

STRUKTUR TINGGIAN DI SUB CEKUNGAN MAJALENGKA BERDASARKAN METODE GAYABERAT

High Structure in Majalengka Sub Basin Based On Gravity Method

Dadan D. Wardhana, Kamtono, Karit L. Gaol

Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

ABSTRAK Sub-cekungan Majalengka termasuk dalam Cekungan Bogor bagian timur yang sebagian besar tertutup oleh endapan vulkanik yang cukup tebal. Namun demikian cekungan ini mempunyai rembesan minyak dan gas yang banyak muncul di area vulkanik. Hingga saat ini, teknologi seismik belum mampu menembus lapisan vulkanik tebal untuk mengungkap konfigurasi lapisan batuan di bawahnya. Oleh karena itu digunakan metode gayaberat sebagai metode alternatif dalam menggambarkan kondisi bawah permukaan yang tertutup batuan vulkanik. Gayaberat adalah salah satu metoda geofisika yang dapat digunakan untuk mengetahui konfigurasi cekungan berdasarkan perbedaan parameter fisis densitas batuan. Identifikasi struktur dan penentuan area tinggian dilakukan berdasarkan interpretasi dari peta anomali gayaberat dan anomali residual, analisis teknik gradien dan pemodelan 3D gayaberat. Teknik gradien vertikal digunakan untuk menentukan posisi struktur sesar sedangkan *Second Vertical Derivative (SVD)* untuk menentukan jenis sesar. Model 3-dimensi dibuat untuk menentukan sebaran dan geometri cekungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur yang mengontrol pembentukan cekungan adalah berupa sesar naik arah baratlaut-tenggara, sesar geser arah barat-timur dan baratdaya-timurlaut. Kedalaman *basement* pada daerah penelitian antara 2700-5000 m. Peta anomali Bouguer, anomali residual

dan model 3D gayaberat memberikan informasi terdapat tinggian yang memungkinkan terdapatnya perangkap hidrokarbon, yaitu Tinggian Kadipaten–Majalengka dan Ujungjaya-Babakan Gebang.

Kata kunci: anomali gayaberat, sub-cekungan Majalengka, struktur tinggian, prospek hidrokarbon.

ABSTRACT *Majalengka sub-basin in the eastern part of the Bogor Basin is mostly covered by thick volcanic deposits. However, oil and gas seepage appeared in the volcanic area. Due to seismic technology has not been able to penetrate the thick layers of volcanic rock, gravity is an alternative method to describe subsurface conditions in this area. Gravity method can determine the configuration of the basin based on different rock density. Identification of the structure and determination of structural high area is analyzed based on interpretation of gravity anomaly, residual anomaly, gradient analysis and 3D modeling of the gravity. Vertical gradient technique was used to determine the position of fault structure, while the Second Vertical Derivative (SVD) to determine the type of fault. A 3-dimensionals model was made to determine the distribution and geometry of the basin. The results showed that the structures control the formation of the basin is in the form of northwest-southeast reverse fault, east-west and southwest-northeast shear fault. The depth of the basement in the study area is between 2700-5000 m. These gravity analysis provide the information of structural highs that allow the presence of hydrocarbon trap: Kadipaten-Majalengka and Ujungjaya-Babakan Gebang High.*

Keywords: *gravity anomaly, Majalengka sub-basin, high structure, hydrocarbon prospect.*

Naskah masuk : 17 Februari 2016
Naskah direvisi : 21 Maret 2016
Naskah diterima : 24 November 2016

Dadan Dani Wardhana
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Kompleks LIPI Gd. 70, Jl Sangkuriang Bandung 40135
Email : dhanswardhana@yahoo.com

PENDAHULUAN

Di daerah Jawa Barat dikenal adanya dua cekungan yang cukup besar yakni Cekungan Jawa Barat Utara dan cekungan Bogor. Daerah batas antara Cekungan sedimen Jawa Barat Utara dan cekungan Bogor menjadi objek penelitian baik studi geologi permukaan (fasies karbonat dan batuan induk) juga dilakukan studi bawah permukaan dengan metode gayaberat. Banyak ditemukan rembesan minyak dan gas pada cekungan Bogor mulai dari Sukabumi sampai Cirebon, seperti di Kecamatan Cijambe Kabupaten Subang terdapat rembesan minyak dan gas, daerah Tanjung Medar, Kabupaten Sumedang terdapat rembesan gas, lokasi rembesan minyak di dekat sungai Cibodas, Argalingga, Kecamatan Maja, Majalengka dan di Gunung Kromong, Cirebon terdapat rembesan minyak dan semburan air panas. Adanya rembesan minyak dan gas ini mengindikasikan terdapatnya batuan sumber hidrokarbon. Sub-cekungan Majalengka yang menjadi lokasi penelitian termasuk dalam Cekungan Bogor bagian timur yang sebagian besar tertutup oleh endapan vulkanik yang cukup tebal. Pemilihan lokasi studi gayaberat dilakukan dengan pertimbangan bahwa sub-cekungan Majalengka dalam konteks stratigrafi dan struktur masih ada kemungkinan terdapat hidrokarbon yang secara teoritis terperangkap dalam tinggian. Disamping pertimbangan tersebut, daerah yang ditutupi oleh endapan vulkanik muda dan kondisi topografi yang kasar serta penduduk yang padat umumnya survei dengan menggunakan metode seismik dalam operasionalnya sulit dilakukan, sehingga penggunaan metode non seismik seperti metode gayaberat secara regional dapat membantu dalam melokalisir morfotektonik suatu cekungan.

Penelitian mengenai geologi sub-cekungan Majalengka telah dilakukan sejak dekade terakhir abad ke-19. Penelitian secara komprehensif mulai tahun 1984 oleh Martodjoyo (1984),

menyebutkan bahwa cekungan Bogor sebagai cekungan sedimen yang didominasi oleh fasies turbidit. Beberapa peneliti seperti Djuri (1973), dan Martodjoyo (1984), telah mempelajari fasies turbidit dari cekungan terutama dalam proses pengendapan, asal, tektonik dan kemungkinan untuk terjadinya hidrokarbon. Muljana *et al.* (2012) telah melakukan penelitian tentang sistem hidrokarbon pada sub-cekungan Majalengka. Beliau menyebutkan bahwa perkembangan sub-cekungan Majalengka dominan dipengaruhi oleh dua peristiwa geologi yaitu magmatisme dan tektonik.

Metode gayaberat adalah salah satu metoda geofisika yang dapat digunakan untuk mengetahui konfigurasi cekungan berdasarkan perbedaan parameter fisis rapat massa. Hasil survei biasanya ditampilkan dalam bentuk peta anomali gayaberat Bouguer. Akan tetapi penentuan struktur bawah permukaan berdasarkan interpretasi anomali gayaberat tidak memberikan informasi secara langsung karena hanya ditandai dengan adanya batas kontak kontras densitas. Untuk mendapatkan informasi yang lebih detil maka dilakukan analisis bukan hanya untuk peta anomali Bouguer, tetapi dilakukan juga pada peta anomali residual, analisis *gradient anomaly*, analisis spektrum dan pemodelan 3-dimensi gayaberat dengan tujuan mengidentifikasi batas-batas cekungan yang memiliki potensi sebagai cebakan hidrokarbon di wilayah Majalengka serta keberadaan struktur pengontrol terbentuknya cekungan tersebut.

LOKASI PENELITIAN

Daerah penelitian termasuk dalam wilayah Kabupaten Majalengka, Provinsi Jawa Barat. Secara geografis terletak pada koordinat 107°59'30.84" - 108°21'00" Bujur Timur dan 6°33'00" - 6°51'32.15" Lintang Selatan.

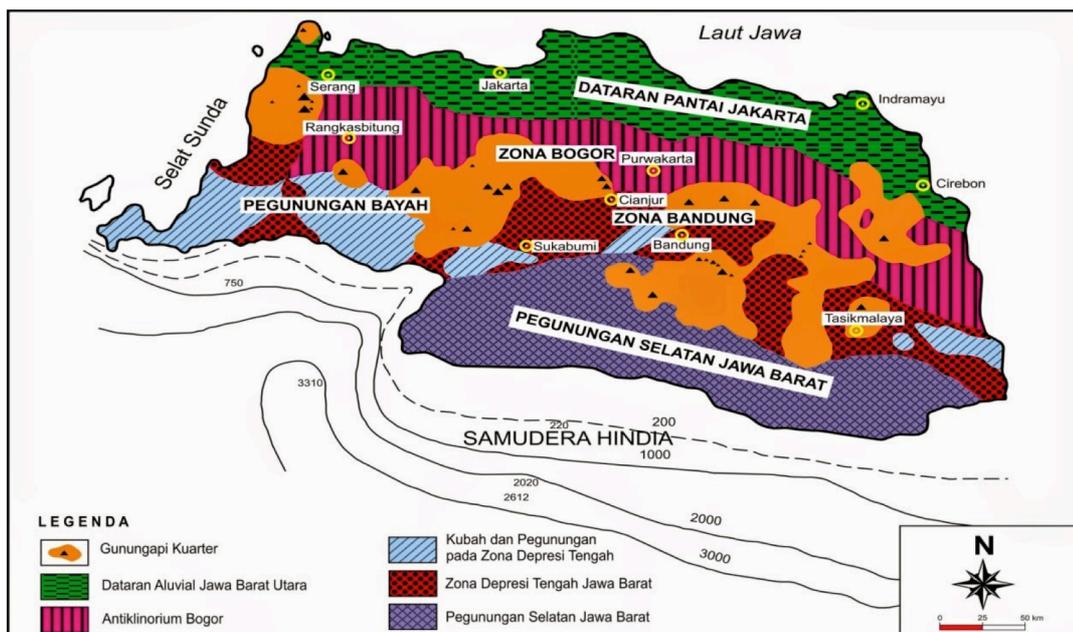


Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian (sumber: googlemap).

Tatanan Geologi

Daerah penelitian termasuk dalam Zona Bogor yang membentang mulai dari Rangkasbitung melalui Bogor, Purwokarta, Subang, Sumedang, Kuningan dan Manjalengka (Gambar 2). Daerah

ini merupakan perbukitan lipatan yang terbentuk dari batuan sedimen tersier laut dalam membentuk suatu antiklonorium, di beberapa tempat mengalami patahan yang diperkirakan pada zaman Pliosen-Plistosen sezaman dengan terbentuknya Patahan Lembang dan



Gambar 2. Peta fisiografi Jawa Barat (Van Bemmelen, 1949).

pengangkatan Pegunungan Selatan. Zona Bogor sekarang terlihat sebagai daerah yang berbukit-bukit rendah di sebagian tempat secara sporadis terdapat bukit-bukit dengan batuan keras yang dinamakan vulkanik *neck* atau sebagai batuan intrusi seperti Gunung Parang dan Gunung Sanggabuwana di Plered Purwakarta, Gunung Kromong dan Gunung Bulgir sekitar Majalengka. Batas antara zona Bogor dengan zona Bandung adalah Gunung Ciremai (3.078 meter) di Kuningan dan Gunung Tampomas (1.684 meter) di Sumedang (Van Bemmelen, 1949).

Cekungan Bogor merupakan cekungan sedimen berkarakter endapan laut dalam yang berkembang mulai awal Tersier dan terbentang mulai dari Zona Bogor di bagian Barat sampai Zona Kendeng di bagian timurnya. Secara fisiografi jalur ini membentang di tengah pulau Jawa dan disebut Bogor – North Serayu-Kendeng Anticlinorium (Van Bemmelen, 1949) atau Bogor-North Serayu – Kendeng *deepwater zone* (Satyana dan Armandita, 2004), seperti diperlihatkan pada Gambar 3.

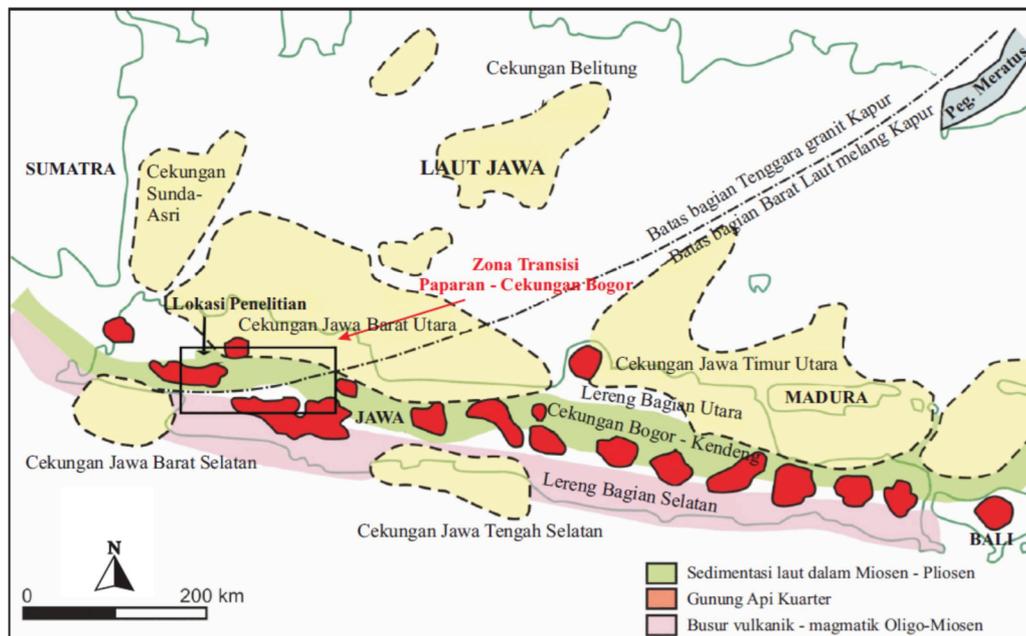
Secara tektonik Cekungan Bogor merupakan Cekungan Busur Belakang (*Back Arc Basin*) terhadap busur vulkanik Oligo-Miosen yang berada di selatannya. Saat ini sedimen laut dalam juga mendapat perhatian karena berpotensi sebagai reservoir hidrokarbon, seperti yang telah dibuktikan di Cekungan Kutei, Brunei, Tarakan, Sumatera Utara, Jawa Timur, dan Cekungan Palawan (Kusumastuti *et al.*, 2001). Stratigrafi regional cekungan tersebut diatas telah dibuat oleh Martodjoyo (1994) dan dimodifikasi oleh Satyana (2005) (Gambar 4).

Stratigrafi Daerah Penelitian

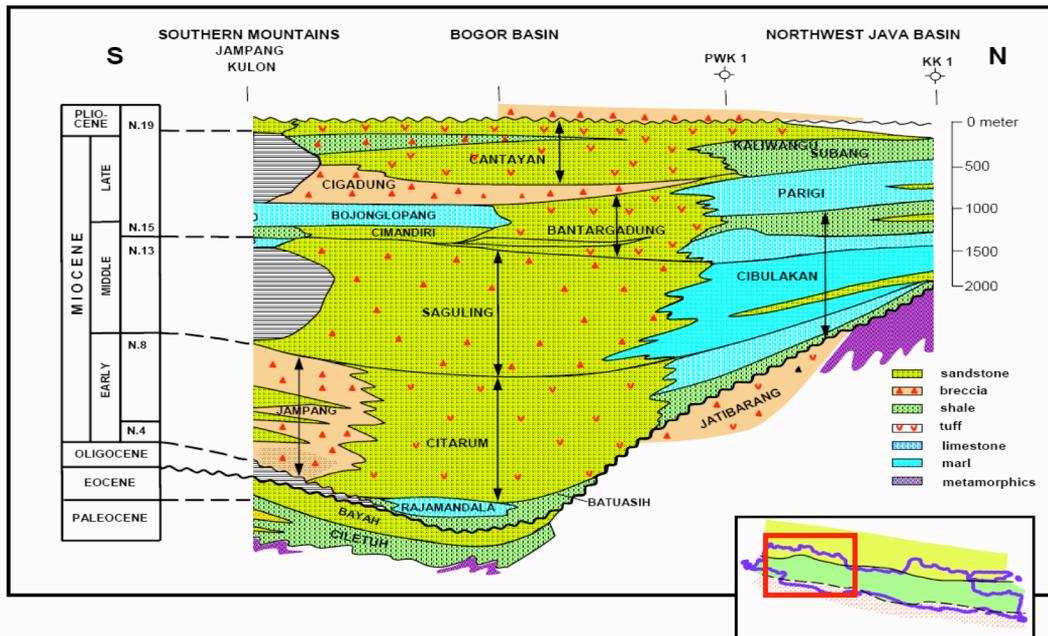
Lokasi penelitian termasuk dalam Peta Geologi Lembar Arjawinangun (Djuri, 1973) yang diperlihatkan pada Gambar 5. Adapun stratigrafi yang melandasi Majalengka dijelaskan secara singkat sebagai berikut:

Endapan Kuartar

Aluvium terdiri dari lempung, lumpur, lanau, pasir, kerikil, kerakal dan berangkal. Terhampar luas di sepanjang lembah Bengawan Solo, hulu S. Oyo, dan di Ponjong sebelah timur Wonosari.



Gambar 3. Cekungan Bogor yang ditutupi oleh kuartar dan vulkanis (Satyana & Armandita, 2004).



Gambar 4. Skematik Stratigrafi regional Jawa Barat (Martodjojo, 1994 dimodifikasi oleh Satyana, 2005).

Endapan Gunungapi Muda

Hasil gunungapi muda lava merupakan aliran lava muda Gunung Cireme, bersifat andesit, tersingkap di sekitar G. Cireme dibagian tengah Lembar Sumber. Hasil gunungapi muda tak teruraikan terdiri dari breksi, lava andesitan, basal, pasir tufan, tuf lapili berasal dari G. Cireme. Satuan batuan ini membentuk dataran dan bukit-bukit rendah dengan lapukan tanah berwarna abu-abu kuning kemerahan.

Endapan Gunungapi Tua

Hasil gunungapi tua lava terdiri dari aliran lava tua bersifat andesitan dengan mineral hornblende sebagai mineral utama; menunjukkan struktur aliran. Batuan ini ditambah masyarakat sebagai batu ornamen dan pondasi di Desa Tarikolot. Hasil gunungapi tua breksi terdiri dari breksi gunungapi, endapan lahar dengan komponennya yang terdiri atas batuan beku andesitan dan basal, tersingkap di bagian timur. Breksi Kompleks G. Kromong merupakan breksi polimik, kompak, komponen batuan beku andesitan, batugamping dan tuf, tersingkap di sekitar G. Kromong. Hasil gunungapi tak teruraikan terdiri dari breksi gunungapi, lahar, lava andesitan dan basal. Breksi terlipat merupakan breksi gunungapi

bersifat andesit, breksi tufan, batupasir kasar, lempung tufan, *grewake*. Batupasir tufan, pasir, lanau tufan, lempung, konglomerat, breksi tufaan mengandung batuapung, tersingkap sangat luas membentuk dataran bergelombang di bagian utara.

Endapan Tersier

Formasi Citalang terdiri dari batupasir tufan berwarna coklat muda, lempung tufan, konglomerat, setempat ditemukan lensa – lensa batupasir gampingan yang keras. Lensa batugamping Formasi Citalang merupakan batugamping koral berwarna kuning sampai kecoklatan, membentuk morfologi kuesta. Formasi Kaliwangu terdiri dari batulempung dengan sisipan batupasir tufan, konglomerat, setempat ditemukan lapisan-lapisan batupasir gampingan dan batugamping. Anggota batulempung Formasi Subang merupakan batulempung yang mengandung lapisan batugamping napalan abu-abu tua, batugamping, setempat ditemukan sisipan batupasir glaukonit hijau. Anggota bagian atas Formasi Halang terdiri dari batupasir tuf, lempung, konglomerat, dengan dominasi batupasir. Anggota bagian bawah Formasi Halang terdiri dari breksi gunungapi yang bersifat andesit dan basal, dan

sebagian kecil tuf, lempung serta konglomerat, membentuk morfologi kuesta. Batugamping Kompleks G. Kromong merupakan batugamping terumbu, berwarna kuning kecoklatan hingga kelabu, membentuk bukit – bukit kubah dengan topografi kasar. Anggota serpih Formasi Cinambo merupakan serpih perselingan dengan batupasir dan batugamping, batupasir gampingan, batupasir tufan dengan ketebalan mencapai 400 – 500 meter. Anggota batupasir Formasi Cinambo terdiri dari *Grewake*, batupasir gampingan, tuf, lempung, lanau. *Grewake* memperlihatkan perlapisan yang tebal, bersisipan dengan serpih dan lempung tipis yang padat berwarna kehitaman.

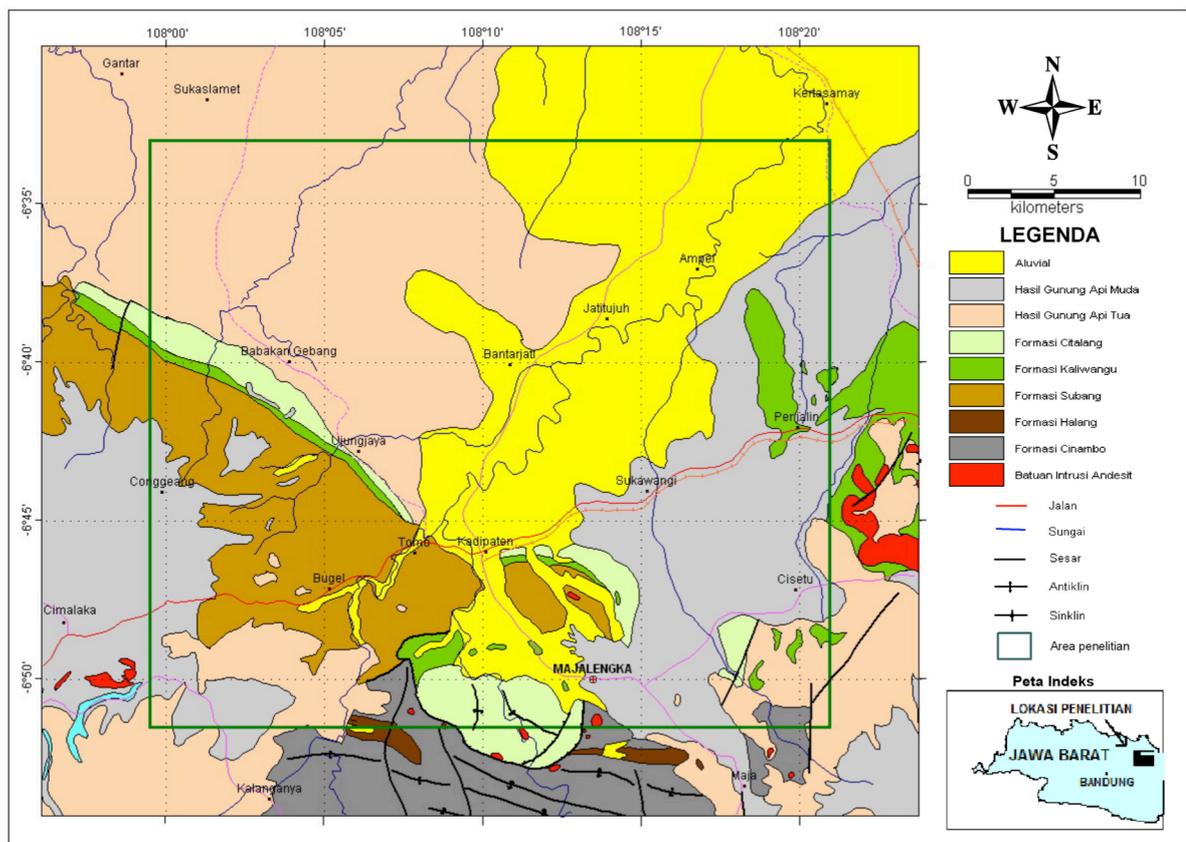
Batuan Terobosan

Pada umumnya andesit augit-hipersten dan hornblenda, masa dasar gelas, terbentuk sebagai retas.

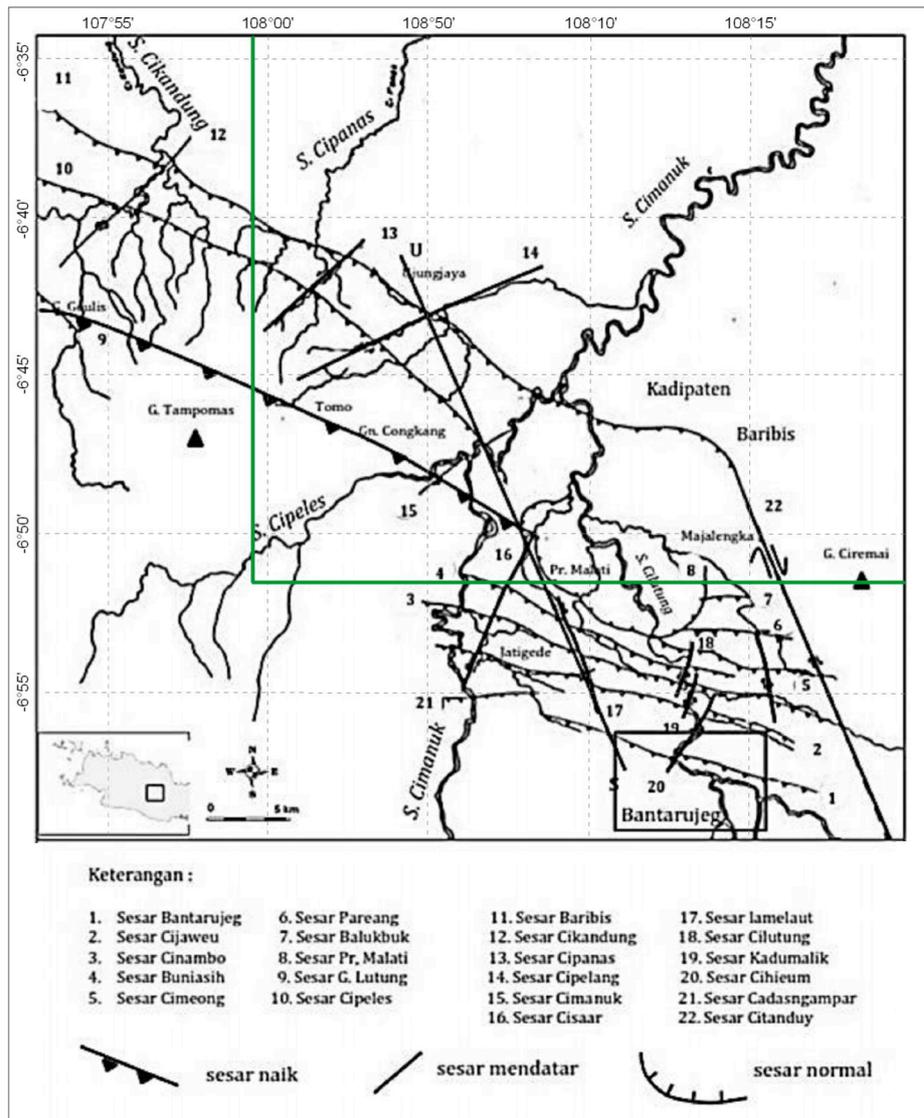
Struktur Geologi Daerah Penelitian

Ada 4 pola kelurusan struktur di daerah penelitian, yaitu baratlaut-tenggara, utara-selatan, timurlaut-baratdaya, dan barat-timur

(Gambar 6). Struktur berarah barat-timur dan baratlaut-tenggara umumnya merupakan jenis sesar naik yang dipotong oleh sesar-sesar geser berarah utara-selatan maupun timurlaut-tenggara. Sesar mendatar umumnya berarah timurlaut-baratdaya dan baratlaut-tenggara. Sesar pada arah timurlaut-baratdaya merupakan sesar mendatar sinistral, sedangkan pada arah baratlaut merupakan sesar mendatar dekstral. Haryanto *et al.* (2015) telah melakukan kajian struktur di daerah Majalengka berdasarkan foto udara, citra *landsat*, pengamatan dan pengukuran lapangan. Sesar Baribis merupakan sesar utama di daerah penelitian. Sesar ini memiliki arah baratlaut-tenggara yang merupakan sesar naik. Di daerah Kadipaten-Maja, sesar naik Baribis berbelok arah lebih ke tenggara dan jenis geraknya berubah menjadi sesar geser manganan (*dextral*). Sesar Baribis dipotong oleh sesar geser yang ukurannya relatif lebih kecil, yaitu Sesar Cikandung, Sesar Cipanas, Sesar Cipelang dan Sesar Cimanuk.



Gambar 5. Peta Geologi Lembar Arjawinangun (Djuri, 1973).



Gambar 6. Peta Struktur geologi Majalengka (Haryanto *et al.*, 2015).

METODE

Metode gayaberat merupakan salah satu metoda geofisika yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan (konfigurasi cekungan) berdasarkan perbedaan parameter fisis densitas batuan (Setiadi *et al.*, 2010). Salah satu penerapan metode gayaberat pada tahap awal eksplorasi hidrokarbon yaitu digunakan untuk memperkirakan keberadaan cekungan, untuk mengidentifikasi batas cekungan dan struktur regional, memodelkan bawah permukaan berdasarkan nilai kontras densitas, estimasi ketebalan sedimen dan kedalaman *top basement*, serta memberikan rekomendasi area prospek hidrokarbon untuk eksplorasi lebih

lanjut. Untuk mendapatkan informasi tersebut dilakukan analisa secara kualitatif pada peta anomali Bouguer, anomali residual peta gradien vertikal atau *First Vertical Derivative* (FVD), dan peta *Second Vertical Derivative* (SVD). Sedangkan analisa secara kuantitatif melalui pembuatan model 3 dimensi gayaberat. Adanya kontras densitas akan memberikan penegasan anomali pada gradien vertikalnya sehingga mampu mendeteksi batas-batas perubahan densitas batuan dengan resolusi yang tinggi. Peta SVD digunakan dalam menentukan jenis struktur sesar dan model 3D gayaberat untuk mengetahui geometri dan sebaran densitas yang berkaitan dengan lokasi prospek hidrokarbon.

Pengukuran Gayaberat

Pengambilan data gayaberat dilakukan dengan sistem pengukuran tertutup (*looping*) dengan mengacu pada satu titik acuan yang disebut *base station* menggunakan alat Gavitymeter Lacoste & Romberg Tipe G-804. Data hasil pengukuran diolah dengan cara melakukan beberapa reduksi/koreksi untuk mendapatkan anomali gayaberat pada daerah penelitian berupa koreksi lintang, koreksi udara bebas, koreksi bouguer dan koreksi medan. Perhitungan Anomali Bouguer dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Telford, 1990):

$$B_A = G_{\text{Obs.}} - G_n + F_{AC} - B_C + T_C \quad (1)$$

$$B_A = G_{\text{Obs.}} - G_n + 0.308765h - 0.04193\rho \cdot h + C_3 \cdot \rho \cdot \Delta h \quad (2)$$

dimana:

- B_A = Bouguer Anomali
- G_{Obs} = Harga gayaberat hasil obsevasi
- G_n = Harga gayaberat normal (lintang)
- F_{AC} = Koreksi udara bebas (free air correction)
- B_C = Koreksi Bouguer
- T_C = Koreksi Medan
- ρ = Densitas
- h = Tinggi titik amatr (meter)
- Δh = Beda tinggi titik amat dengan topografi sekitarnya.

Setelah diperoleh anomali Bouguer, dilakukan analisis spektrum menggunakan metode numerik. Tujuan dari analisis spektrum ini adalah untuk mengetahui kedalaman bidang batas dari sumber penyebab anomali regional secara analisis numerik. Baik itu anomali lokal maupun regional. Kedalaman bidang batas dalam hal ini adalah besar kemiringan (harga mutlak *slope*) dari *Log Power Spektrum* (\ln Amplitudo) terhadap frekuensi (Ardilaksana, 2013). Tahapan analisis spektrum adalah melakukan *slicing* pada kontur anomali rendah dan tinggi pada anomali Bouguer seperti pada gambar. Setelah dilakukan *slice* didapatkan kurva analisis spektrum. Hasil analisis spektrum diperoleh kedalaman bidang diskontinyu yang dikaitkan dengan kedalaman *basement*.

Pemisahan anomali regional dan residual dari anomali Bouguer dilakukan dengan teknik polinomial. Langkah selanjutnya adalah membuat peta gradien vertikal (FVD) dan turunan kedua

vertikal (SVD). Metode gradien vertikal gayaberat merupakan teknik yang memiliki kemampuan mendeteksi batas-batas perubahan densitas batuan dengan resolusi yang tinggi. Gradien vertikal gayaberat diperoleh melalui proses turunan pertama arah vertikal dari anomali gayaberat, dengan persamaan berikut:

$$VG = \frac{\partial g}{\partial z} = \frac{\Delta g}{\Delta z} \quad (3)$$

Sedangkan *SVD* (*Second Vertical Derivative*), dihitung melalui persamaan sebagai berikut:

$$SVD = \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} = - \left(\frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2} \right) \quad (4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Anomali Bouguer

Hasil survei gayaberat disajikan dalam bentuk peta anomali Bouguer (Gambar 7). Nilai anomali Bouguer dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yakni anomal rendah < 13 mgal, anomali sedang antara 13 dan 20 mgal dan anomali tinggi > 20 mgal. Anomali rendah mulai dari barat ke tengah lalu ke tenggara daerah penelitian. Di bagian barat anomali rendah ini dimulai dari Conggeang, Kadipaten dan menerus ke Majalengka berkembang. Anomali tinggi dengan nilai > 20 mGal mendominasi bagian timurlaut daerah penelitian, di tempat lain yang mempunyai nilai anomali tinggi adalah daerah selatan Majalengka. Sedangkan anomali sedang membatasi anomali tinggi dan anomali rendah, yang menunjukkan batas dari suatu cekungan.

Anomali Residual Polinomial

Anomali residual diperoleh melalui pemisahan regional-residual dengan menggunakan teknik polinomial mulai dari orde ke-1 sampai orde ke-4. Anomali regional lebih merefleksikan konfigurasi basement, sedangkan anomali residual menunjukkan anomali dangkal yang dikontrol oleh kemunculan struktur berupa kelurusan-kelurusan. Dari semua anomali residual yang memperlihatkan pola struktur yang sesuai kondisi geologi ditunjukkan oleh anomali residual orde ke-3. Pada peta residual dilengkapi dengan tarikan garis struktur geologi berdasarkan peta geologi dari Djuri (1973) dan Haryanto *et al.* (2015) serta hasil intrpretasi dari peta anomali

Bouguer maupun residual (Gambar 8). Dari peta anomali residual diperlihatkan bahwa terdapat struktur utama yang membatasi nilai anomali rendah dan sedang dengan arah baratlaut-tenggara. Di lokasi Babakan Gebang, Ujungjaya, Kadipaten sampai Majalengka merupakan batas anomali rendah dengan tinggi yang berkaitan dengan sesar naik Baribis, yang terpotong oleh sesar geser arah baratdaya-timurlaut di selatan Ujungjaya. Adanya struktur hidung (*nose structure*) yang berpotensi sebagai lokasi cebakan hidrokarbon yaitu berada di sekitar Ujung jaya dan selatan Kadipaten.

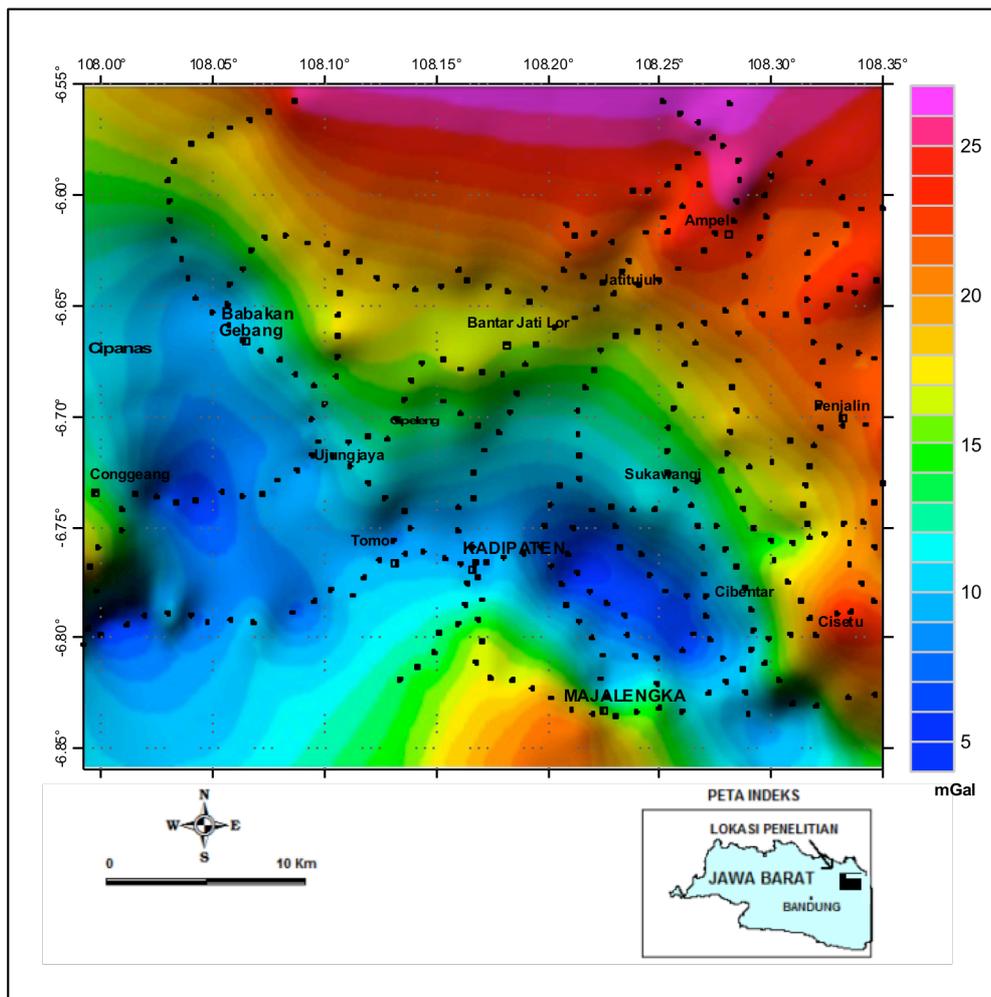
Gradien Vertikal

Anomali gradien vertikal pada dasarnya adalah turunan pertama arah vertikal dari anomali gayaberat. Gradien vertikal menghasilkan penajaman kontras anomali, sehingga apabila terdapat kontras densitas pada bidang batasnya akan memberikan resolusi yang lebih tinggi

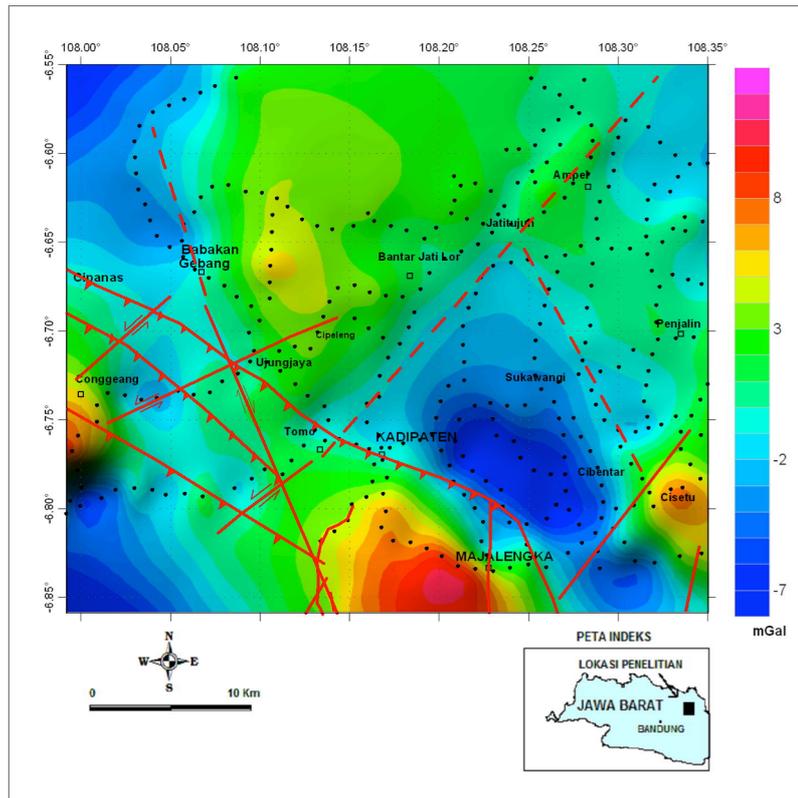
sehingga dapat membantu penafsiran posisi sesar maupun struktur lain yang biasanya ditandai dengan adanya kontras anomali gayaberat (densitas). Gambar 9, menunjukkan bahwa gradien vertikal gayaberat memperlihatkan adanya kelurusan-kelurusan dengan arah baratdaya-timurlaut dan baratlaut-tenggara. Kontras anomali dari rendah ke tinggi ditafsirkan sebagai struktur yang membatasi dan mengontrol pembentukan cekungan.

Second Vertical Derivative (SVD)

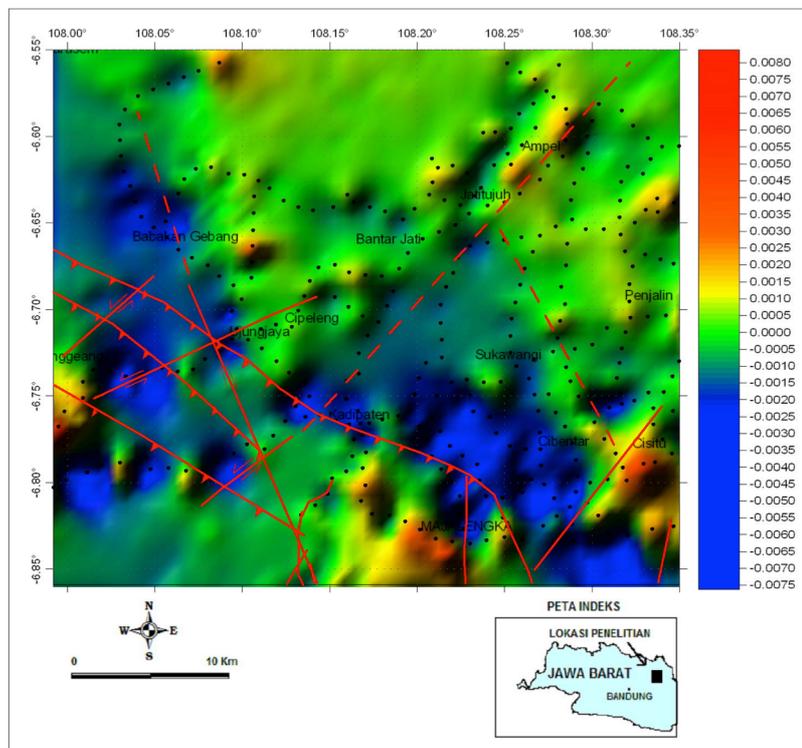
Metode *Second Vertical Derivative* (SVD) digunakan untuk mengetahui kedudukan struktur sesar dengan melihat kelurusan anomali maksimum SVD. Peta anomali SVD memperlihatkan pola kelurusan struktur berarah utara-selatan, baratdaya-timurlaut (Gambar 10). Hal ini mempertegas hasil analisis struktur dari gradien vertikal.



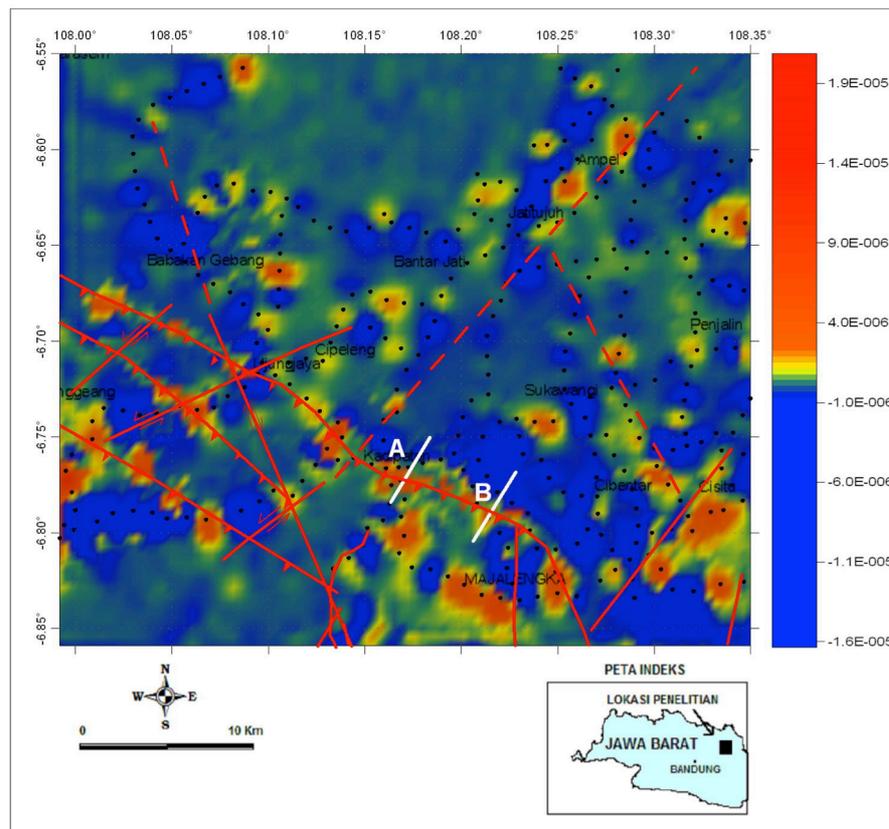
Gambar 7. Peta Anomali Bouguer Gayaberat.



Gambar 8. Peta Anomali Bouguer Residual.



Gambar 9. Peta Anomali Gradient Vertikal.

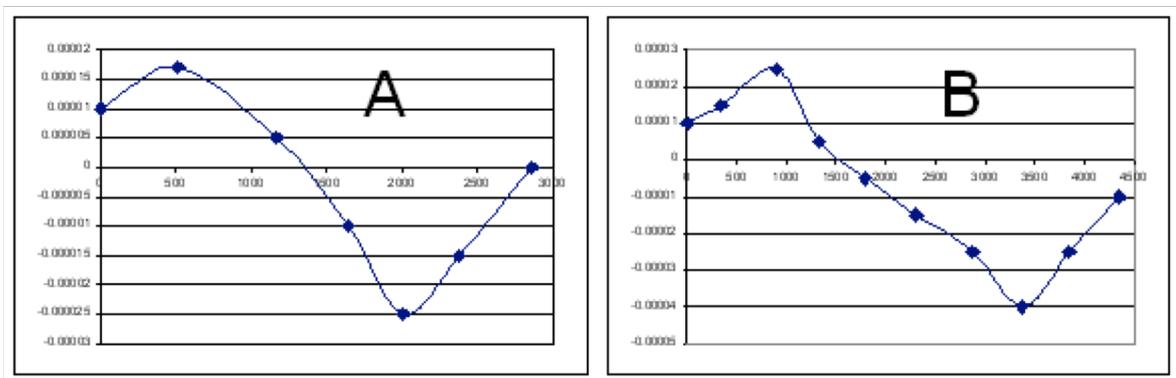


Gambar 10. Peta Anomali SVD.

Analisis peta SVD dapat digunakan untuk menentukan jenis sesar berdasarkan data respon gayaberat model sintetik. Secara teori, karakteristik sesar naik memiliki nilai mutlak SVD maksimum lebih kecil dari nilai mutlak SVD minimum, sedangkan karakteristik sesar turun berlaku sebaliknya. Analisis peta SVD untuk mengetahui jenis sesar dilakukan untuk 2

lokasi saja (Gambar 10). Hasil analisis (Gambar 11) menunjukkan bahwa nilai mutlak SVD maksimum lebih kecil dari nilai mutlak SVD minimum. Ini menunjukkan bahwa sesar Baribis pada segmen tersebut merupakan sesar naik.

Keberadaan struktur, beberapa dapat diketahui dari peta anomali Bouguer, residual, FVD dan



Gambar 11. Anomali *second vertical derivative* beserta analisis jenis sesar.

SVD. Terdapat sesar naik di sebelah barat berarah baratlaut-tenggara berkaitan dengan keberadaan Sesar Baribis. Struktur-struktur berarah baratlaut-tenggara umumnya merupakan sesar naik, sedangkan pada arah baratdaya-timurlaut berupa sesar geser yang memotong sesar-sesar naik pada arah baratlaut-tenggara (Haryanto et al., 2015).

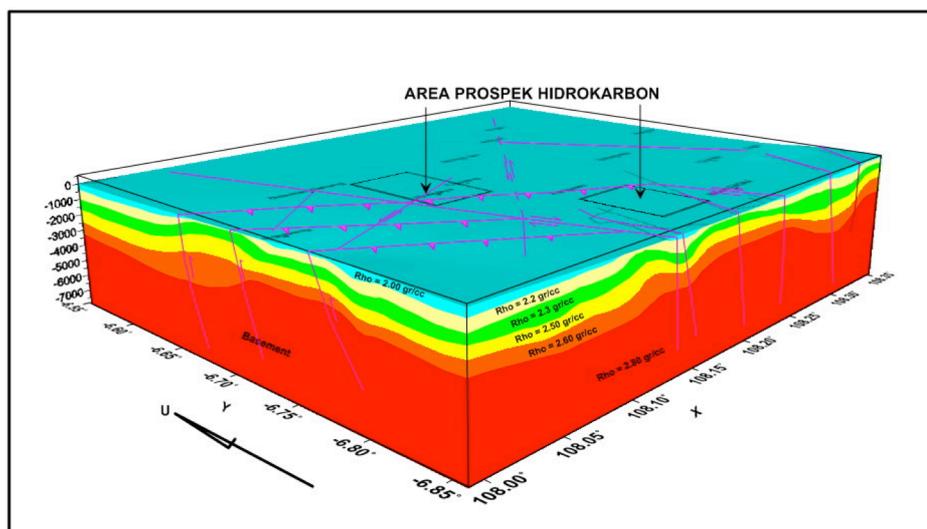
Model 3 Dimensi Gaya berat

Pemodelan 3D gayaberat merupakan proses pembuatan model distribusi densitas bawah permukaan dengan menampilkan permukaan topografinya, sehingga tampilan model lebih mendekati keadaan sebenarnya. Model yang dibuat merupakan model perlapisan (*top-bottom*) dengan asumsi densitas homogen dalam satu lapisan yang diharapkan dapat mewakili formasi batuan. Model dibuat dalam 6 lapisan dengan urutan dari bawah ke permukaan, yaitu: basement ($\rho=2,8$ gr/cc), F. Cinambo ($\rho=2,6$ gr/cc), F. Halang ($\rho=2,5$ gr/cc), F. Subang ($\rho=2,3$ gr/cc), F. Kaliwangu ($\rho=2,2$ gr/cc), F. Citalang ($\rho=2,2$ gr/cc), dan untuk batuan vulkanik dan aluvial yang sebagian besar menutupi permukaan diwakili dengan nilai densitas (ρ) adalah 2,0 gr/cc. Pemodelan inversi 3D dilakukan dengan perangkat lunak GMSys 3D dari Geosoft. Hasil inversi 3D berupa model distribusi densitas bawah permukaan berdasarkan anomali Bouguer lengkap diperlihatkan pada Gambar 12. Meskipun tiap lapisan mewakili densitas dari formasi batuan yang ada tapi di permukaan yang seharusnya ada batuan yang lebih tua tersingkap

tidak muncul. Ini karena metode inversi sistem perlapisan (*layering*) tidak mungkin terjadi model lapisan saling berpotongan/diterobos oleh model lapisan di bawahnya. Lapisan batuan/formasi batuan yang tersingkap di permukaan pada model ditunjukkan oleh naiknya top lapisan itu lebih dangkal atau dekat ke permukaan dibanding posisi yang lainnya atau bahkan ada yang berimpit dengan lapisan di atasnya. Ini menunjukkan, meskipun sistem inversi yang digunakan berupa *top-bottom layering* bukan sistem *mesh* atau *pixel* tapi mampu menggambarkan posisi perlapisan dan kemunculan struktur. Dan yang penting adalah dapat memetakan kedalaman basement, sehingga dapat diketahui ketebalan sedimen di atasnya yang berkaitan dengan besar kecilnya potensi cebakan hidrokarbon.

Dari model distribusi densitas bawah permukaan dapat dilihat bahwa struktur geologi bawah permukaan terdapat adanya pola tinggian dan rendahan, disamping adanya batas-batas berupa kemunculan sesar maupun lipatan.

Hasil analisis data gayaberat dalam mengidentifikasi struktur cekungan berupa penggambaran konfigurasi *basement*. Dengan mengetahui kedalaman *basement* dapat diperkirakan ketebalan sedimen yang mengisi cekungan. Itu berkaitan dengan potensi sumberdaya pada cekungan tersebut. Gambar 13, memperlihatkan peta *top basement* pada daerah penelitian. Hasil yang diperoleh kedalaman *basement* adalah antara 2700-5000 meter.

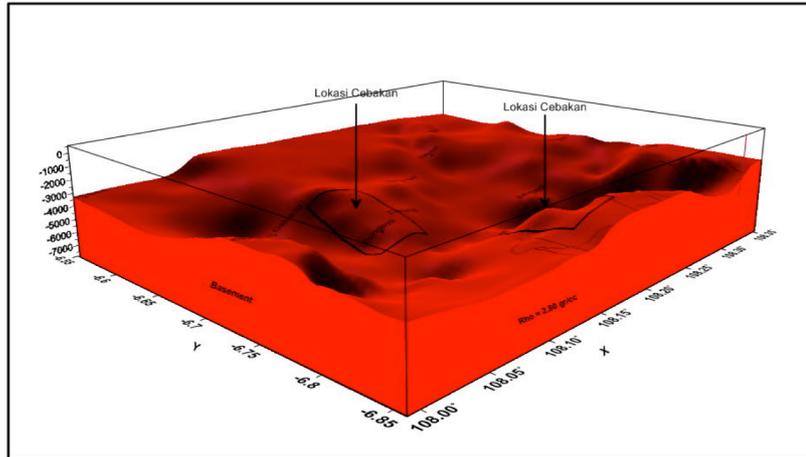


Gambar 12. Model 3 dimensi gayaberat.

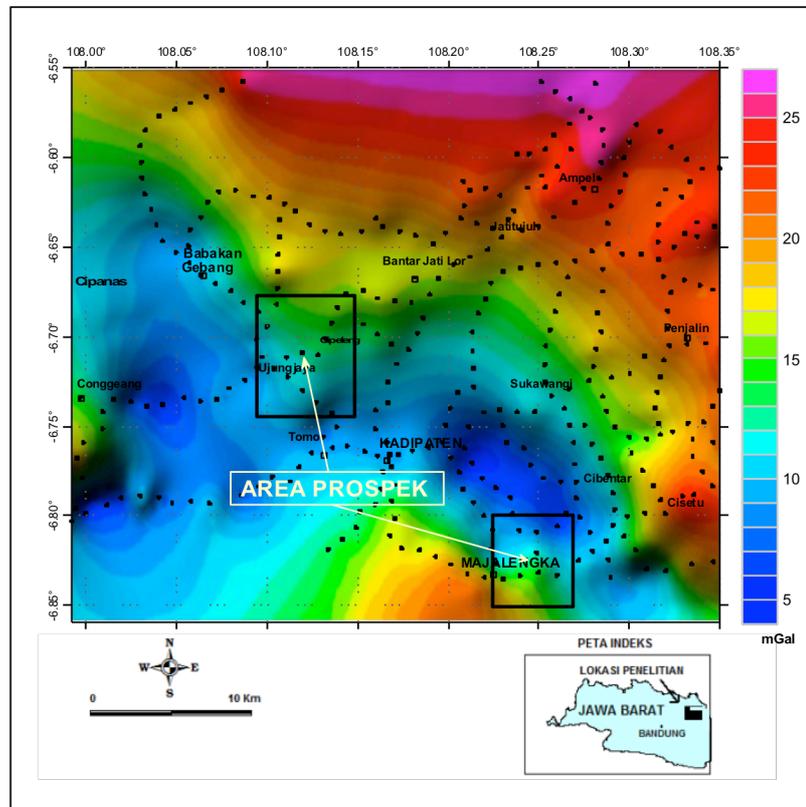
Dengan kata lain ketebalan sedimennya adalah 2700-5000 meter.

Peta anomali Bouguer dan anomali residual memperlihatkan adanya tinggian dan rendahan. Berdasarkan data geologi permukaan menunjukkan bahwa batuan karbonat Formasi

Parigi yang tersingkap di permukaan berkembang di daerah tinggian yang telah diinterpretasikan dari data gayaberat, yakni pada tinggian Komplek Kromong. Batuan karbonat Formasi Parigi maupun batuan karbonat yang lebih tua yakni Formasi Baturaja yang berada di bawah



Gambar 13. Topografi *basement* hasil pemodelan inversi 3D gayaberat.



Gambar 14. Area prospek hidrokarbon yang diplot pada peta anomali Bouguer.

permukaan diinterpretasikan berkembang pada tinggian yang berarah utara selatan.

Peta anomali gradien vertikal teridentifikasi batas-batas cekungan yang berpotensi tempat akumulasi hidrokarbon, yang sebagian besar dikontrol oleh keberadaan sesar naik arah baratlaut-tenggara maupun arah sesar geser arah baratdaya-timurlaut. Demikian juga hasil analisis peta SVD memberikan penegasan tentang penafsiran struktur pengontrol cekungan. Hasil analisis terhadap peta anomali Bouguer, residual, FVD, SVD dan model 3-dimensi gaya berat memberikan indikasi potensi akumulasi hidrokarbon berada di sekitar Ujungjaya-Babakan Gebang dan selatan Kadipaten (Gambar 14).

KESIMPULAN

Peta anomali Bouguer dan residualnya menggambarkan adanya struktur tinggian dan struktur rendahan. Hasil studi gayaberat memberikan informasi bahwa terdapat tinggian yang memungkinkan terdapatnya perangkap hidrokarbon, tinggian tersebut adalah Tinggian Kadipaten – Majalengka dan sekitar Ujungjaya - Babakan Gebang. Metode gradien gayaberat dan model 3-dimensi sebaran densitas mampu memberikan panduan interpretasi cekungan meliputi batas lateral, kedalaman *basement*, dan lokasi struktur. Struktur yang mengontrol cekungan adalah sesar-sesar naik arah baratlaut-tenggara, sesar-sesar geser pada arah baratdaya-tenggara dan antiklin arah barat-laut. Kedalaman *basement* pada sub-cekungan Majalengka berkisar antara 2700-5000 meter.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Dr. Haryadi Permana selaku Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI dan Kuasa Pengguna Anggaran yang telah memberi kesempatan untuk penelitian ini, Sdr. Nugraha Sastra A.Md., selaku Pejabat Pelaksana Anggaran DIPA 2014. Ucapan serupa kepada Kelompok Penelitian Gempabumi dan Geodinamika atas kerjasamanya terutama dalam diskusi-diskusi yang memperkaya tulisan ini. Tak lupa kami sampaikan penghargaan dan terimakasih kepada seluruh teknisi laboratorium

Geofisika yang telah menyiapkan peralatan dan fasilitas dalam pengambilan dan pengolahan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardilaksana, B.B., 2013. Pemodelan 3D Gayaberat dan Analisis Struktur Detail Untuk Pengembangan Lapangan Panas Bumi Kamojang. Skripsi, Jurusan Fisika, Universitas Lampung: Lampung.
- Djuri, 1973. Peta Geologi Lembar Arjawinangun, Jawa, Skala 1 : 100.000, Pusat Penelitian Geologi, Bandung.
- Haryanto, I., Nurdradhat dan I. Saputra, 2015. Identifikasi Struktur Geologi Berdasarkan Aspek Morfologi, Stratigrafi, Pola Jurus Lapisan Batuan dan Sebaran batuan : Studi Kasus Daerah Bantarujeg-Majalengka, Propinsi Jawa Barat. Bulletin of Scientific Contribution, 13 (2), 140-151.
- Kusumastuti, A., Mortimer, A., Todd, C., Guritno, E., Goffey, G., Bennet, M., and Algar, S., 2001. Deep-water petroleum provinces of Southeast Asia: a high level overview. Indonesian Sedimentologist Forum, 2nd regional seminar, 10-15.
- Martodjojo, S., 1984. Evolution of Bogor Basin, West Java. Unpublished PhD Dissertation, ITB.
- Martodjojo, S., 1994. Data stratigrafi, pola tektonik, dan perkembangan pada jalur anjakan-lipatan di pulau Jawa: Kumpulan Makalah Seminar Geologi dan Tektonik Pulau Jawa, sejak akhir Mesozoik hingga Kuartar. Jurusan Teknik Geologi UGM, 15 -25.
- Muljana, B., K. Watanabe and M.F. Rosana, 2012. Petroleum System In Back Arc Basin Majalengka Sub-Basin Indonesia. Word Academy Science, Engineering and Technology 62, 1792 – 1800.
- Satyana, A.H. and Armandita, C., 2004. Deep-water play of Java, Indonesia : Regional evaluation on opportunities and risks. Proceedings International Geoscience Conference of Deepwater and Frontier Exploration in Asia and Australasia,

- Indonesian Petroleum Association and American Association of Petroleum Geologists, Jakarta, 293-320.
- Satyana, A.H., 2005. Oligo-Miocene Carbonates of Java, Indonesia : Tectonic – Volcanic setting and petroleum implications. Indonesian Petroleum Association Proceedings 30th Annual Convention and Exhibition, Jakarta.
- Setiadi, I., B. Setyanta, dan B.S. Widiyono, 2010. Delineasi Cekungan Sedimen Sumatra Selatan Berdasarkan Analisis Data Gaya Berat. JSDG 20 (2).
- Telford, W.M., L.P. Geldart, R.E. Sheriff, D.A. Keys, 1990. Applied Geophysics. Cambridge University Press. Cambridge
- Van Bemmelen, R.W., 1949. The Geology of Indonesia. Vol. IA, General Geology of Indonesia and adjacent archipelagos. Martinus Nijhoff, The Hague, Netherlands.