



Pola Struktur dan Konfigurasi Geologi Bawah Permukaan Cekungan Jawa Barat Utara Berdasarkan Analisis Gayaberat *Structural Pattern and Subsurface Geological Configuration of North West Java Basin Based on Gravity Analysis*

Imam Setiadi¹ dan Achmad Wahyu Pratama²

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Jalan Dr. Djunjunan No.236 Bandung

²Program Studi Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Padjajaran, Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21 Sumedang

email : setiadi_i@yahoo.com

Naskah diterima : 31 November 2017, Revisi terakhir : 22 Maret 2018, Disetujui : 23 Maret 2018, Online : 09 April 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.19.2.59-72>

Abstrak - Cekungan Jawa Barat Utara terdiri atas beberapa subcekungan yang terbentuk akibat proses tektonika yang kompleks. Mempelajari pola subcekungan dan struktur geologi bawah permukaan terkadang sulit teridentifikasi melalui analisis kualitatif geologi, apalagi jika sedikit ditemukan singkapan batuan secara lengkap. Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk mengetahui informasi sebaran subcekungan dan konfigurasi geologi bawah permukaan adalah metode gayaberat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pola sebaran subcekungan sedimen, pola struktur, dan konfigurasi geologi bawah permukaan berdasarkan analisis spektral, pemodelan dua dimensi dan tiga dimensi. Hasil analisis spektral menunjukkan bahwa kedalaman batuan dasar rata-rata pada Cekungan Jawa Barat utara ini adalah 3,3 km. Berdasarkan hasil anomali lokal dan inversi 3D menunjukkan bahwa pada daerah ini terdapat 5 subcekungan, yaitu: Subcekungan Bekasi, Subcekungan Rengasdengklok, Subcekungan Cikampek, Subcekungan Subang, dan Subcekungan Majalengka. Pemodelan 2D dan analisis turunan tegak kedua (*second vertical derivative*, SVD) menunjukkan bahwa struktur subcekungan tersebut dikontrol oleh patahan-patahan yang membentuk struktur tinggian dan rendahan (*horst-graben*).

Kata Kunci : gayaberat, analisis spektral, turunan tegak kedua, pemodelan gayaberat, Cekungan Jawa Barat Utara

Abstract - North West Java Basin consists of several subbasins formed by a complex tectonic processes. Determining subbasin patterns and geological subsurface structure sometimes difficult to identified through geological qualitative analysis, especially in a minimum full rock outcrop condition. One of the geophysical methods that can be used to know the subbasin spreading and subsurface geological configuration is gravity method. The purpose of this research is examining the distribution pattern of sedimentary subbasin, structure patterns and subsurface geological configuration based on spectral analysis, two dimension, and three dimension gravity modeling. The result of spectral analysis shows that the average basement depth in North West Java basin is 3.3 Km. Based on the results of residual anomalies and 3D inversion shows that there are 5 subbasins; Bekasi Subbasin, Rengasdengklok Subbasin, Cikampek Subbasin, Subang Subbasin, and Majalengka Subbasin. The 2D modeling and the second vertical derivative (SVD) analysis result that the subbasin structure are controlled by some faults which forming horst-graben structures.

Keyword : gravity, spectral analysis, second vertical derivative, gravity modelling, Northwest Java Basin

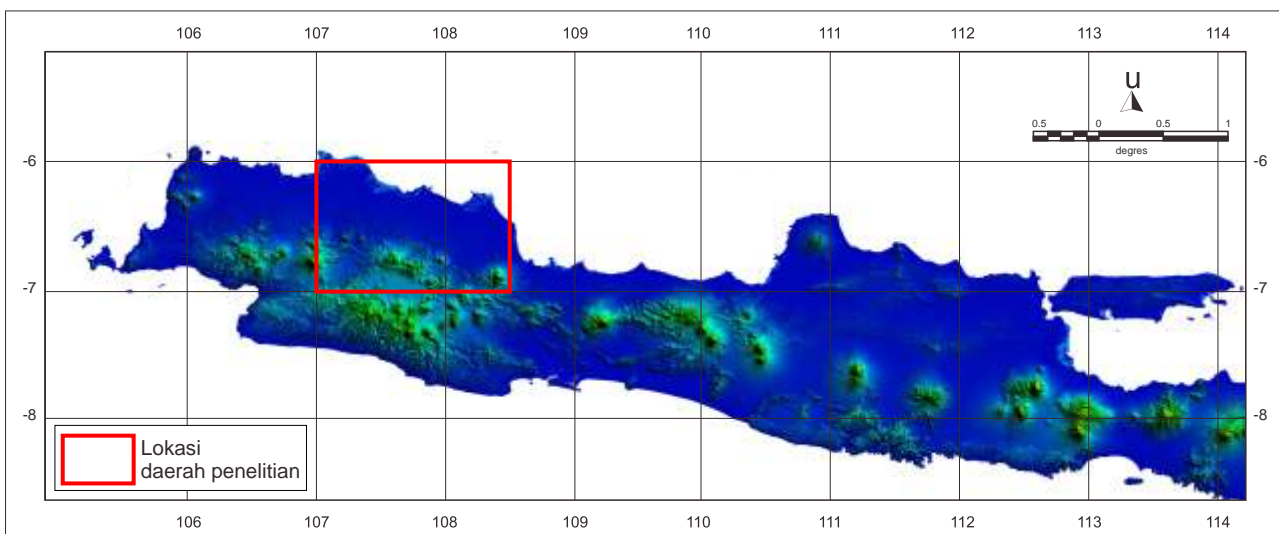
PENDAHULUAN

Latar Belakang

Cekungan sedimen adalah suatu depresi yang menjadi tempat terakumulasinya endapan sedimen dan dapat berperan sebagai wadah pengendapan serta pematangan sedimen yang mengandung hidrokarbon (Boggs, 2006). Struktur cekungan dapat diidentifikasi berdasarkan analisis geologi dan geofisika. Analisis geologi memperkirakan keberadaan cekungan berdasarkan tektonika, fisiografi, serta tatanan geologi regional suatu wilayah. Analisis geofisika menggunakan data geofisika berdasarkan parameter fisis tertentu yang selanjutnya dapat dilakukan interpretasi untuk pemodelan geologi bawah permukaan. Cekungan Jawa Barat Utara (*North-West Java Basin*) merupakan salah satu dari 128 cekungan sedimen yang dihasilkan oleh tim Badan Geologi, 2009 dan diketahui sebagai cekungan hidrokarbon. Cekungan ini diperkirakan memiliki cadangan sebesar 2,3 BBOE minyak dan 1,17 BBOE gas (Doust dan Noble, 2008). Untuk memanfaatkan potensi tersebut, cekungan harus dieksplorasi secara optimal dengan menganalisis data yang telah tersedia dengan lebih mendalam. Data gayaberat dan geologi dapat diolah untuk identifikasi struktur dan pola subcekungan sehingga ditemukan daerah-daerah menarik untuk dilakukan eksplorasi lebih lanjut. Metode gayaberat merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk menggambarkan struktur geologi bawah permukaan berdasarkan variasi medan gravitasi bumi akibat perbedaan rapat massa secara lateral. Salah satu

penerapan metode gayaberat yaitu dalam tahap awal eksplorasi hidrokarbon, metode ini digunakan untuk mengidentifikasi struktur prospek hidrokarbon pada cekungan sedimen (Ningrum, drr. 2011). Metode gayaberat memiliki unsur ambiguitas yang cukup tinggi. Ambiguitas tersebut diakibatkan oleh nilai densitas dan kedalaman batuan sebagai sumber anomali. Anomali tinggi pada data gayaberat dapat diinterpretasikan sebagai batuan dengan densitas tinggi atau basement dekat permukaan, sedangkan anomali rendah disebabkan oleh sedimen yang tebal dan basement yang dalam. Untuk mengurangi faktor ambiguitas tersebut, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan estimasi kedalaman sumber anomali menggunakan analisis spektral (Setiadi, drr. 2010). Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran subcekungan dan pendugaan struktur geologi bawah permukaan sehingga bisa menambah informasi *play concepts* dalam studi eksplorasi potensi sumber daya migas di daerah penelitian. Pada tulisan ini akan dilakukan pemodelan struktur geologi bawah permukaan 2D dan 3D berdasarkan data gayaberat serta analisis spektral untuk mengestimasi kedalaman batuan dasar (*basement*).

Lokasi daerah penelitian berada pada koordinat (107° - $108,5^{\circ}$) BT dan (6° - 7°) LS seperti terlihat pada Gambar 1. Lokasi penelitian meliputi wilayah Karawang, Purwakarta, Subang, hingga Indramayu. Pada bagian selatan, wilayah penelitian meliputi daerah Cipanas, Bandung hingga Kuningan. Daerah penelitian dibatasi pada bagian darat (*onshore*) wilayah Jawa Barat Utara.



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian di Jawa Barat utara

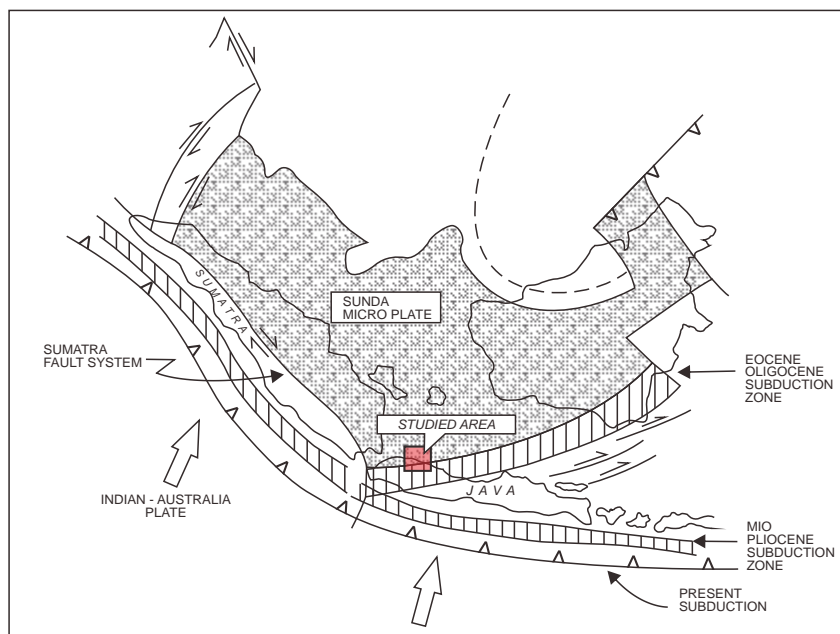
Geologi Daerah Penelitian

Cekungan Jawa Barat utara merupakan cekungan busur belakang (*back arc basin*) dari zona subduksi selatan pulau Jawa. Lebih tepatnya cekungan ini terdapat di sebelah utara busur pegunungan Jawa. Batas cekungan di bagian barat dibatasi oleh *platform* seribu, bagian selatan dibatasi oleh Cekungan Bogor, sebelah timur dibatasi oleh Cekungan Jawa Tengah utara, dan bagian utara dibatasi oleh Arjuna *Plateau*. Hamilton (1979) menyatakan bahwa Cekungan Jawa Barat utara merupakan *pull-apart basin* akibat adanya sistem sesar geser manganan (*dextral*). Hal tersebut didasarkan pada pola struktur yang dijumpai pada Cekungan berarah relatif utara-selatan dengan pola bukaan (*rifting*) berarah relatif barat-timur. Sejarah pembentukan Cekungan Jawa Barat dapat dibagi dalam tiga fase tektonik utama (Gambar 2). Fase tektonik pertama dimulai dari Eosen - Oligosen yang dijumpai sesar-sesar geser berarah relatif utara-selatan dan membentuk struktur *half graben* dengan arah bukaan relatif barat-timur. Struktur tersebut membentuk Cekungan Jawa Barat Utara sebagai *pull-apart basin*. Fase ini terendapkan endapan pasir volkanoklastik sebagai Formasi Jatibarang serta Formasi Talang Akar ekivalen yang dominan berisi lanau, sepih, serta pasir Oligosen. Fase tektonik kedua terjadi pada Oligosen - Miosen yang ditandai dengan terbentuknya jalur penujaman baru di selatan pulau Jawa. Fase ini berkembang struktur sesar-sesar geser kompresif yang berpola barat-timur, berbeda dengan fase sebelumnya yang memiliki pola relatif utara-selatan. Pengendapan yang terjadi pada fase ini yaitu diendapkannya Formasi Cibulakan atas yang dominan berisikan lempung dengan

sisipan batugamping. Pengendapan fase ini diakhiri dengan pengendapan sedimen gamping klastik Formasi Parigi. Fase tektonik terakhir terjadi pada Pliosen-Plistosen yang merupakan proses kompresi dan membentuk struktur sesar-sesar naik di sebelah selatan Cekungan Jawa Barat Utara. Fase ini diendapkan Formasi Cisubuh yang dominan berisikan batu lempung dan batu pasir. Secara stratigrafi, Cekungan Jawa Barat Utara dilandasi dengan batuan beku granitik berumur Kapur Tengah dan batuan metamorfik Pra-Tersier.

METODOLOGI

Data utama yang digunakan pada penelitian ini adalah data anomali gayaberat yang dipetakan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, meliputi Lembar Pamanukan (Rohandi dan Nainggolan, 1990), Lembar Cianjur (Nasution dan Sobari, 1994), Lembar Indramayu (Rohandi dan Sobari 1990), dan Lembar Karawang (Rohandi dan Nasution 1990). Sedangkan data pendukungnya adalah data geologi untuk interpretasi baik kualitatif ataupun kuantitatif. Data anomali gayaberat (Anomali Bouguer) selanjutnya difilter menggunakan *lowpass* dan *highpass filter* sehingga didapatkan pola anomali regional dan anomali lokal. Sebelum proses *filtering*, dilakukan analisis spektral untuk mendapatkan estimasi lebar jendela untuk *filtering*. Selain lebar jendela, analisis spektral dilakukan untuk mendapatkan perkiraan kedalaman sumber anomali yaitu kontak sedimen dan batuan dasar yang dijadikan acuan dalam melakukan proses pemodelan dua dimensi.



Sumber : Adnan, dr., (1991)

Gambar 2. Sistem subduksi yang bekerja pada daerah penelitian.

Setelah didapatkan pola anomali lokal, dilakukan pemodelan maju 2 dimensi (2D *forward modeling*) dan pemodelan ke belakang 3D (3D *inversion modeling*) untuk mengidentifikasi pola cekungan dan struktur bawah permukaan. Dalam melakukan pemodelan 2D dilakukan analisis turunan tegak kedua (*second vertical derivative, SVD*) untuk menentukan struktur patahan yang ada (Setiadi dan Arenda, 2016). Pemodelan inversi dilakukan dengan menggunakan software Grablox, seperti halnya yang telah dilakukan oleh Rahma dan Wahyudi (2014) untuk mengetahui keberadaan magma gunung merapi di Yogyakarta, dan Wulandari dan Setiawan (2015) memodelkan struktur bawah permukaan daerah Purwokerto dan sekitarnya. Interpretasi kualitatif dilakukan dengan melakukan delineasi sub-cekungan sedimen yang ada pada daerah penelitian, diagram alir penelitian disajikan pada (Gambar 3).

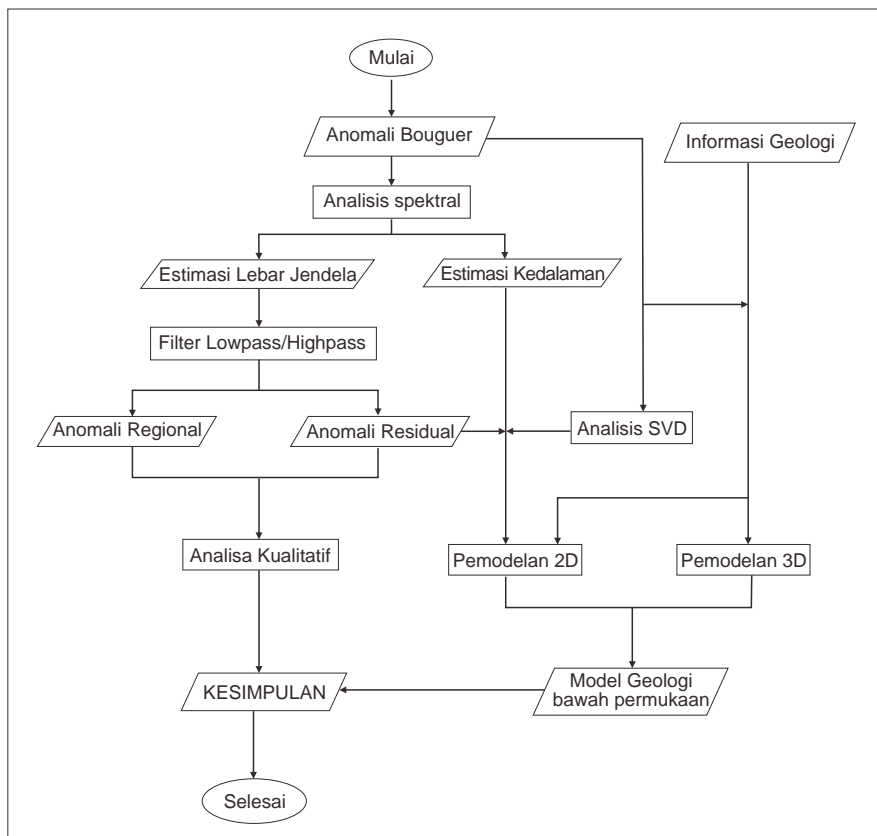
Analisis Spektrum

Anomali medan gravitasi merupakan superposisi dari anomali medan gravitasi regional dan anomali medan gravitasi lokal. Anomali medan gravitasi regional yang menggambarkan kondisi geologi umum daerah

penelitian dicirikan oleh anomali frekuensi rendah, sedangkan anomali lokal dicirikan oleh anomali berfrekuensi tinggi (Indriana, 2008). Untuk mendapatkan data anomali Bouguer dalam domain bilangan gelombang, nilai anomali Bouguer dengan domain spasial harus ditransformasikan terlebih dahulu dengan menggunakan transformasi *Fourier* (FFT). Dari hasil FFT kemudian dihitung frekuensi dan bilangan gelombang pada tiap titik anomali. Nilai *Log natural* (*ln*) amplitudo dari anomali akan diplotkan pada bilangan gelombangnya (*ln A* terhadap *k*). Grafik tersebut akan memperlihatkan dua tren anomali yang berpotongan. Tren anomali dengan *k* bernilai besar merupakan zona anomali lokal, sedangkan zona regional direpresentasikan dengan *k* bernilai kecil. Bilangan gelombang *k* pada perpotongan tersebut dinamakan *kc* (*k cutoff*) untuk menentukan lebar jendela *N*. Gradien dari tren anomali lokal menjadi estimasi kedalaman yang merupakan bidang batas batuan dasar dan sedimen, seperti yang diperlihatkan oleh persamaan analisis spektrum pada suatu titik amat di bidang horizontal (Blakely, 1996) sebagaimana:

$$A = Ce^{k(z_0 - z')} \quad (1)$$

$$Ln A = (z_0 - z') k \quad (2)$$



Gambar 3. Diagram Penelitian

dengan A adalah spektrum amplitudo yang merupakan eksponen dari bilangan gelombang (k) dikalikan selisih kedalaman benda anomaly ($z' - z_0$) terhadap ketinggian di titik amat (z_0). Untuk menghitung lebar jendela, dilakukan perhitungan melalui persamaan:

$$N = \frac{2}{k_c \cdot x} \quad (3)$$

dengan k_c adalah bilangan gelombang cutoff antara gradien tren garis zona regional dengan zona lokal, x adalah spasi antar titik pengukuran (km).

Turunan Tegak Kedua (*Second Vertical Derivative, SVD*)

Analisis SVD atau turunan tegak kedua pada interpretasi gayaberat dipopulerkan oleh Elkins (1951). Ide dari metode ini adalah mengambil nilai turunan kedua dari anomali Bouguer sama dengan nol sebagai kontak dari kontras densitas antar dua lapisan batuan, dalam hal ini kontak tersebut dapat dikatakan sebagai struktur patahan ataupun intrusi (Sarkowi, 2010). Struktur patahan naik atau turun dapat ditentukan dari nilai anomali SVD dengan karakteristik sebagai berikut:

Untuk sesar naik :

$$\left| \frac{\partial^2}{\partial z^2} max \right| < \left| \frac{\partial^2}{\partial z^2} mix \right| \quad (4)$$

Sedangkan untuk sesar turun :

$$\left| \frac{\partial^2}{\partial z^2} max \right| > \left| \frac{\partial^2}{\partial z^2} mix \right| \quad (5)$$

Pemodelan Maju (*Forward Modeling*)

Pemodelan maju (*forward modeling*) dilakukan untuk interpretasi kuantitatif dengan tujuan untuk memberi gambaran distribusi rapat massa dan geometri benda di bawah permukaan. Pemodelan maju pada penelitian ini dilakukan berdasarkan metode poligon Talwani, drr., (1959). Prinsipnya adalah dengan mendekati model benda anomali dengan poligon-poligon dalam koordinat kartesian. Pemodelan maju dilakukan pada beberapa penampang yang dianggap mewakili struktur cekungan dan sub-cekungan secara keseluruhan.

Pemodelan Inversi (*Inversion Modeling*)

Pemodelan inversi dilakukan dengan mengoptimalkan pendekatan *singular value decomposition* pada anomali gayaberat. Teknik ini berbasis pada teknik inversi linier. Hasil dari pemodelan inversi ini adalah distribusi rapat

massa (densitas) batuan dalam tiga dimensi dan diharapkan merupakan gambaran bawah permukaan dari Cekungan Jawa Barat Utara. Pemodelan inversi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Grablok (Pirttijarvi, 2008).

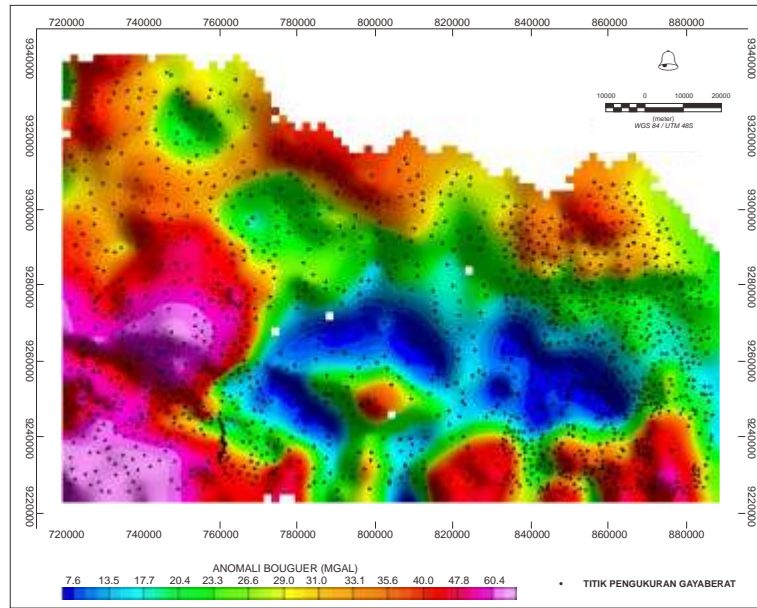
HASIL DAN DISKUSI

Anomali Bouguer

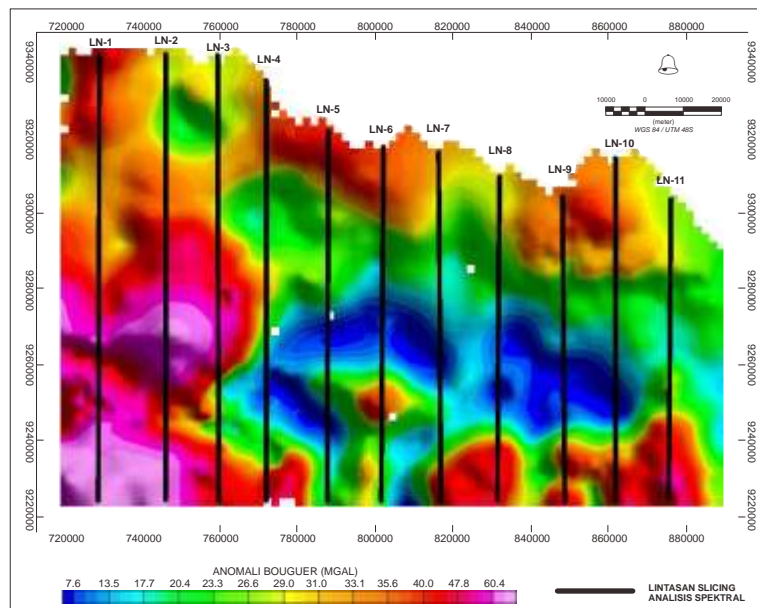
Nilai pola anomali gayaberat (Bouguer) daerah penelitian berkisar antara 7,5 hingga 60 mGal seperti terlihat pada Gambar 4. Perbedaan nilai anomali diakibatkan oleh adanya kontras densitas batuan yang ada di bawah permukaan. Dari Gambar 4 terlihat bahwa sebaran anomali tinggi (ditandai kontur berwarna merah hingga merah muda) berada di bagian selatan daerah penelitian. Anomali ini kemungkinan diakibatkan oleh pengaruh Zona Bogor. Zona tersebut adalah busur pegunungan Jawa yang terjadi akibat aktivitas subduksi sehingga pada bagian permukaan muncul batuan vulkanik dengan nilai rapat massa yang lebih tinggi. Sedangkan anomali rendah (yang digambarkan dengan kontur berwarna biru) memperlihatkan sebaran anomali yang berada pada bagian utara daerah penelitian. Anomali rendah ini berasosiasi dengan daerah rendahan cekungan regional Jawa Barat bagian utara. Pada dasarnya anomali Bouguer merupakan respon nilai gravitasi akibat batuan pada zona dalam (regional) dan zona dangkal (lokal) sehingga belum dapat ditentukan secara pasti sumber-sumber anomali tersebut. Untuk itu perlu dilakukan pemisahan anomali regional-lokal menggunakan *lowpass filter* dan *highpass filter*, dimana penentuan lebar jendela optimum dilakukan berdasarkan hasil analisis spektral data gayaberat.

Analisis Spektral

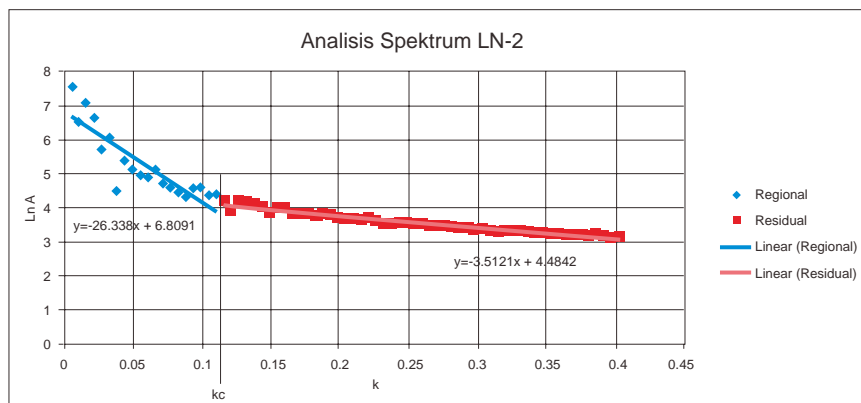
Analisis spektral dilakukan pada data Anomali Bouguer yaitu sebanyak 11 penampang lintasan mulai dari lintasan LN-1 sampai dengan LN-11 seperti terlihat pada Gambar 5. Contoh grafik hubungan $\ln A$ versus k dapat dilihat pada Gambar 6, terlihat bahwa kedalaman bidang diskontinuitas dalam (warna biru) menunjukkan gradien (*slope*) yaitu sebesar 26,33, sedangkan kedalaman bidang diskontinuitas dangkal (lokal) adalah sebesar 3,51. Hasil analisis spektral dari semua lintasan menunjukkan bahwa kedalaman bidang diskontinuitas dangkal (lokal) rata-rata daerah penelitian adalah sebesar 3,38 km, sedangkan kedalaman bidang diskontinuitas dalam (regional) rata-rata adalah sebesar 31,7 km seperti terlihat pada Tabel 1.



Gambar 4. Peta anomali Bouguer Cekungan Jawa Barat bagian utara.



Gambar 5. Lintasan analisis spektral pada peta anomali Bouguer.



Gambar 6. Contoh hasil analisis spektral LN-2, Slope Regional (warna biru) kedalaman 26,33 km, Slope lokal (warna merah) kedalaman 3,51 km.

Tabel 1. Estimasi kedalaman hasil analisis spektral LN 1 sampai LN 11.

Lintasan	H Residual (Km)	H Regional (Km)
LN-1	3,736	24,636
LN-2	3,510	26,338
LN-3	2,634	28,244
LN-4	2,889	24,838
LN-5	3,427	39,716
LN-6	3,520	34,921
LN-7	3,440	44,250
LN-8	3,551	40,420
LN-9	3,654	28,222
LN-10	3,283	28,917
LN-11	3,555	28,215
Rata-Rata	3,382	31,702

Tabel 2. Estimasi lebar jendela untuk filtering

Lintasan	Kc	N
LN-1	0,095	13,221
LN-2	0,110	11,418
LN-3	0,123	10,211
LN-4	0,150	8,373
LN-5	0,090	13,956
LN-6	0,095	13,221
LN-7	0,084	14,952
LN-8	0,090	13,956
LN-9	0,105	11,962
LN-10	0,120	10,467
LN-11	0,114	11,018
Rata-Rata	0.107	12,069

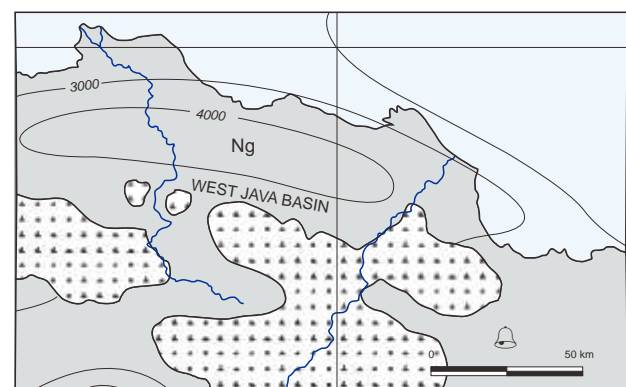
Kedalaman bidang diskontinuitas dangkal (lokal) ini diinterpretasikan sebagai kedalaman batuan dasar (*basement*) rata-rata yang mengalasi daerah penelitian. Hasil ini diperkuat dengan data peta ketebalan sedimen oleh Hamilton pada Gambar 7. Berdasarkan data perkiraan ketebalan sedimen Indonesia (Hamilton, 1974), ketebalan sedimen di wilayah ini diperkirakan berkisar antara 2 km hingga 4 km dengan rata-rata ketebalan sedimen diperkirakan sekitar 3 km. Kedalaman bidang diskontinuitas dalam (regional) diperkirakan berasal dari bidang diskontinuitas Moho yang merupakan lapisan peralihan antara lapisan kerak bumi dengan mantel bumi. Selain untuk estimasi kedalaman bidang batas, analisis spektral digunakan untuk mengestimasi lebar jendela penapisan (*filtering*). Nilai lebar jendela bergantung pada bilangan gelombang potong atau *k cutoff* (kc). Rata-rata bilangan gelombang *cutoff* yang diperoleh dari rata-rata 11 penampang lintasan sebesar 0,107 dan menghasilkan lebar jendela penapisan sebesar 12,069 seperti terlihat pada Tabel 2.

Penapisan (*Filtering*)

Penapisan dilakukan dengan cara memisahkan Anomali Bouguer berdasarkan frekuensinya. Anomali frekuensi rendah menghasilkan anomali regional dan anomali frekuensi tinggi menghasilkan anomali lokal. Frekuensi *cut-off* ditentukan berdasarkan hasil perhitungan jendela analisis spektral, pada penelitian ini lebar jendela yang dihasilkan yaitu 13 dan karena spasi pengukuran $\Delta x = 4$ km sehingga menghasilkan lebar jendela (*window*) untuk penapisan sebesar $(N-1) \times 4000$ m = 48.000 m. Jadi lebar jendela optimum yang digunakan untuk *filtering* adalah 48 km \times 48 km.

Anomali Regional

Pola anomali regional dapat dilihat pada Gambar 8, terlihat bahwa nilai rentang anomali berkisar antara 14



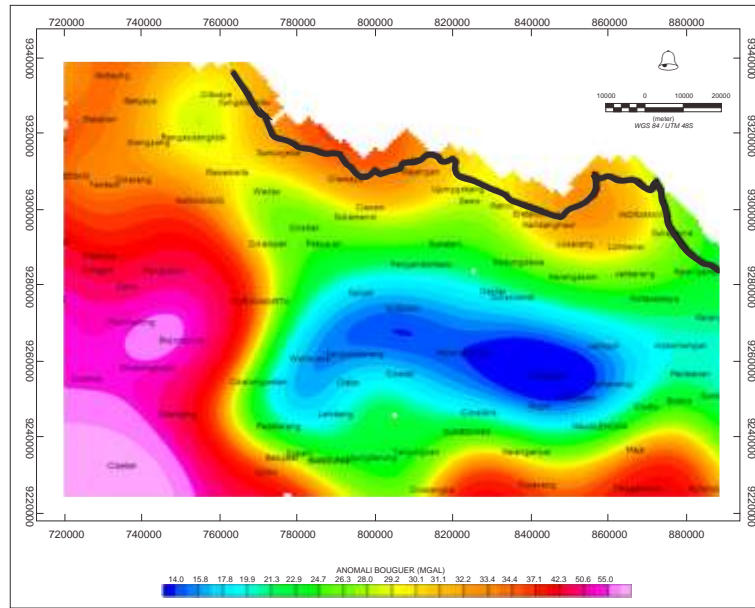
Sumber : Hamilton, (1974)

Gambar 7. Peta ketebalan sedimen daerah penelitian.

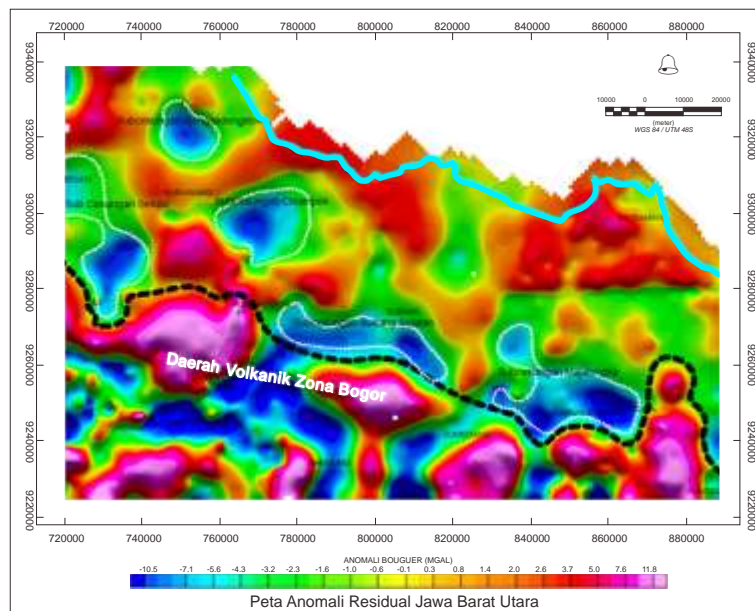
mGal hingga 55 mGal. Anomali tinggi digambarkan dengan kontur berwarna merah hingga merah muda dan anomali rendah digambarkan dengan kontur berwarna biru. Sebaran anomali tinggi berada di bagian baratdaya daerah penelitian sedangkan anomali rendah berada di tengah daerah penelitian dan cenderung ke arah timur. Anomali tinggi diduga karena undulasi lapisan Moho yang mungkin naik ke atas sehingga mendekati kerak. Sedangkan anomali rendah diperkirakan karena undulasi Moho masih yang relatif kebawah sehingga memberikan respon negatif pada anomali regional gayaberat.

Anomali Lokal

Pola anomali lokal yang dihasilkan memiliki rentang anomali antara -10,5 mGal hingga 11,8 mGal, seperti terlihat pada Gambar 9. Anomali lokal mempunyai ciri panjang gelombang anomali yang lebih pendek daripada anomali regional, anomali ini mencerminkan pengaruh dari sumber anomali yang lebih dangkal karena efek regionalnya telah dihilangkan. Anomali rendah digambarkan dengan kontur berwarna biru dan anomali tinggi digambarkan dengan kontur berwarna merah hingga merah muda.



Gambar 8. Peta anomali regional Jawa Barat Bagian Utara dengan lebar jendela (N) = 13.



Gambar 9. Peta anomali lokal Jawa Barat bagian utara.

Anomali rendah berasosiasi dengan deposenter cekungan atau subcekungan dengan sebaran anomali berada pada bagian utara memanjang dengan arah relatif arah barat-timur. Anomali tinggi berada pada bagian relatif selatan dengan arah kelurusan memanjang dengan arah relatif barat-timur. Anomali tinggi kemungkinan berasosiasi dengan batuan pegunungan di Jawa Barat yang berada pada barisan pegunungan di sekitar Purwakarta, Bandung, hingga Cirebon. Anomali tinggi kemungkinan diakibatkan karena adanya batuan dengan rapat massa relatif lebih tinggi daripada batuan

di sekitarnya, dan sebaliknya anomali rendah diduga karena adanya batuan dengan rapat massa yang relatif lebih rendah dari batuan di sekitarnya. Dalam studi cekungan ini, anomali tinggi berasosiasi dengan batuan dasar yang mendangkal (*basement high*) sedangkan anomali rendah mengindikasikan akumulasi sedimen pada subcekungan. Perbedaan pola anomali pada bagian utara dan selatan daerah penelitian dapat dijelaskan dengan fisiografi Jawa Barat Utara. Secara fisiografi, pola anomali di utara berada pada zona Jakarta dan pola bagian selatan merupakan Zona Bogor.

Menurut Van Bemmelen (1949), Zona Jakarta merupakan daerah pedataran luas yang tertutupi oleh endapan aluvial berusia kuartar, sedangkan Zona Bogor merupakan daerah perbukitan lipatan yang terbentuk dari batuan sedimen tersier. Selain itu pada Zona Bogor berkembang struktur-struktur intrusi berupa perbukitan batuan keras yang dinamakan volcanic neck seperti Gunung Parang dan Gunung Sanggabuana di Purwakarta, Gunung Kromong dan Gunung Buligir di Majalengka, Gunung Tampomas di Sumedang, serta Gunung Ciremai di Kuningan. Berkembangnya struktur-struktur vulkanik tersebut diduga memberikan efek anomali yang cukup tinggi pada bagian selatan daerah penelitian. Hal ini yang menyebabkan anomali pada Zona Bogor menjadi kurang menarik untuk diidentifikasi sebagai pola subcekungan dari Cekungan Jawa Barat. Anomali lokal pada bagian utara daerah penelitian (Zona Jakarta) diinterpretasikan sebagai respon dari adanya subcekungan dan tinggian (*basement high*). Pada wilayah ini didapatkan 5 tutupan (*closure*) anomali rendah yang diperkirakan merupakan respon dari subcekungan yang terisi oleh batuan sedimen yang cukup tebal. Subcekungan yang dapat diidentifikasi berdasarkan anomali lokal gayaberat diantaranya adalah Subcekungan Bekasi, Subcekungan Cikampek, Subcekungan Rengasdengklok, Subcekungan Subang Selatan, dan Subcekungan Majalengka.

Interpretasi Kuantitatif

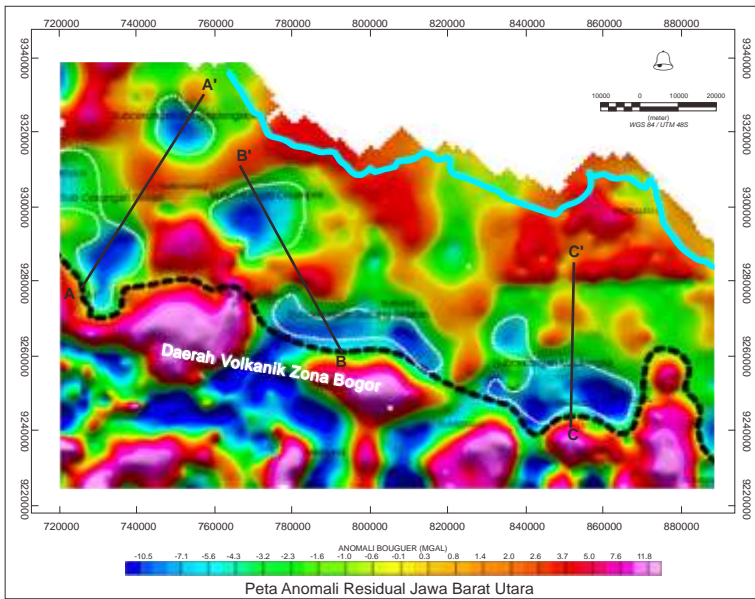
Pemodelan maju (*forward modeling*) 2D dilakukan untuk menduga model densitas dan struktur bawah permukaan berdasarkan pola anomali lokal. Acuan dalam melakukan pemodelan dua dimensi ini adalah estimasi kedalaman berdasarkan analisis spektral, data ketebalan sedimen serta distribusi struktur berdasarkan analisis SVD. Nilai SVD didapatkan dengan melakukan turunan pada anomali yang telah di-*slice*, hasil pemodelan maju akan dikorelasikan dengan hasil inversi (*inversion modeling*). Nilai acuan rapat massa (densitas) yang digunakan pada pemodelan dua dimensi (Tabel 3) berdasarkan pada informasi stratigrafi dan densitas literatur buku menurut Telford, dr. (1990). Pemodelan tiga dimensi dilakukan menggunakan teknik inversi linier perangkat lunak *Grablox* dengan metode *singular value decomposition* untuk mendapatkan solusi persamaan liniernya (Pirttjarvi, 2008). Hasil pemodelan tiga dimensi berupa tampilan isodensitas pada daerah penelitian untuk melihat sebaran nilai rapat massa yaitu sekitar 2,5 g/cc (densitas rata-rata batuan sedimen) yang diduga merupakan endapan batuan sedimen yang mengisi deposenter subcekungan tersebut.

Tabel 3. Nilai referensi densitas batuan (Telford, dr., 1990)

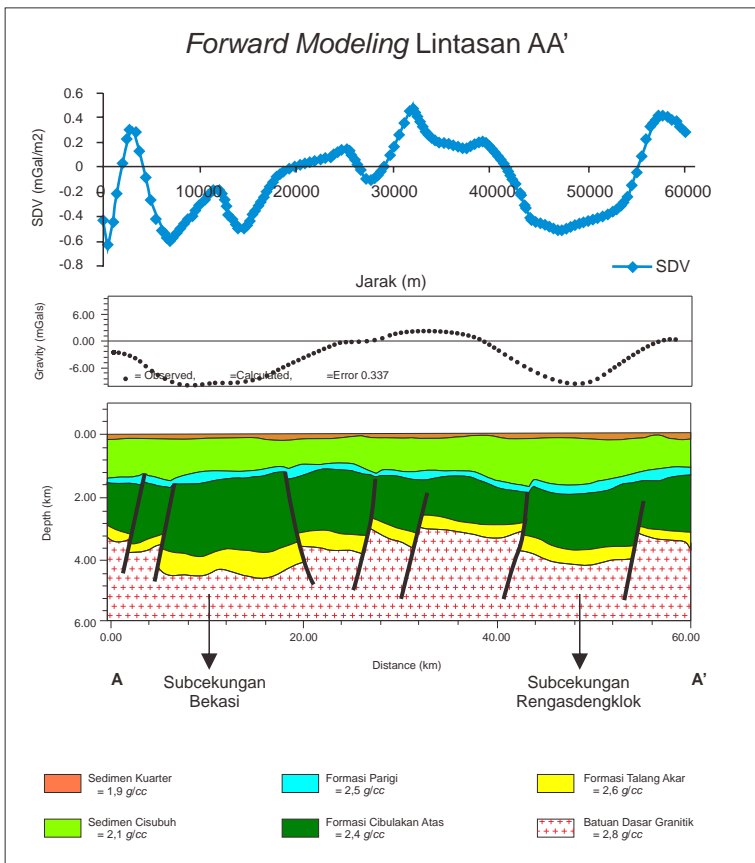
Rock type	Range (g/cm ³)	Average (g/cm ³)
<i>Sediments (wet)</i>		
<i>Overburden</i>		1.92
<i>Soil</i>	1.2-2.4	1.92
<i>Clay</i>	1.63-2.6	2.21
<i>Gravel</i>	1.7-2.4	2.0
<i>Sand</i>	1.7-2.3	2.0
<i>Sandstone</i>	1.61-2.76	2.35
<i>Shale</i>	1.77-3.2	2.40
<i>Limestone</i>	1.93-2.90	2.55
<i>Dolomite</i>	2.28-2.90	2.70
<i>Sedimentary rocks (av.)</i>		2.50
<i>Igneous rocks</i>		
<i>Rhyolite</i>	2.35-2.70	2.52
<i>Andesite</i>	2.4-2.8	2.61
<i>Granite</i>	2.50-2.81	2.64
<i>Granodiorite</i>	2.67-2.79	2.73
<i>Porphyry</i>	2.60-2.89	2.74
<i>Quartz diorite</i>	2.62-2.96	2.79
<i>Diorite</i>	2.72-2.99	2.85
<i>Lavas</i>	2.80-3.00	2.9
<i>Diabase</i>	2.50-3.20	2.91
<i>Basalt</i>	2.70-3.30	2.99
<i>Gabbro</i>	2.70-3.50	3.03
<i>Peridotite</i>	2.78-3.37	3.15
<i>Acid igneous</i>	2.30-3.11	2.61
<i>Basic igneous</i>	2.09-3.17	2.79
<i>Metamorphic rocks</i>		
<i>Quartzite</i>	2.5-2.70	2.60
<i>Schists</i>	2.39-2.9	2.64
<i>Graywacke</i>	2.6-2.7	2.65
<i>Marble</i>	2.6-2.9	2.75
<i>Serpentine</i>	2.4-3.10	2.78
<i>Slate</i>	2.7-2.9	2.79
<i>Gneiss</i>	2.59-3.0	2.80
<i>Amphibole</i>	2.90-3.04	2.96
<i>Eclogite</i>	3.2-3.54	3.37
<i>Metamorphic rocks</i>	2.4-3.1	2.74

Pemodelan Maju 2D (2D Forward Modeling)

Hasil pemodelan maju menunjukkan bahwa kelima subcekungan memiliki kedalaman deposenter sekitar 4 km hingga 5 km. Pemodelan dua dimensi dilakukan dengan membuat 3 lintasan yang memotong lima lokasi yang diduga sebagai subcekungan (Gambar 10). Subcekungan Bekasi dan Subcekungan Rengasdengklok dilalui oleh model pada penampang lintasan AA'. Model penampang lintasan BB' memotong Subcekungan Subang dan Cikampek, sementara model lintasan CC' melalui Subcekungan Majalengka. Sebelum dilakukan pemodelan dua dimensi, penampang anomali dianalisis terlebih dahulu melalui analisis SVD untuk mendapatkan keberadaan lokasi dari struktur/patahan.



Gambar 10. Peta penampang pemodelan 2D dari anomali lokal



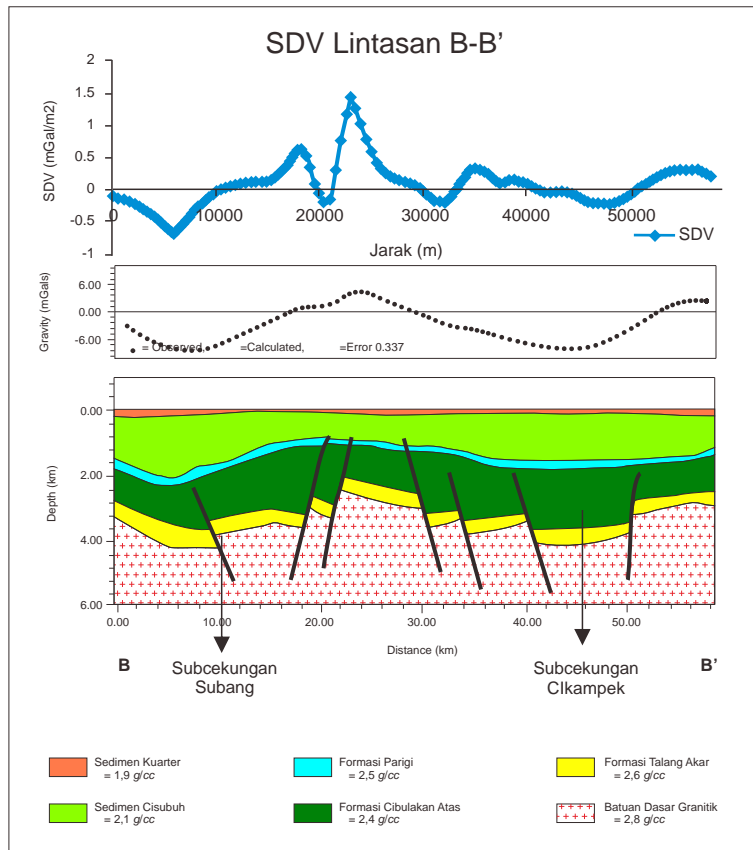
Gambar 11. Penampang pemodelan lintasan AA' daerah Jawa Barat Utara

Lintasan AA' dibuat memotong subcekungan Bekasi dan Subcekungan Rengasdengklok dengan arah baratdaya–timurlaut (SW-NE). Model lintasan AA' (Gambar 11) memperlihatkan bahwa kedalaman depositer Subcekungan Bekasi adalah sekitar 4,5 km dan kedalaman depositer subcekungan Rengasdengklok sekitar 4 km dengan kedalaman batuan dasar (*basement*) rata-rata adalah sekitar 3,3 km.

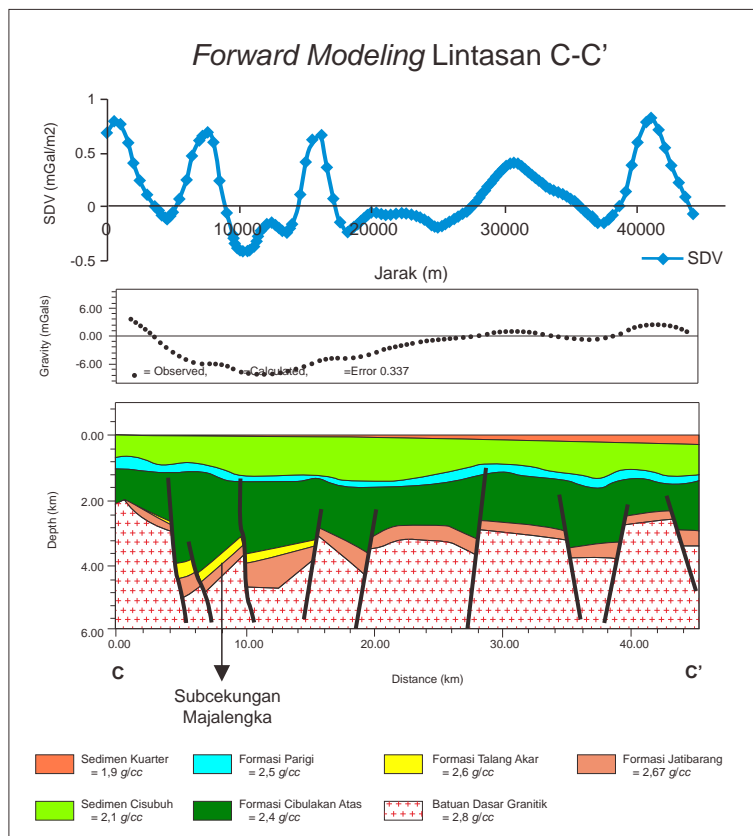
Struktur patahan mempengaruhi kondisi bawah permukaan yang membentuk struktur tinggian dan rendahan (*horst graben*). Batuan dasar diinterpretasikan sebagai batuan granitik dan metamorfik dengan nilai rapat massa $2,8 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan batuan sedimen direpresentasikan oleh 5 formasi dengan nilai densitas berkisar antara $1,9 \text{ gr/cm}^3$ hingga $2,6 \text{ gr/cm}^3$. Lintasan BB' memotong Subcekungan Subang Selatan dan Subcekungan Cikampek dengan arah tenggara–baratlaut (SE-NW). Hasil pemodelan dua dimensi penampang BB' (Gambar 12) menunjukkan bahwa kedalaman depositer Subcekungan Subang adalah sekitar 4,3 km dan depositer Subcekungan Cikampek yaitu sekitar 4,2 km dengan rata-rata kedalaman batuan dasar adalah sekitar 3,3 km. Hasil analisis SVD memperlihatkan adanya struktur-struktur patahan yang membuat struktur *half-graben*. Hasil *forward modeling* pada penampang lintasan CC' (Gambar 13) memperlihatkan bahwa depositer Subcekungan Majalengka berada pada kedalaman sekitar 5 km dengan rata-rata kedalaman batuan dasar sekitar 3 km. Hasil analisis SVD menunjukkan patahan-patahan dengan pola struktur berupa *horstgraben*. Pada Subcekungan Majalengka berkembang Formasi Jatibarang yang berisikan endapan vulkanik tufa dan batupasir, formasi ini menipis pada bagian barat wilayah Jawa Barat bagian Utara.

Pemodelan Inversi
(*Inversion Modeling*)

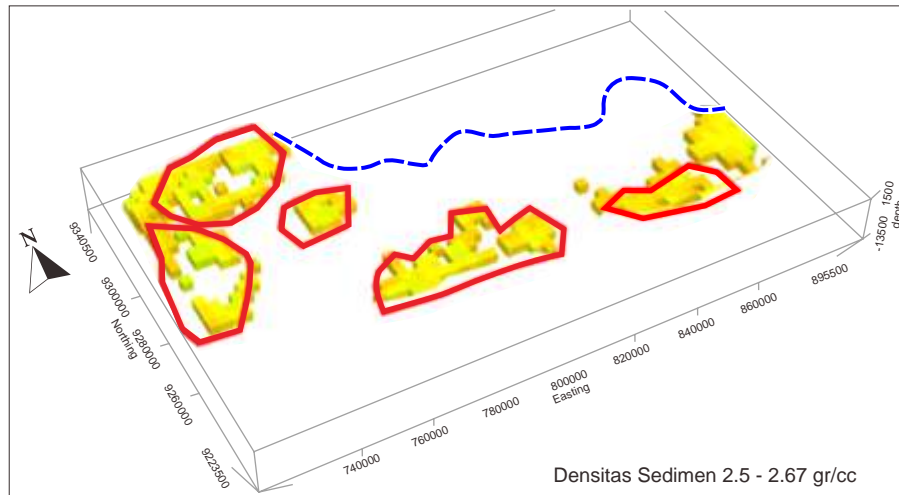
Hasil pemodelan inversi dengan menggunakan perangkat lunak *Grablox* menunjukkan bahwa sebaran nilai rapat massa (densitas) mempunyai rentang nilai antara $2,5 \text{ gr/cm}^3$ hingga $2,67 \text{ gr/cm}^3$ yang mengisi Cekungan Jawa Barat bagian Utara. Nilai densitas yang mendekati $2,5 \text{ gr/cm}^3$ ditunjukkan oleh warna kuning kehijauan, sedangkan warna jingga menunjukkan nilai densitas mendekati $2,67 \text{ gr/cm}^3$.



Gambar 12. Penampang pemodelan lintasan B-B' daerah Jawa Barat utara



Gambar 13. Penampang pemodelan lintasan CC' daerah Jawa Barat utara



Gambar 14. Hasil inversi 3D, Warna kuning kehijauan dan jingga menunjukkan sebaran densitas. Garis putus-putus berwarna biru adalah batas pulau. Garis merah adalah perkiraan subcekungan.

Menurut Telford, dr. (1990), nilai densitas tersebut merupakan nilai densitas rata-rata dari batuan sedimen. Hasil inversi pada Gambar 14 memperlihatkan batuan dengan densitas $2,5 \text{ gr/cm}^3$ hingga $2,6 \text{ gr/cm}^3$ yang menempati daerah-daerah yang diduga sebagai subcekungan berdasarkan pada anomali lokal gayaberas, yaitu di sekitar Bekasi, Rengasdengklok, Cikampek, Subang, dan Majalengka.

Adanya perbedaan nilai densitas antara hasil pemodelan maju dan pemodelan inversi adalah karena pada pemodelan maju menampilkan semua densitas batuan yang ada dari permukaan hingga basement sedangkan pada hasil pemodelan kebelakang hanya menampilkan lokasi keberadaan batuan sedimen yang berada diatas basement tidak sampai permukaan.

KESIMPULAN

Hasil analisis spektral menunjukkan bahwa kedalaman batuan dasar (*basement*) rata-rata daerah penelitian adalah sekitar 3,3 Km. Jumlah subcekungan yang berhasil di delineasi dari anomali gayaberas adalah sebanyak 5 sub cekungan yaitu Subcekungan Bekasi, Subcekungan Cikampek, Subcekungan Rengasdengklok, Subcekungan Subang, dan Subcekungan Majalengka. Pola struktur subcekungan Jawa Barat

utara secara umum memiliki orientasi utara-selatan, dengan pola bukaan mempunyai arah timur-barat. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa batuan dasar daerah penelitian berupa granitik dan metamorfik. Pola struktur hasil pemodelan menunjukkan adanya pola tinggian dan rendahan (*horst-graben*) yang secara struktur menarik sebagai salah satu sistem petroleum daerah penelitian.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian geofisika lebih lanjut di sekitar sub-cekungan yang telah didelineasi dengan melakukan penelitian metode geofisika yang lebih detail seperti metoda *Passive Seismic Tomografi* (PST) dan *Magnetotelluric* (MT) dari tinjauan parameter fisis yang berbeda untuk mengetahui pola struktur dan keberadaan fluida pada subcekungan tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Bidang Geosains dan Kepala Sub bidang Geofisika Dasar dan Terapan atas arahan dan diskusinya. Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada Dewan Redaksi dan para reviewer yang dengan sabar memberi masukan atas tulisan ini.

ACUAN

- Adnan, A., Sukowinto, dan Suprianto, 1991. Jatibarang Sub Basin – A Half Graben Model in the Onshore of Northwest Java. *Proceedings of Indonesian Petroleum Association, 20th Annual Convention*.
- Anonim, 2009, Peta Cekungan Sedimen Indonesia Berdasarkan Data Gayaberat dan Geologi, Badan Geologi Departemen ESDM.
- Bemmelen, R, W Van. 1949. *The Geology of Indonesia*. Vol. 1A General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelago, Martinus Nijhoff, The Hague.
- Blakely, R. J.. 1996. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press.
- Boggs, Jr. S 2006. *Principal of Sedimentology and Stratigraphy* 4th edition, Hal 550-553, Pearson Education, inc., Upper Saddle River New Jersey.
- Doust, H., dan Ron A. Noble., 2008. *Petroleum systems of Indonesia*. Marine and Petroleum Geology 25 103 – 129.
- Elkins, T.A., 1951, The Second Derivatif Method of Gravity Interpretation, *Geophysics*, v.23, h.97 -127.
- Hamilton, W., 1974, *Map of Sedimentary Basins of the Indonesian region*, USGS map-I-875-B, U.S. Geological Survey, Reston, VA, USA.
- Hamilton, W., 1979, *Tectonic of the Indonesia Region*, US Geological Survey Professional Papers, 1078.
- Indriana, R.D., 2008. “Estimasi Ketebalan Sedimen dan Kedalaman Diskontinuitas Mohorovicic Daerah Jawa Timur dengan Analisis Power Spectrum Data Anomali gayaberat.” *Berkala Fisika Vol. 11, No.2* hal 67-74. ISSN : 1410-9662.
- Nasution, J., dan Sobari, I., 1994. *Peta Anomali Bouguer Lembar Cianjur, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Ningrum, T., Kadir, W. G. A., Alawiyah, S., dan Wahyudi, E. J.. 2011. “Studi Identifikasi Struktur dan Prospek Hidrokarbon Daerah Frontier pada Cekungan Melawi-Ketungau, Kalimantan Barat dengan Metode Gayaberat”. *Jurnal Teknologi dan Mineral Vol. XVIII No. 2*.
- Pirttijarvi, M., 2008, *Gravity interpretation and modeling software based on 3-D block models*. User's guide to version 1.6b. Department of Physics Sciences. University of Oulu. Finlandia.
- Rahma, H.M., dan Wahyudi, 2014. Pembentukan karakter melalui aplikasi sains (Pemodelan 3D Anomali Gravitasi Magma Gunung Merapi dengan Software Grablox, Bloxer, dan Rockwork), *Prosiding Seminar Nasional Volume 01, Nomor 1*.
- Rohandi, U., dan Nainggolan, D.A., 1990. *Peta Anomali Bouguer Lembar Pamanukan, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Rohandi, U., dan Sobari, I., 1990. *Peta Anomali Bouguer Lembar Indramayu, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Rohandi, U., dan Nasution, J., 1990. *Peta Anomali Bouguer Lembar Karawang, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sarkowi, M., 2010. Identifikasi Struktur Daerah Panasbumi Ulubelu Berdasarkan Analisa Data SVD Anomali Bouguer. *Jurnal Sains MIPA*, Vol. 16, No.2, Hal.:111-118.
- Setiadi I., B.Setyanta, dan B.S. Widijono, 2010, Delineasi Cekungan Sedimen Sumatera Selatan Berdasarkan Analisis Data Gaya Berat, *Jurnal Sumber Daya Geologi*, Vol. 20, No. 2., Hal : 93 -106.
- Setiadi, I. dan Arenda, R. R., 2016. Delineasi Cekungan Sedimen dan Interpretasi Geologi Bawah Permukaan Cekungan Tanimbar Berdasarkan Analisis Data Gayaberat, *Jurnal Geologi dan Sumber Daya Mineral*, Vol. 17 No.3.
-

- Talwani, M., J. L. Worzel, and M. Landisman, 1959. Rapid Gravity Computations for Two-Dimensional Bodies with Application to the Mendocino Submarine Fracture Zone, *J. Geophys. Res.*, 64(1), 49-59.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., dan R.E Sheriff. 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Wulandari, F.I., dan Setiawan, A., 2015. Pemodelan Struktur Bawah Permukaan 3D Purwokerto dan Sekitarnya Berdasarkan Data Anomali Gravitasi Bouguer Lengkap, *Jurnal Fisika Indonesia*, Vol. 19 (2015), No. 57, p.6-12.n
-