunungan selatan dan Cekungan Kendeng yang hingga saat ini belum terbukti sebagai penghasil Migas.



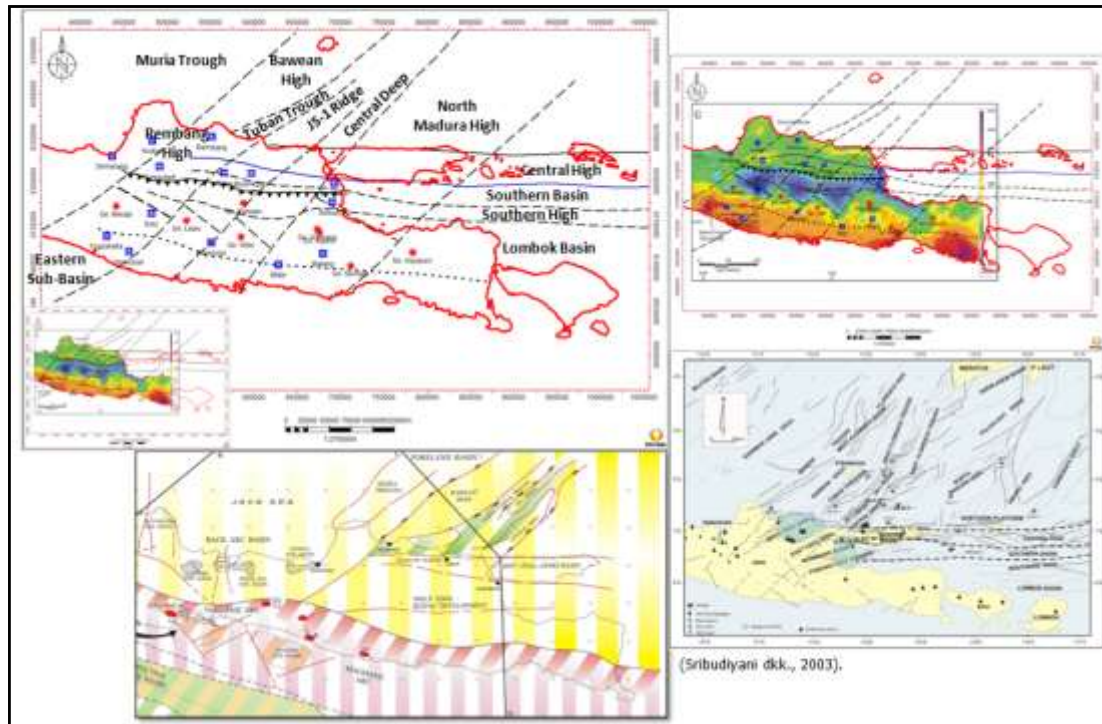
Gambar 7. Penampang Deep Seismic di Fore-Arc Jawa Timur yang menggambarkan pola cekungan dan struktur serta kehadiran mikrokontinen Gondwana yang diinterpretasikan mendasari Jawa bagian Timur (Satyana, 2016).

Berdasarkan peta geologi dan kelurusan struktur di bagian utara dan selatan Jawa menunjukkan bahwa trend struktur NE-SW mungkin masih hadir sampai tengah pulau Jawa dan menerus sampai ke selatan bertumpang tindih dengan struktur berarah E-W yang lebih menunjukkan struktur Neogen. Data gravity regional menunjukkan pola-pola kelurusan struktur berarah NE-SW yang diinterpretasikan merupakan perpanjangan dari struktur di utara Jawa dan dapat pula dihubungkan dengan pola-pola di selatan Jawa (Gambar 8).



Gambar 8. Data gravity yang menunjukkan pola-pola kemenerusan struktur berarah NE-SW. (Data gravity dari PSG Bandung (Dalam Smith, 2005))

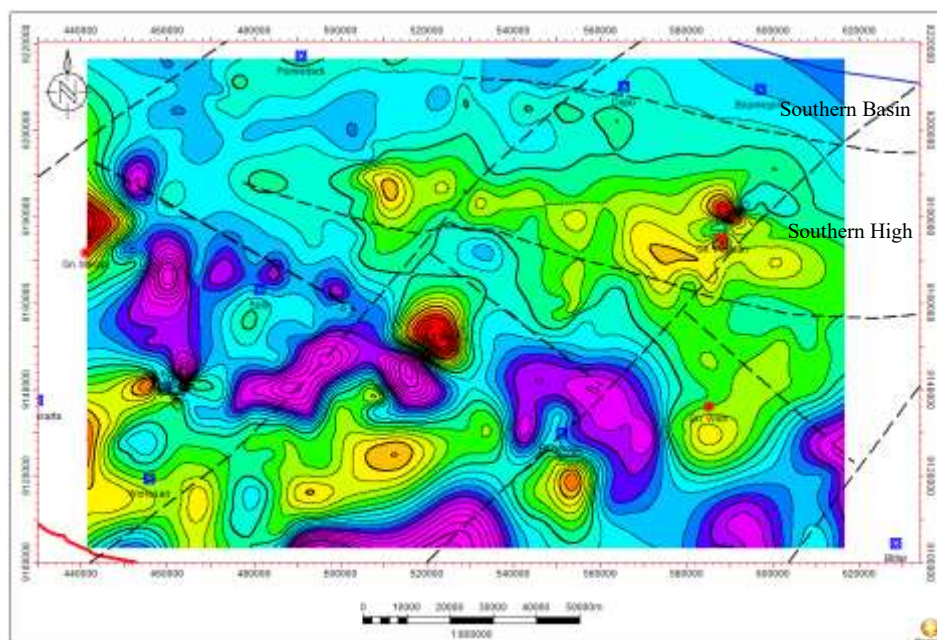
Data-data seismik pada *Fore-Land basin* di utara Jawa Timur selama Paleogen serta data-data seismik di bagian *fore arc* basin menunjukkan pola-pola *syn-rift* Paleogen dengan arah NE-SW. Pola ini berkorelasi dengan pola meratus yang terbentuk akibat *collision* antara mikrokontinen Gondwana dengan Sundaland yang dapat diamati dengan jelas di bagian utara Jawa Timur. Pada bagian selatan Jawa Timur pola NE-SW ini bertepatan dengan posisi tersingkapnya batuan-batuan berumur Paleogen (Eosen) seperti Karangsembung, Formasi Nanggulan di Kulonprogo, dan Bayat sehingga semakin meyakinkan bahwa pola struktur NE-SW tersebut mengontrol cekungan Paleogen di Jawa Timur. Permasalahan yang dihadapi adalah bagaimana dengan Cekungan Kendeng yang berada di antara kedua cekungan tersebut? Cekungan Kendeng sebagian besar tertutupi oleh endapan Vulkanik yang tebal sehingga pola tersebut tidak terlihat dipermukaan. Pola NE-SW ini pada Cekungan Kendeng dapat diinterpretasikan dari data gravity regional. Pada data gravity tersebut terlihat pola kemenerusan berarah NE-SW sehingga memisahkan Cekungan Kendeng menjadi beberapa bagian yaitu Kendeng Barat, Kendeng Tengah, dan Kendeng Timur (Gambar 8). Pembagian tersebut sesuai dengan pembagian yang dilakukan oleh Pringgoprawiro (1983) berdasarkan pengamatan permukaan di Cekungan Kendeng. Berdasarkan data-data tersebut maka disimpulkan bahwa Cekungan di Jawa Timur termasuk Cekungan Kendeng dikontrol oleh pola struktur dengan arah E-W dan arah NE-SW seperti digambarkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Interpretasi pola struktur regional Jawa Timur

3.2. Analisa Data Pengukuran Magnetik

Pengukuran magnetik telah dilakukan di daerah penelitian yang terletak di Cekungan Kendeng. Pengukuran dilakukan mulai daerah Gubug (Semarang) hingga Bojonegoro di bagian utara dan Wonosari hingga Blitar di bagian selatan. Luas area penelitian lebih kurang 100Km x 100Km. Hasil pengukuran magnetik tersebut telah diolah untuk menghilangkan efek variasi harian dan IGRF nya dan ditampilkan dalam bentuk peta Total Magnetik Intensitas (TMI). Peta TMI tersebut dapat ditampilkan pada **gambar 10**.



Gambar 10. Interpretasi pola struktur Cekungan Kendeng berdasarkan peta TMI hasil pengukuran Magnetik

Berdasarkan peta TMI tersebut dapat ditarik pola-pola struktur berarah NE-SW dan relative E-W sesuai dengan interpretasi struktur regional Jawa Timur. Hasil ini semakin memperkuat bahwa pola struktur NE-SW memotong dari Utara hingga selatan Jawa Bagian Timur dan pembentukan Cekungan Kendeng dikontrol oleh

struktur dengan arah NE-SW dan E-W tersebut. Berdasarkan pola strukturnya maka pola E-W diinterpretasikan lebih tua dari struktur NE-SW.

4. KESIMPULAN

1. Jawa bagian timur didasari oleh batuan-batuan dari mikrokontinan Gondwana yang selama pergerakannya telah membentuk pola-pola syn-rift yang mengontrol pengendapan batuan di atasnya.
2. Collision mikrokontinan Gondwana ini dengan Sunda Land telah menghasilkan pola struktur baru yang searah dengan zona suture nya yaitu berarah NE-SW (Pola Meratus)
3. Pola struktur NE-SW diinterpretasikan menerus dari bagian utara hingga selatan Jawa bagian timur
4. Pada Cekungan Kendeng kedua pola struktur tersebut dapat dijumpai berdasarkan data Gravity dan pengukuran Magnetik serta diinterpretasikan mempengaruhi pembentukan Cekungan Kendeng selama Paleogen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bernhard WS. *Volcaniclastic Petroleum Systems – Theory And Examples From Indonesia*, Proceedings of Indonesian Petroleum Association. Thirty-Ninth Annual Convention & Exhibition. 2015.
- [2] Emmet PA, Granath JW, Dinkelman MG. Pre-tertiary sedimentary “keels” provide insights into tectonic assembly of basement terranes and present-day petroleum systems of the east java sea. Proceedings Thirty-Third Annual Convention & Exhibition. Indonesian Petroleum Association. May 2009.
- [3] Juliansyah MN, Mazied M, Arisandy M. Regional Stratigraphic Correlation Across The East Java Basin: Integrated Application Of Seismic, Well, Outcrop And Biostratigraphic Data. Proceedings, Indonesian Petroleum Association Fortieth Annual Convention & Exhibition. May 2016.
- [4] Prasetyadi C. Evolusi Tektonik Paleogen Jawa Bagian Timur. PhD Thesis. Institut Teknologi Bandung; 2007.
- [5] Prasetyadi C, Rachman MG, Hapsoro SE, Gunawan A, Purwaman I. Seismic-Based Structural Mapping of RMKS Fault Zone: Implication to Hydrocarbon Accumulation in East Java Basin. Proceedings Geosea XIV And 45th IAGI Annual Convention. Bandung 2016 (Gic 2016).
- [6] Pringgoprawiro H. Biostratigrafi dan Paleogeografi Cekungan Jawa Timur Utara Suatu Pendekatan Baru. PhD Thesis. Institut Teknologi Bandung; 1983.
- [7] Samankassou E, Mazzini A, Chiaradia M, Spezzaferri S, Moscariello A, Couto DD. Origin And Age Of Carbonate Clasts From The Lusi Eruption, Java, Indonesia. *Elsevier. Marine and Petroleum Geology*. 2017.
- [8] Satyana AH. *The Emergence Of Pre-Cenozoic Petroleum System In East Java Basin: Constraints From New Data And Interpretation Of Tectonic Reconstruction, Deep Seismic, And Geochemistry*. Proceedings of Indonesian Petroleum Association. Fortieth Annual Annual Convention & Exhibition. 2016.
- [9] Smyth HR, Hall R, Hamilton J, Kinny P. *East Java: Cenozoic Basins, Volcanoes And Ancient Basement*. Proceedings of Indonesian Petroleum Association. Thirtieth Annual Convention & Exhibition. 2005.
- [10] Smyth HR, Hall R, Nichols GJ. Cenozoic Volcanic Arc History Of East Java, Indonesia: The Stratigraphic Record Of Eruptions On An Active Continental Margin. *The Geological Society of America*. Special Paper 436. 2008.
- [11] Sribudiyani, Prasetya I, Muchsin N, Sapiie B, Ryacudu R, Asikin S, Kunto T, Harsolumakso AH, Astono P, Yulianto i. *The Collision Of The East Java Microplate And Its Implication For Hydrocarbon Occurrences In The East Java Basin*. Proceedings of Indonesian Petroleum Association. Twenty-Ninth Annual Convention & Exhibition 2003.
- [12] Subroto EA, Noeradi D, Priyono A, Wahono HE, Hermanto E, Praptisih, Santoso K. *The Paleogene Basin Within The Kendeng Zone, Central Java Island, And Implications To Hydrocarbon Prospectivity*. Proceedings of Indonesian Petroleum Association. Thirty-first Annual Convention & Exhibition. 2007.