

STUDI SUB-CEKUNGAN JAWA TIMUR BAGIAN UTARA UNTUK MENGETAHUI POLA SUB-CEKUNGAN BERPOTENSI MINYAK DAN GAS BUMI MENGGUNAKAN DATA GAYABERAT

Muhamad Azhary^{*1}, Ahmad Zaenudin¹, Karyanto¹, Imam Setiadi²

¹Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung

Jl. Prof. Dr. Soemantri Brodjonegoro No.1, Bandar Lampung 35145

²Pusat Survei Geologi KESDM

Jl. Diponegoro No.57, Bandung 40144

Jurusan Teknik Geofisika, FT UNILA

e-mail: ^{*1}azhary95@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang studi sub-cekungan Jawa Timur bagian Utara untuk mengetahui pola sub-cekungan berpotensi minyak dan gas bumi menggunakan data gayaberat, juga ditentukan batas lapisan sedimen dengan batuan dasar, pola tinggian serta struktur bawah permukaan untuk tahap awal menemukan potensi-potensi minyak dan gas yang baru. Pengolahan data gayaberat dengan menggunakan analisis spektrum. Analisis spektrum dilakukan untuk mengestimasi lebar jendela serta estimasi kedalaman anomali regional dan anomali residual. *Second horizontal derivative* dilakukan untuk mengestimasi keberadaan patahan sebagai jalur migrasi minyak dan gas bumi. Tahap selanjutnya dilakukan pemodelan 2,5D dan 3D. *Second derivative* dilakukan untuk mengestimasi keberadaan patahan sebagai jalur migrasi minyak dan gas bumi. Dari hasil penelitian, didapat nilai Anomali Bouguer memiliki nilai densitas dari -35 mGal sampai 42 mGal. Pada analisis spektrum didapat kedalaman rata-rata zona regional sebesar 16,13 km dan kedalaman rata-rata residual sebesar 4,47 km dengan lebar jendela 17x17. Dari hasil pemodelan 2,5 D dan 3D didapatkan bahwa daerah Jawa Timur bagian Utara masih memiliki cadangan minyak dan gas bumi yang melimpah, dikarenakan dilihat dari hasil gayaberat yang didapatkan, sub-cekungan pada daerah ini masih berpotensi sebagai tempat pembentukan dan pematangan minyak dan gas bumi, pada daerah ini juga memiliki tinggian yang bisa berpotensi sebagai perangkap dan zona *reservoir* serta terdapat beberapa patahan yang berguna untuk jalur minyak dan gas bumi ini bermigrasi ke arah tinggian tinggian anomali pada daerah penelitian yang berguna untuk jalur minyak dan gas bumi ini bermigrasi.

ABSTRACT

A research on sub-basin studies of northern part in East Java has been done to know the sub-basin pattern potentially of oil and gas using gravity data, also determined the limits of sedimentary layers with bedrock, basement high and subsurface structures for the initial stage of finding new oil and gas potential. Gravity processing data using spectrum analysis. Spectrum analysis was used to estimate the width of the window as well as the depth estimation of regional anomalies and residual anomalies. *Second horizontal derivative* was used to estimate the existence of fracture as the path of oil and gas migration. The next step are 2.5D and 3D modeling. *Second derivative* was used to estimate the existence of the fault as the path of oil and gas migration. From the results of the research, the Bouguer Anomaly value has a density value of -35 mGal to 42 mGal. In the spectrum analysis, the average depth of regional zone is 16.13 km and the residual average depth is 4.47 km with the width of the window is 17x17. The results from the 2.5 D and 3D modeling, was found that the northern part of East Java still has abundant of oil and gas reserves, due to the result of gravity obtained, the sub-basin on this area still has potential as a place for oil and gas formation and maturation, in this area also has a height that can potentially as a trap and reservoir zone and there are some fault that is useful for the oil and gas pathway is migrated towards the height of anomalies in the research area.

Keywords— gravity, spectrum analysis, sub-basin, oil and gas.

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara yang mempunyai potensi minyak dan gas yang besar di dunia, hal ini terlihat dari hasil penelitian atlas cekungan sedimen yang berhasil memetakan banyaknya jumlah cekungan sedimen berdasarkan data-data geologi dan geofisika, yaitu sekitar 128 cekungan sedimen yang mempunyai potensi ekonomi (Tim Atlas Cekungan PSG, 2009).

Jawa Timur merupakan salah satu daerah di Indonesia yang memiliki beberapa cekungan yang beberapa diantaranya telah menghasilkan minyak dan gas bumi. Daerah cekungan Laut Jawa Timur lebih merupakan cekungan *epicontinental* (tepi benua), sedangkan cekungan Jawa Timur Utara – Madura merupakan geosiklin dengan ketebalan sedimen *Tersier* mencapai 6000 meter (Koesmadinata, 1978).

Gayaberat merupakan ilmu yang mempelajari perilaku percepatan bumi (*gravitation acceleration*) yang didasarkan pada hukum Gravitasi Newton. Sedangkan metode gravimetri merupakan suatu metode eksplorasi geofisika yang didasarkan atas adanya anomali medan gravitasi bumi yang diakibatkan adanya variasi densitas batuan ke arah lateral maupun vertikal di bawah titik ukur.

Salah satu penerapan metode ini dalam tahap awal eksplorasi minyak dan gas bumi adalah untuk memperkirakan keberadaan Cekungan (*basin*) dan kedalaman *basement*. Keberadaan Cekungan menjadi penting sebab berkaitan dengan lingkungan pembentukan batuan induk (*source rock*). Variasi rapat massa yang disebabkan oleh struktur geologi bawah permukaan dan perbedaan jenis sedimen dapat dideteksi dengan metode ini.

Dengan melakukan penelitian menggunakan metode gayaberat ini diharapkan dapat mengetahui pola sub-cekungan, batas lapisan sedimen dengan

batuan dasar, pola tinggian dan struktur bawah permukaan agar bisa digunakan untuk tahap awal menemukan potensi-potensi minyak dan gas yang baru.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Lokasi penelitian berada pada koordinat 6°80'-7°30' LS dan 111°30'-112°30' BT sedangkan dalam UTM WGS84 terletak pada 560000 sampai 660000 mE dan 9180000 sampai 9260000 mS termasuk kedalam zona 49S. Wilayah tersebut termasuk dalam daerah Tuban, Rembang, Blora, Bojonegoro, Lamongan, Gresik, Sidoarjo, Mojokerto, Jombang, Madiun dan Ngawi.

2.1. Fisiografi Jawa Timur Bagian Utara

2.1.1 Zona Kendeng

Zona Kendeng terletak di Utara gunungapi yang terdiri dari endapan berumur Kenozoikum Muda yang pada umumnya terlipat kuat disertai sengan sesar-sesar dengan kemiringan ke arah Selatan. Panjang jalur Kendeng adalah 250 km dan lebar maksimum 40 km. Pegunungan Kendeng yang merupakan bagian zona ini terdiri dari daerah-daerah yang berbukit dan terjal. Penggambaran topografi daerah ini banyak dipengaruhi oleh struktur-struktur geologi.

2.1.2 Depresi Randublatung

Depresi Randublatung berada diantara Zona Kendeng dan Zona Rembang. Depresi Randublatung pada umumnya merupakan satuan daratan rendah yang berarah Barat-Timur dengan permukaan dasarnya merupakan akibat erosi diantara daerah Cepu dan Bojonegoro. Dalam depresi tersebut terdapat beberapa antiklin pendek dan kubah-kubah.

2.1.3 Zona Rembang

Zona Rembang membentang sejajar dengan Zona Kendeng dan dipisahkan oleh Depresi Randublatung. Pada zona ini terdapat suatu daratan tinggi yang merupakan antiklin Barat-Timur sebagai hasil dari gejala tektonik Tersier Akhir yang dapat ditelusuri hingga Pulau Madura dan Kangean (Van Bammelen, 1949).

2.2. Tataan Geologi Jawa Timur Bagian Utara

Cekungan Jawa Timur terbentuk karena proses pengangkatan dan ketidakselarasan serta proses-proses lain, seperti penurunan muka air laut dan pergerakan lempeng tektonik. Tahap awal pembentukan cekungan tersebut ditandai dengan adanya *half graben* yang dipengaruhi oleh struktur yang terbentuk sebelumnya. Tataan tektonik yang paling muda dipengaruhi oleh pergerakan Lempeng Australia dan Sunda. Secara regional perbedaan bentuk struktural sejalan dengan perubahan waktu. Aktivitas tektonik utama yang berlangsung pada umur Plio-Pleistosen, menyebabkan terjadinya pengangkatan daerah regional Cekungan Jawa Timur dan menghasilkan bentuk morfologi seperti sekarang ini. Struktur geologi daerah Cekungan Jawa Timur umumnya berupa sesar naik, sesar turun, sesar geser, dan pelipatan yang mengarah Barat-Timur akibat pengaruh gaya kompresi dari arah Selatan-Utara (Gambar 1).

2.3. Stratigrafi Daerah Penelitian

Stratigrafi daerah penelitian ditunjukkan oleh **Gambar 2**. Stratigrafi tertua adalah batuan dasar yang langsung dilapisi oleh Formasi Pra-Ngimbang yang berumur Eosen Bawah, Formasi Ngimbang tersusun atas perselingan batupasir, serpih dan batu gamping, terkadang terdapat batubara. Diatas lapisan ini terdapat

Formasi Kujung, formasi ini dibagi menjadi 2 unit yaitu kujung 1 dan 2 yang didominasi oleh batuan serpih dan gamping. Diatas Formasi Kujung terendapkan Formasi Tuban yang merupakan lapisan batulempung. Selanjutnya terendapkan Formasi Ngrayong yang dominan batupasir yang tersebar dan tersingkap secara luas didaerah lembar Rembang. Diatas formasi ini terendapkan Formasi Wonocolo yang terdiri atas napal dan lempung serta lapisan terakhir terdapat Formasi Ledok yang terdiri atas perulangan napal pasiran dan kelterit dan batupasir.

3. TEORI DASAR

3.1 Gaya Gravitasi (Hukum Newton 1)

Teori yang mendukung ilmu gayaberat terapan adalah hukum Newton yang menyatakan bahwa gaya tarik menarik antara dua partikel bergantung dari jarak dan massa masing-masing partikel tersebut yang dinyatakan sebagai beriku (Rosid, 2005):

$$\vec{F}(r) = -G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Dimana:

$F(r)$: Gaya tarik menarik (N)

m_1, m_2 : Massa benda 1 dan massa benda 2 (kg)

r : Jarak antara dua buah benda (m)

G : Konstanta gravitasi universal ($6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg s}^{-2}$)

3.2 Anomali Bouguer

Anomali Bouguer merupakan selisih antara harga gravitasi pengamatan (g_{obs}) dengan harga gravitasi teoritis (g_n) yang didefinisikan pada titik pengamatan bukan pada bidang referensi, baik elipsoid maupun muka laut rata-rata. Selisih tersebut merefleksikan variasi rapat massa yang terdapat pada suatu daerah dengan daerah sekelilingnya ke arah lateral

maupun ke arah vertikal. Anomali Bouguer dapat bernilai positif ataupun negatif. Nilai anomali positif mengindikasikan adanya kontras densitas yang besar pada lapisan bawah permukaan. Anomali negatif menggambarkan perbedaan densitas yang kecil.

3.3 Moving Average

Untuk memperoleh anomali yang terasosiasi dengan kondisi geologi yang diharapkan dan untuk meningkatkan resolusi sebelum diinterpretasi secara kuantitatif, maka perlu dilakukan pemisahan anomali regional dan residual, sehingga anomali yang diperoleh sesuai dengan anomali dari target yang dicari. Pemisahan anomali juga dimaksudkan untuk membantu dalam interpretasi gayaberat secara kualitatif. Pemisahan anomali ini salahsatunya dapat dilakukan dengan *filter moving average*. *Moving average* dilakukan dengan cara meratakan nilai anomalnya. Hasil perataan ini merupakan anomali regionalnya, sedangkan anomali residualnya diperoleh dengan mengurangi data hasil pengukuran gayaberat dengan anomali regional.

3.4 Horizontal Derivative

Pengertian *horizontal derivative* pada data anomali gayaberat adalah perubahan nilai anomali gayaberat dari satu titik ke titik lainnya dengan jarak tertentu. *Horizontal derivative* dari anomali gayaberat yang disebabkan oleh suatu *body* cenderung untuk menunjukkan tepian dari *body*-nya tersebut. Jadi metode *horizontal gradient* dapat digunakan untuk menentukan lokasi batas kontak densitas horizontal dari data gayaberat (Cordell, 1979). Metode ini dapat digunakan untuk menggambarkan struktur bawah permukaan yang dangkal maupun dalam. Amplitudo dari *horizontal derivative* ditunjukkan

sebagai berikut (Cordell and Graunch, 1985) :

$$HG^{1st} = \sqrt{\frac{(\delta g)^2}{(\delta x)^2} + \frac{(\delta g)^2}{(\delta y)^2}}$$

3.5 Pemodelan ke Depan (*Forward Modelling*)

Pemodelan ke depan adalah suatu metode interpretasi yang memperkirakan densitas bawah permukaan dengan membuat terlebih dahulu benda geologi bawah permukaan. Kalkulasi anomali dari model yang dibuat kemudian dibandingkan dengan Anomali Bouguer yang telah diperoleh dari survei gayaberat. Prinsip umum pemodelan ini adalah meminimumkan selisih anomali pengamatan untuk mengurangi ambiguitas. Benda dua dimensi adalah benda tiga dimensi yang mempunyai penampang yang sama dimana saja sepanjang tak berhingga pada satu koordinatnya.

Pada beberapa kasus, pola kontur Anomali Bouguer adalah bentuk berjajar yang mengidentifikasikan bahwa penyebab anomali tersebut adalah benda yang memanjang. Pemodelan dinyatakan dalam bentuk dua dimensi karena efek gravitasi dua dimensi dapat ditampilkan dalam bentuk profil tunggal. Pemodelan ke depan untuk menghitung efek gayaberat model benda bawah permukaan dengan penampang berbentuk sembarang yang dapat diwakili oleh suatu polygon berisi dan dinyatakan sebagai integral garis sepanjang sisi-sisi poligon (Talwani, dkk, 1969).

3.6 Pemodelan ke Belakang (*Inversi Modelling*)

Inverse Modelling adalah pemodelan berkebalikan dengan pemodelan ke depan. Pemodelan inversi berjalan dengan cara suatu model dihasilkan langsung dari data. Pemodelan jenis ini sering disebut data fitting atau pencocokan data karena proses

di dalamnya dicari parameter model yang menghasilkan respon yang cocok dengan data pengamatan. Diharapkan untuk respon model dan data pengamatan memiliki kesesuaian yang tinggi dan ini akan menghasilkan model yang optimum (Supriyanto, 2007).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Anomali Bouguer Lengkap (ABL)

Anomali Bouguer adalah superposisi dari anomali yang bersifat regional dan bersifat residual (Diyanti, 2014). Hasil pada peta Anomali Bouguer menunjukkan rentang anomali -35 mGal sampai dengan 42 mGal yang merupakan respon variasi densitas batuan pada daerah penelitian. Warna pada kontur peta tersebut menunjukkan nilai anomali yang terdapat pada daerah penelitian. Warna biru tua sampai biru muda menunjukkan nilai densitas -35 sampai -1 mGal tersebar pada bagian Selatan, warna hijau sampai orange menunjukkan nilai densitas 0 sampai 33 mGal yang tersebar dari Barat ke Timur dan warna kontur merah dan merah muda menunjukkan nilai densitas 34 sampai 42 mGal yang tersebar pada daerah Utara (**Gambar 3**).

Anomali rendah pada daerah penelitian diinterpretasikan sebagai Zona Kendeng yaitu salah satu cekungan yang berada pada daerah Jawa Timur bagian Tengah. Anomali sedang merupakan depresi Randublatung yang berada diantara zona Kendeng dan zona Rembang. Anomali tinggian di Utara merupakan daratan yang merupakan antiklin sebagai hasil dari gejala tektonik dan disebut Tinggian Rembang dan Tinggian di daerah Bojonegoro merupakan tinggian Dender, Ngimbang dan Pegat.

4.2. Analisis Spektrum

Pada analisis spektrum, dapat dinyatakan frekuensi rendah berasal dari

sumber dalam dan frekuensi tinggi berasal dari sumber dangkal. Sinyal frekuensi dibawah permukaan yang lebih dalam akan semakin homogen, hal ini disebabkan batuan yang berada semakin dalam cenderung memiliki densitas yang sama. Berbeda dengan permukaan yang lebih dangkal, sinyal frekuensi tinggi lebih menggambarkan lapisan yang lebih rinci dan anomali cenderung lebih bervariasi.

Dilakukan analisis spektrum dengan 8 lintasan dan diperoleh nilai dari semua lintasan serta nilai tersebut dirata-ratakan. **Tabel 1** menunjukkan bahwa nilai rata-rata kedalaman bidang anomali dalam (regional) adalah 16,13 km. Hasil tersebut diinterpretasikan sebagai rata-rata kedalaman regional, sedangkan rata-rata kedalaman bidang anomali dangkal (residual) adalah 4,47 km, kedalaman anomali residual diinterpretasikan sebagai zona batas antara batuan dasar (*basement*) dengan batuan sedime. Hasil dari analisis spektrum selain untuk menghitung bidang anomali dalam dan dangkal, didapatkan juga bilangan gelombang kc (*cutoff*), yang digunakan untuk menentukan lebar *window* (jendela). Semua bilangan kc dihitung kemudian diketahui hasil rata-rata lebar jendela dan didapat nilai jendela sebesar 17 (**Tabel 2**).

4.3. Anomali Regional

Proses penapisan dengan *Moving Average* dengan menggunakan lebar jendela 17. Didapat nilai anomali regional ini berkisar antara -30 mGal sampai 39 mGal. Anomali tinggi antara 25 mGal sampai 39 mGal menempati daerah bagian Utara, anomali sedang antara 0 mGal sampai 24 mGal yang menempati daerah Barat sampai ke Timur, sedangkan nilai anomali rendah antara -30 sampai -9 mGal yang menempati daerah Selatan, Anomali rendah diduga sebagian dari Cekungan Kendeng daerah Jawa Timur bagian Selatan. Jawa bagian Utara memiliki nilai densitas tinggi dikarenakan

merupakan antiklin zona Rembang yang merupakan daerah cekungan Jawa Timur Bagian Utara (**Gambar 4**).

4.4 Anomali Residual

Anomali ini didapat dari proses *filtering high pass* pada penapisan *Moving Average* dengan parameter sama dengan *low pass filter* pada anomali regional. Anomali residual yang diperoleh mempunyai rentang nilai anomali antara -9 mGal sampai dengan 9 mGal. Peta anomali residual menunjukkan pola anomali yang lebih kompleks dibandingkan dengan anomali regional, karena menggambarkan pola anomali dengan penjang gelombang yang lebih pendek yang mencerminkan efek benda anomali yang lebih dangkal. Anomali rendah menunjukkan nilai anomali antara -9 mGal sampai dengan -5 mGal dengan kontras warna baru tua hingga baru muda, sedangkan anomali sedang memiliki nilai anomali -4 mGal sampai 4 mGal dan anomali tinggi memiliki nilai antara 5 mGal sampai 9 mGal dengan kontras warna merah sampai merah muda (**Gambar 5**).

4.5. Interpretasi Kualitatif

4.5.1 Pola Tinggian dan Pola Sub-Cekungan

Terlihat bahwa pola tinggian memanjang dari arah Barat ke Timur. Pola tinggian yang terdapat pada daerah penelitian ini diakibatkan oleh tumbukan Lempeng Hindia Australia yang bergerak ke arah Utara terhadap Lempeng Sunda. Sehingga terbentuklah beberapa tinggian dan tinggian ini merupakan antiklin dari Rembang, Ngimbang, Dender dan Pejat.

Berdasarkan analisis anomali residual dan pola tinggian yang memisahkan sub-cekungan satu dengan yang lainnya, secara kualitatif pola sub-cekungan (**Gambar 6**) dapat ditarik, penulis menginterpretasi

jumlah sub-cekungan sedimen yang muncul berdasarkan analisis gayaberat sebanyak lima sub-cekungan sedimen, yaitu sub-cekungan 1 terletak didaerah Lamongan, sub-cekungan 2 yang terletak diantara tinggian Zona Rembang didaerah Rembang, Blora dan Tuban yang termasuk zona tinggian Rembang, sub-cekungan 3 terletak di daerah Ngawi, sub-cekungan 4 terletak didaerah Nganjuk dan Jombang dan sub-cekungan 5 terletak Mojokerto yang termasuk zona cekungan Kendeng.

Dimana sudah diketahui bahwa zona sub-cekungan merupakan zona pembentukan minyak dan gas yang membuat minyak dan gas ini mengalami pematangan dan untuk zona tinggian merupakan dimana tempat terperangkapnya atau merupakan tempat batuan *reservoir* yang menampung minyak dan gas bumi yang telah matang dan sudah bermigrasi dan terperangkap dizona tinggian ini.

4.5.2 Analisis Gradient Derivative

Berdasarkan **Gambar 7** terdapat 10 patahan (sesar) yang berarah relatif Barat – Timur. Hasil patahan-patahan berdasarkan analisis SHD dikorelasikan dengan patahan-patahan pada peta geologi untuk melihat apakah patahan-patahan tersebut berkolerasi atau tidak dengan patahan-patahan pada peta geologi.

Analisis ini dilakukan untuk pemetaan patahan (sesar), dimana patahan (sesar) juga merupakan salah satu sistem yang harus ada dalam pembentukan minyak dan gas bumi. Patahan ini berguna untuk jalur migrasi minyak dan gas bumi dari *source rock* ke *reservoir*.

4.6. Analisis Kuantitatif

4.6.1 Forward Modelling

Penampang Lintasan 1 A-A' pada anomali residual (**Gambar 8**), memanjang

dengan arah Utara ke Selatan memotong kontur tinggian hingga kerendah yang berupa tinggian Rembang dan rendahan kendeng. Penentuan titik awal pemodelan 2,5D menggunakan data analisis spektrum yang memperlihatkan kedalaman rata-rata bidang anomali residual sekitar 4,47 km. Lintasan 1 (A-A') memiliki panjang lintasan 66 km. Pada model 2,5D dibuat 8 lapisan berdasarkan data stratigrafi daerah penelitian. Lapisan Pertama merupakan lapisan Aluvium yg merupakan lapisan-lapisan sedimen berumur Quarter dengan nilai densitas 1,9 gr/cc. Lapisan kedua merupakan lapisan yang merupakan Formasi Ledok memiliki densitas 2.1 gr/cc dengan komposisi napal pasir dan kalterit dengan napal dan batupasir. Lapisan ketiga merupakan Formasi Wonocolo dengan densitas 2.2 gr/cc yang bersusun napal dan lempung berlapis bagian bawah bersusun gamping pasir. Lapisan keempat merupakan lapisan Formasi Ngrayong dengan densitas 2.25 gr/cc dengan komposisi batupasir, serpih, batulempung, batulanau dengan sisipan batugamping.

Lapisan kelima merupakan Formasi Tuban dengan densitas 2.3 gr/cc dengan komposisi perlapisan batulempung bersisipan batugamping dan serpih. Lapisan enam merupakan Formasi Kujung dengan densitas 2.4 gr/cc bersusun batuan serpih, batugamping dengan sedikit sisipan batupasir dan batulanau. Lapisan ketujuh adalah Formasi Ngimbang dengan densitas 2.5 gr/cc dengan komposisi batuan serpih, batupasir dan batu gamping, terkadang dijumpai batubara. Lapisan terakhir merupakan batuan dasar atau *basement* dengan densitas 2.7 gr/cc yang merupakan batuan beku atau metasedimen. Dari analisis SHD terdapat 1 buah patahan dan menurut data dari peta geologi juga lintasan ini melewati satu patahan yang merupakan patahan turun. Dari informasi sumur (Kujung 1) yang terletak didekat titik awal lintasan ini kedalaman *reservoir* terdapat pada kedalaman 1600 meter

dengan jenis *reservoir* batugamping pada Formasi Kujung.

Penampang lintasan 2 (B-B') pada anomali residual memanjang dengan arah Timur Laut sampai ke Barat Daya memotong kontur tinggian hingga kerendah yang berupa tinggian Rembang dan rendahan Kendeng. Penentuan titik awal pemodelan 2,5D menggunakan data analisis spektrum yang memperlihatkan kedalaman rata-rata bidang anomali residual sekitar 4.7 km. Lintasan 2 (B-B') memiliki panjang lintasan 67 km. Pada model 2,5D dibuat 8 lapisan berdasarkan data stratigrafi daerah penelitian. Lapisan Pertama merupakan lapisan Aluvium yg merupakan lapisan-lapisan sedimen Quarter dengan nilai densitas 1,9 gr/cc. Lapisan kedua merupakan lapisan yang merupakan Formasi Ledok memiliki densitas 2.1 gr/cc dengan komposisi napal pasir dan kalterit dengan napal dan batupasir. Lapisan ketiga merupakan Formasi Wonocolo dengan densitas 2.2 gr/cc yang bersusun napal dan lempung berlapis bagian bawah bersusun gamping pasir. Lapisan keempat merupakan lapisan Formasi Ngrayong dengan densitas 2.25 gr/cc dengan komposisi batupasir, serpih, batulempung, batulanau dengan sisipan batugamping. Lapisan kelima merupakan Formasi Tuban dengan densitas 2.3 gr/cc dengan komposisi perlapisan batulempung persisipan batugamping dan serpih.

Lapisan enam merupakan Formasi Kujung dengan densitas 2.4 gr/cc bersusun batuan serpih, batugamping dengan sedikit sisipan batupasir dan batulanau. Lapisan ketujuh adalah Formasi Ngimbang dengan densitas 2.5 gr/cc dengan komposisi batuan serpih, batupasir dan batu gamping, terkadang dijumpai batubara. Lapisan terakhir merupakan batuan dasar atau *basement* dengan densitas 2.7 gr/cc yang merupakan batuan beku atau metasedimen. Dari analisis SHD terdapat 1 buah patahan dan menurut data dari peta geologi juga lintasan ini juga melewati sebuah patahan (sesar) yang merupakan patahan (sesar)

turun atau normal. Dari informasi sumur (Dermawu 1) yang terletak di dekat titik awal lintasan ini kedalaman *reservoir* terdapat pada kedalaman 1800 meter dengan jenis *reservoir* batugamping pada Formasi Kujung (**Gambar 9**).

4.6.2 Inverse Modelling

Pada **Gambar 10** menunjukkan sebaran densitas daerah penelitian dengan kedalaman 20 km dan memiliki densitas antara 2.1 gr/cc sampai dengan 2.7 gr/cc. Setelah didapat dilakukan *cutplane* dari arah selatan untuk melihat sebaran densitas dari permukaan yang lebih dalam. Densitas rendah yang ditandai dengan warna biru dengan nilai densitas antara 2.1 gr/cc sampai dengan 2.3 gr/cc yang berada pada beberapa daerah penelitian diduga sebagai sub-cekungan. Sedangkan nilai densitas tinggi dengan nilai densitas antara 2.4 gr/cc sampai 2.6 gr/cc, diinterpretasikan sebagai pola tinggian.

Selain itu juga dilakukan inversi 3D untuk melihat keberadaan zona tinggian dan sub-cekungan dengan lintasan sama dengan lintasan pada 2.5 dimensi dari arah Barat. Dari **Gambar 11** merupakan model 3D pada lintasan 1 (A-A') yang sama dengan lintasan pada 2.5 dimensi yang dilihat dari arah Barat. Terlihat pada lintasan ini melintasi sub-cekungan 1, tinggian Rembang, sub-cekungan 4 dan tinggian Ngimbang. Dan dari **Gambar 12** merupakan model 3D pada lintasan 2 (B-B') yang sama dengan lintasan pada 2.5 dimensi yang dilihat dari arah Barat. Terlihat pada lintasan ini juga sama seperti pada lintasan pertama yaitu melintasi sub-cekungan 1, tinggian Rembang, sub-cekungan 4 dan tinggian Ngimbang.

5. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Daerah penelitian memiliki rentang anomali Bouguer -35, sampai dengan 42 mGal yang merupakan respon variasi densitas batuan pada daerah penelitian. Anomali Bouguer -35 sampai -1 mGal tersebar pada bagian Selatan, warna hijau sampai orange menunjukkan nilai densitas 0 sampai 33 mGal yang tersebar dari Barat ke Timur dan warna kontur merah dan merah muda menunjukkan nilai densitas 34 sampai 42 mGal yang tersebar pada daerah Selatan.
2. Dari analisis spektrum diperoleh kedalaman rata-rata bidang diskontinuitas dangkal (residual) sebesar 4,47 km dan kedalaman rata-rata bidang diskontinuitas dalam (regional) sebesar 16,13 km. Hal ini menunjukkan bahwa bidang batas antara batuan dasar (*basement*) dan batuan sedimen terdapat pada kedalaman rata-rata 4,47 km.
3. Secara umum daerah Jawa Timur bagian Utara merupakan daerah cekungan dan dari analisis residual jumlah sub-cekungan sedimen yang dapat diinterpretasi adalah 5 sub-cekungan dan pola tinggian yang merupakan zona perangkap dan terakumulasinya lapisan sedimen sebagai *reservoir* pada daerah penelitian ini diakibatkan oleh tumbukan Lempeng Hindia Australia yang bergerak ke arah Utara terhadap Lempeng Sunda.
4. Dari hasil pemodelan 2,5 D dan 3D didapatkan bahwa daerah Jawa Timur bagian Utara masih memiliki cadangan minyak dan gas bumi yang melimpah, dikarenakan dilihat dari hasil gayabarat yang didapatkan, sub-cekungan pada daerah ini masih berpotensi sebagai tempat pembentukan dan pematangan minyak dan gas bumi, pada daerah ini juga memiliki tinggian yang bisa berpotensi sebagai perangkap dan zona *reservoir* serta terdapat beberapa patahan yang berguna untuk jalur minyak dan gas bumi ini bermigrasi

kearah tinggian tinggian anomali pada daerah penelitian.

Fracture Zone. *Journal of Geophysical Research*: Vol.64 No.1.

Van Bemmelen, R. W. 1949. *The Geology of Indonesia*. Geverment Printing Office.

DAFTAR PUSTAKA

Cordell, L. 1979. Gravimetric Expression of Graben Faulting in Santa Fe Country and The Espanola Basin. *Geol. Sot. Guidbook, 30th Field Conf.*, 59-64. New Mexico : New Mexico.

Cordell, L., and Grauch, V. J. S. 1985. *Mapping Basement Magnetization Zones From Aeromagnetic Data in The San Juan Basin*. New Mexico. in Hinze., W. J. E. The Utility of Regional Gravity and Magnetic Anomaly Maps: Sot. Explor. Geophys., 181 and 197.

Diyanti, A. 2014. *Interpretasi Struktur Geologi Bawah Permukaan Daerah Leuwidamar Berdasarkan Analisis Spektral Data Gaya Berat*. (Skripsi) Prodi Fisika FPMIPA. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.

Koesmadinata, R.P. 1978. *Geologi Minyak dan Gas Bumi*. Bandung: ITB.

Mudjiono, R and Pireno, G.K. 2002. Exploration of the North Madura platform. offshore, East Java, Indonesia. *Proc. 28th Ann. Conv Indon. Petroleum Assoc.*

Rosid, S. 2005. *Gravity Method in Exploration Geophysics*. Depok: Universitas Indonesia.

Sarkowi, M. 2011. Diktat Kuliah: *Metode Eksplorasi Gayaberat*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.

Supriyanto. 2007. *Analisis Data Geofisika : Memahami Teori Inversi*. Depok: Universitas Indonesia.

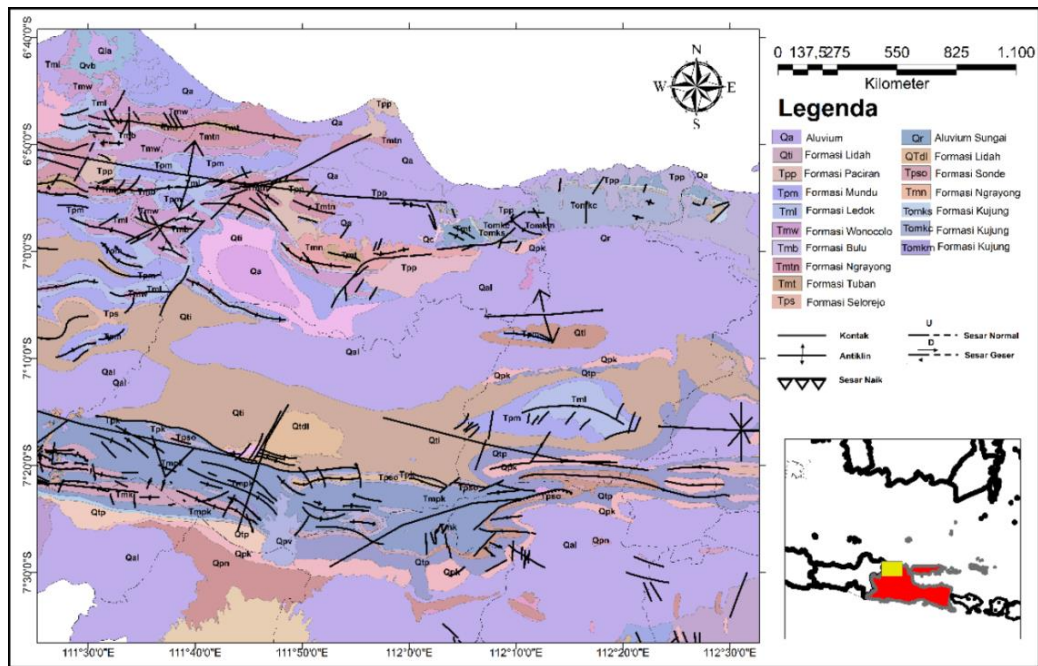
Talwani, M., J.L., Worzel., and Landisman, M. (1969). Rapid Gravity Computations for Two-Dimensional Bodies with Aplication to the Mendocino Submaarine

Tabel 1. Kadalaman Bidang Anomali Lintasan 1-8

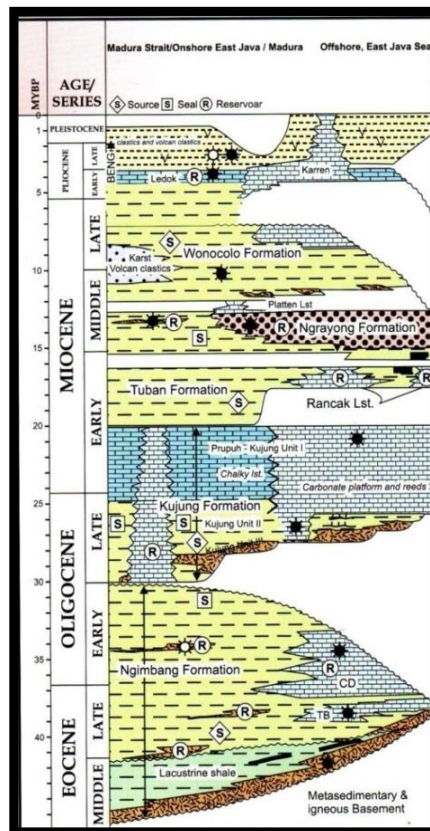
No	Lintasan	Kedalaman Bidang Anomali Dalam (km)	Kedalaman Bidang Anomali Dangkal (km)
1	Lintasan 1	14,93	3,40
2	Lintasan 2	16,36	4,09
3	Lintasan 3	17,20	4,60
4	Lintasan 4	16,06	5,46
5	Lintasan 5	14,89	4,43
6	Lintasan 6	15,86	5,80
7	Lintasan 7	15,91	4,47
8	Lintasan 8	17,80	3,24
Rata-rata		16,13	4,47

Tabel 2. Bilangan gelombang (Kc) dan Lebar Jendela (N)

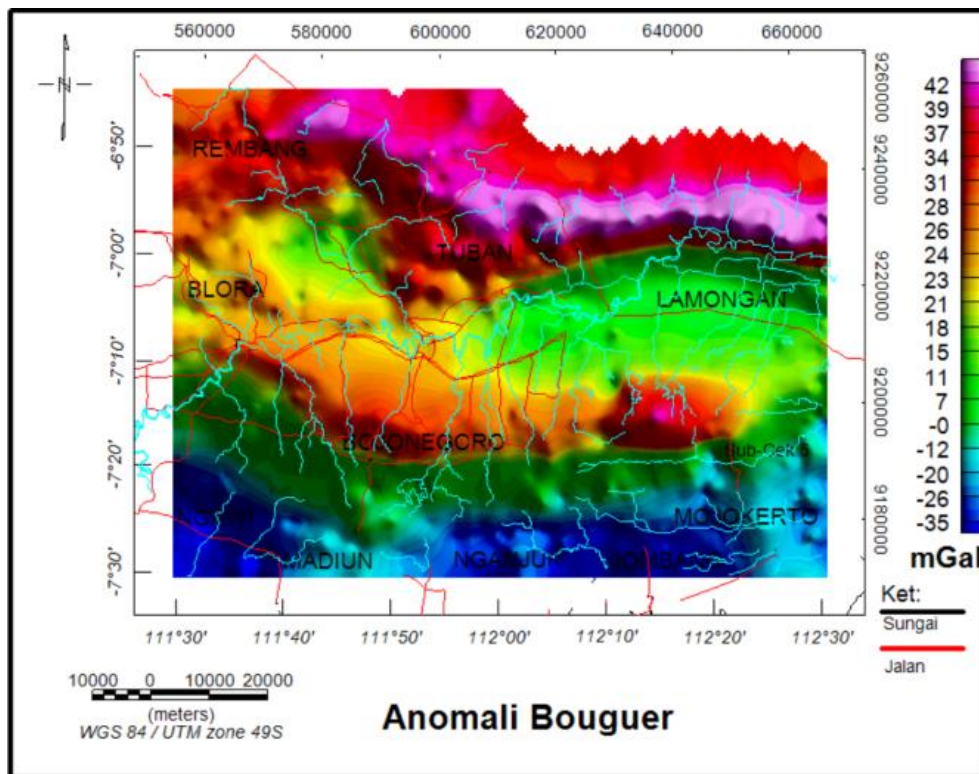
No	Lintasan	Bilangan Gelombang (kc)	Lebar Jendela (N)
1	Lintasan1	0,133	15,73
2	Lintasan2	0,105	19,93
3	Lintasan3	0,118	17,74
4	Lintasan4	0,134	15,62
5	Lintasan5	0,153	13,68
6	Lintasan6	0,118	17,74
7	Lintasan 7	0,117	17,89
8	Lintasan8	0,102	20,52
Rata-rata		0,123	17,36



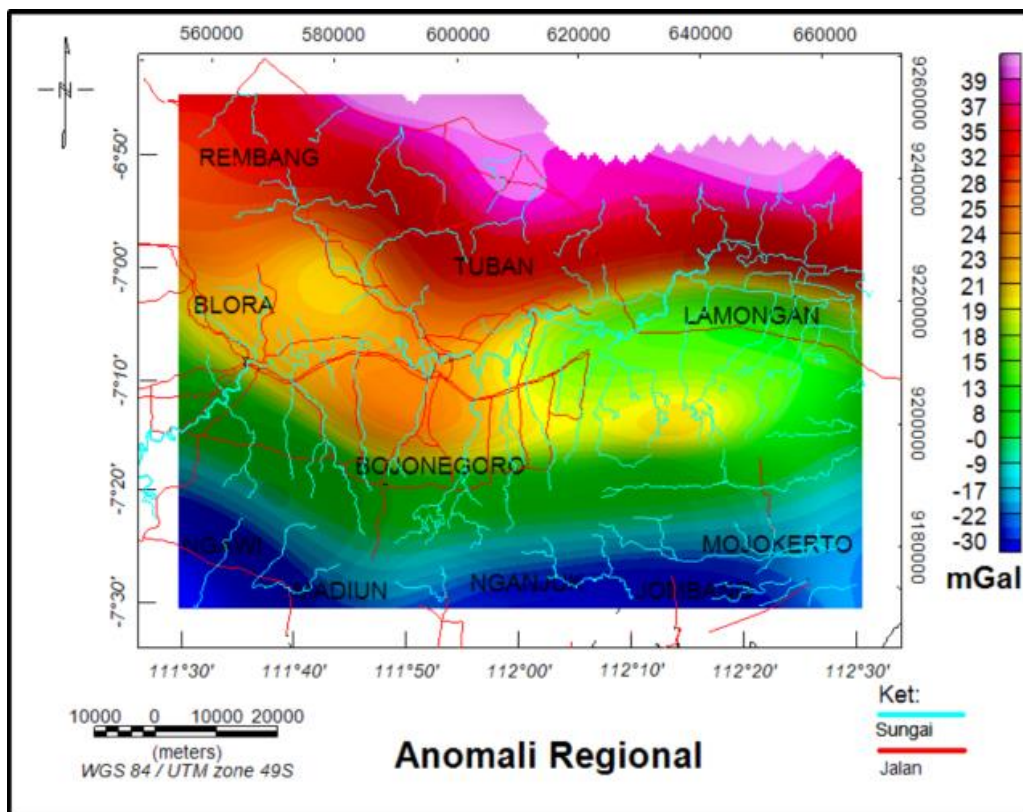
Gambar 1. Peta Geologi Daerah Penelitian



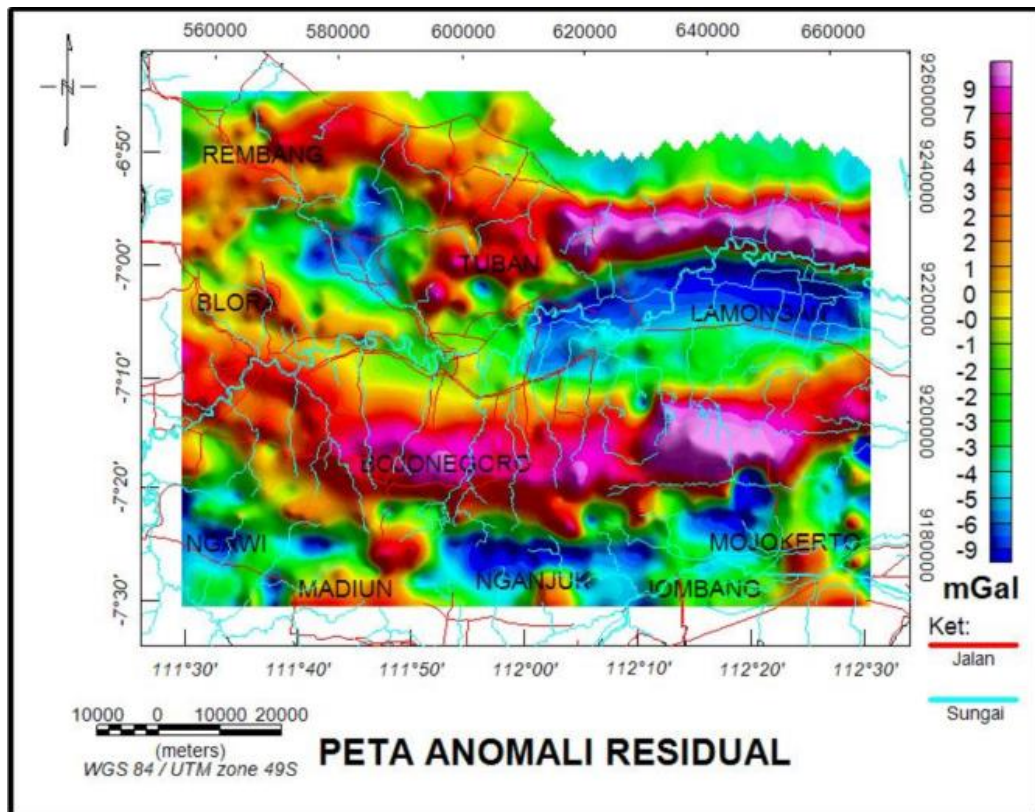
Gambar 2. Tatanan Stratigrafi Daerah Penelitian (Mujdiono dan Pinero, 2002).



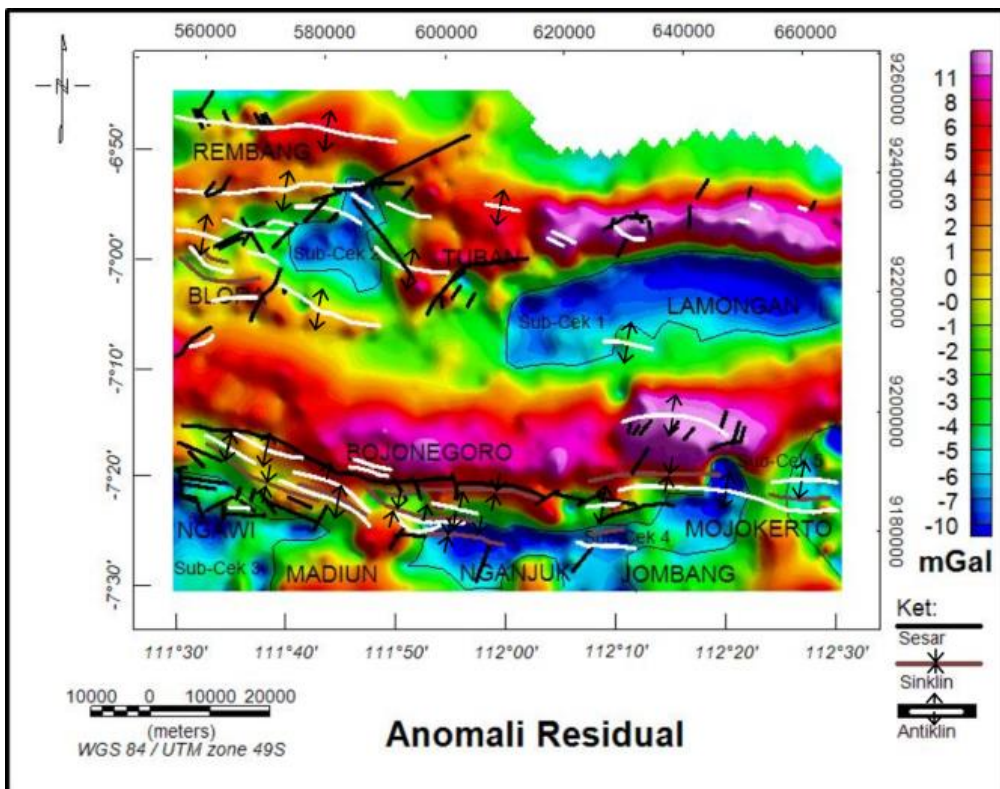
Gambar 3. Peta Anomali Bouguer Daerah Penelitian



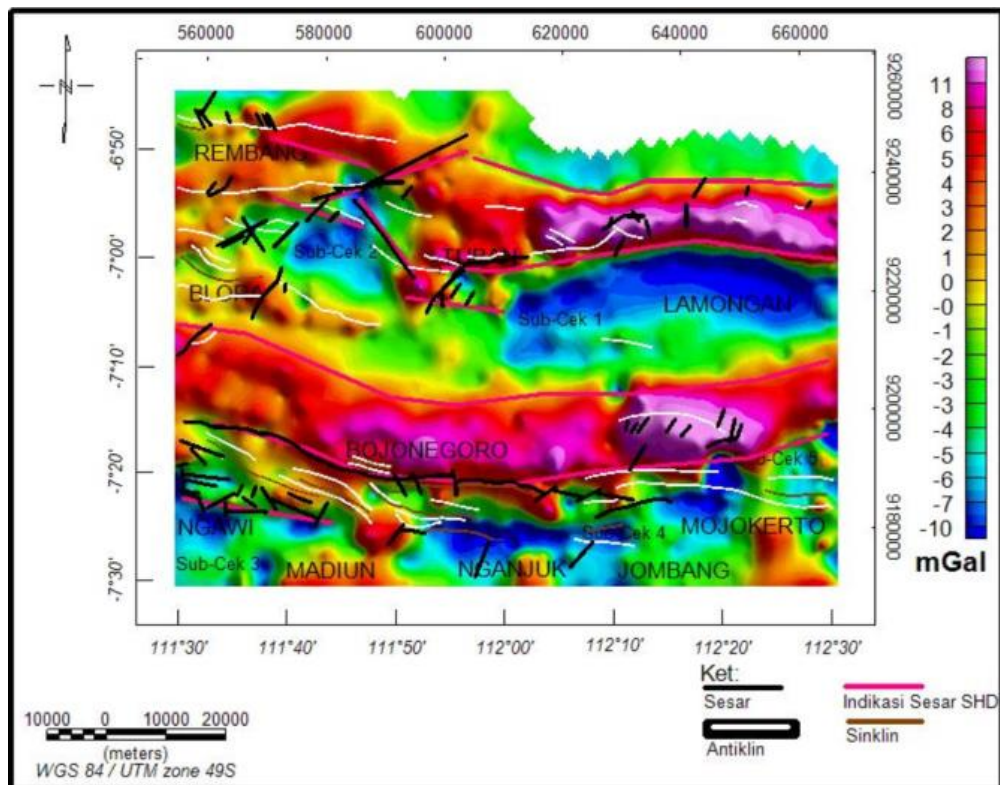
Gambar 4. Peta Anomali Regional Daerah Penelitian



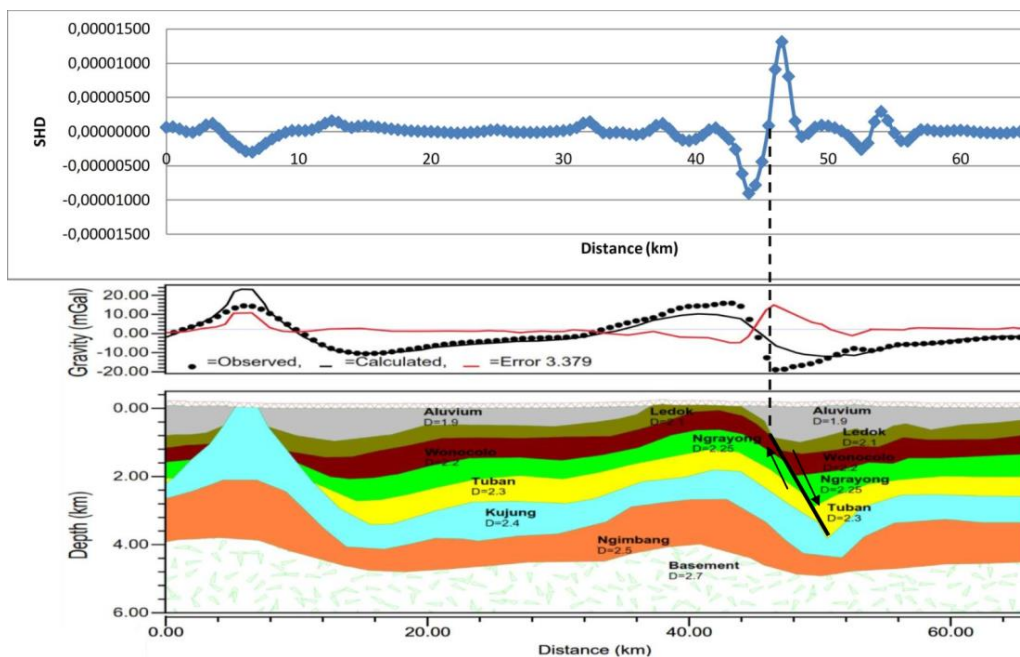
Gambar 5. Peta Anomali Residual Daerah Penelitian



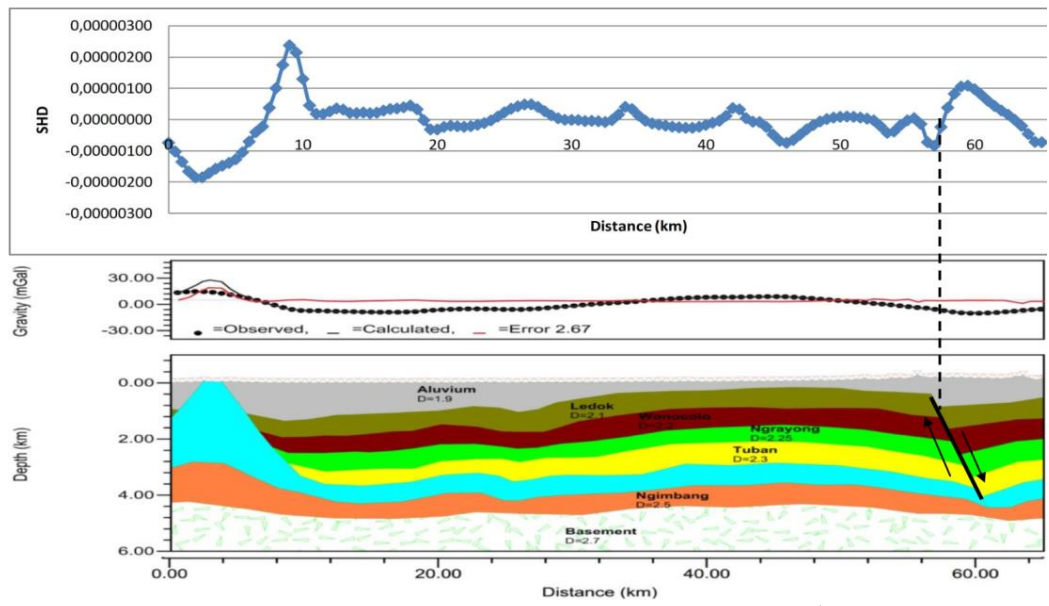
Gambar 6. Peta Pola Tinggian dan Pola Sub-Cekungan



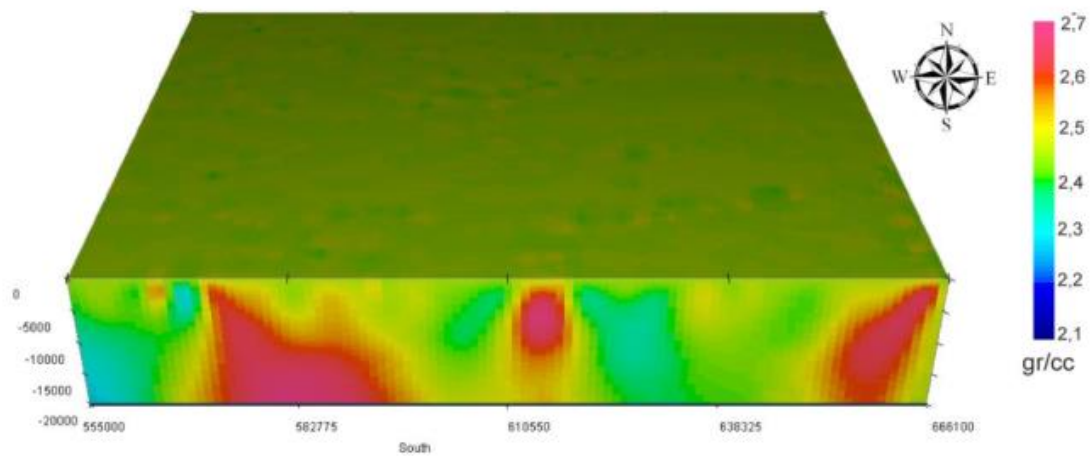
Gambar 7. Pendugaan Patahan dengan *Second Horizontal Derivative*



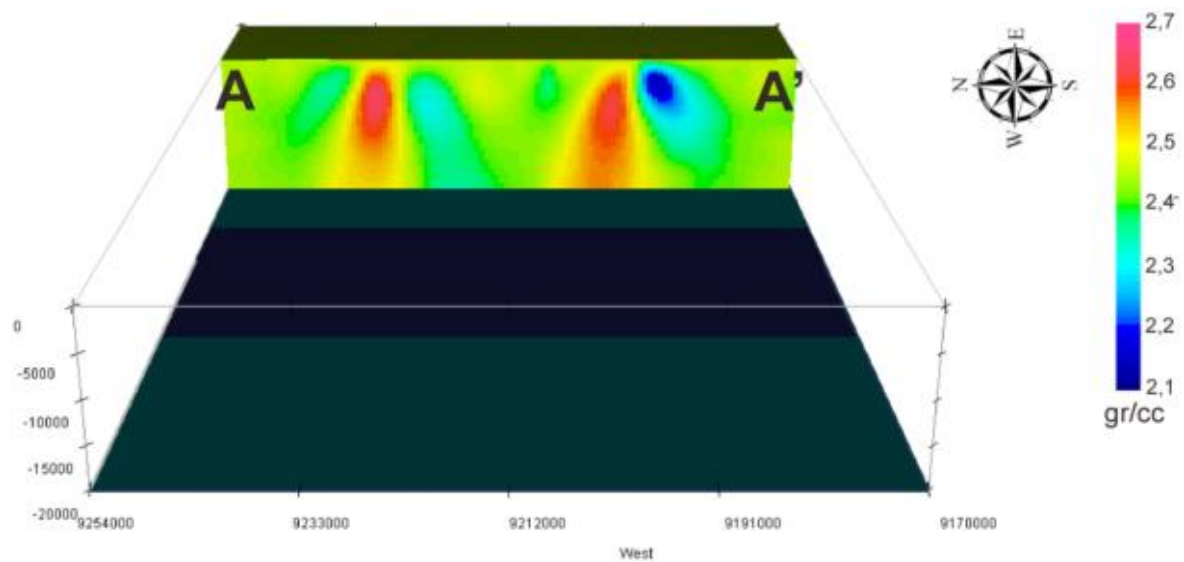
Gambar 8. Pemodelan 2,5D Lintasan 1 (A-A')



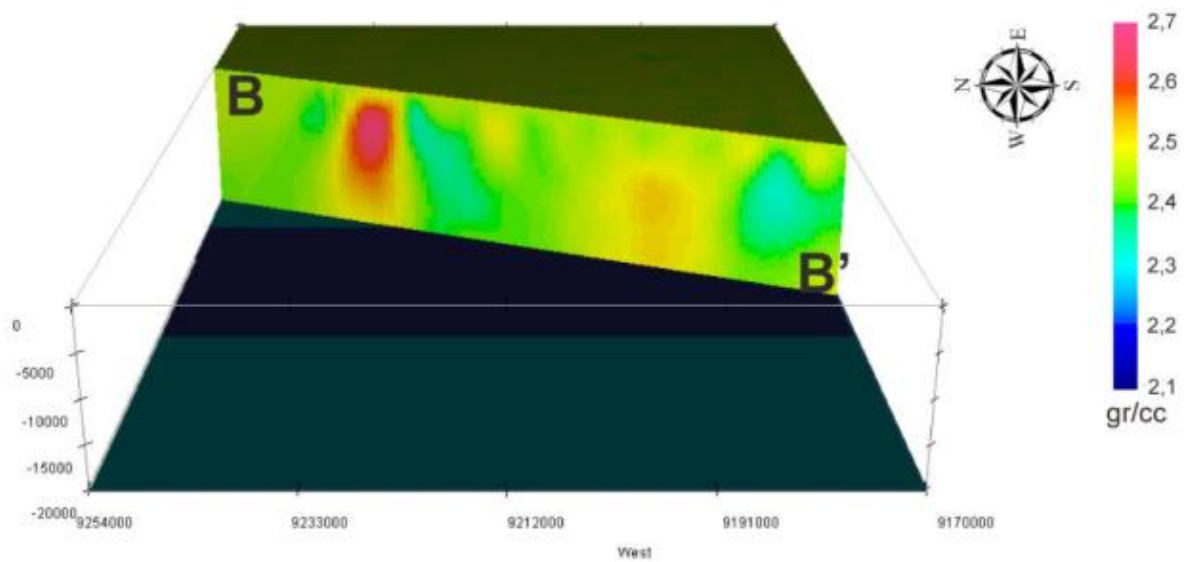
Gambar 9. Pemodelan 2,5D Lintasan 2 (B-B')



Gambar 10. Model Inversi 3D



Gambar 11. Lintasan 1 (A-A') Pada Pemodelan 3D



Gambar 12. Lintasan 2 (B-B') Pada Pemodelan 3D