



Interpretasi Geologi Bawah Permukaan dan Delineasi Cekungan Salawati Wilayah Sorong dan Sekitarnya Berdasarkan Analisis Spektral Serta Pemodelan 2D dan 3D Data Gayaberat

The Geological Subsurface Interpretation and Delineation of the Salawati Basin in Sorong Area and Its Surrounding Based on Spectral Analysis of the 2D and 3D Modelling of Gravity Data

Imam Setiadi¹ dan Marjiyono²

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Balitbang, ESDM

²Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, KESDM

e-mail: setiadi_i@yahoo.com

Naskah diterima : 4 Juli 2018, Revisi terakhir : 20 Agustus 2018 Disetujui : 31 Agustus 2018, Online : 4 September 2018

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.19.3.117-130>

Abstrak- Cekungan Salawati merupakan cekungan sedimen yang telah matang dan hidrokarbon diproduksi sejak tahun 1936. Beberapa lapangan minyak dan gas yang sudah berproduksi berada pada struktur terumbu karbonat dan antiklinal di atasnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk menduga konfigurasi batuan dasar, pola struktur dan mendelineasi subcekungan yang ada di cekungan Salawati dengan harapan dapat memprediksi pusat pengendapan dan ketebalan sedimen di daerah tersebut. Analisis data gayaberat dilakukan menggunakan teknik analisis spektral, filter *high pass/ low pass*, serta pemodelan 2 dan 3 dimensi. Hasil analisis spektral menunjukkan bahwa tebal batuan sedimen rata-rata di daerah penelitian adalah sekitar 3.4 Km, sedangkan subcekungan yang dapat didelineasi adalah 5 (lima) subcekungan sedimen. Dari peta delineasi cekungan sedimen dapat diketahui bahwa daerah yang paling prospek yaitu daerah sekitar Selat Sele yang berupa *basement high* (kemungkinan antiklin yang disuplai dari dua deposenter, yaitu dari Selat Sele dan Klasaman). Pola struktur yang dapat dijumpai dari anomali residual gayaberat berupa tinggian (antiklin), sesar geser dan sesar normal. Hasil pemodelan 2D dan 3D menunjukkan bahwa batuan dasar berupa batuan metamorfik dengan nilai rapat massa 2.85 gr/cc, di atasnya adalah batuan sedimen pra-Tersier dengan nilai rapat massa 2.45 gr/cc, di atasnya adalah batuan sedimen Paleogen dengan nilai rapat massa 2.5 gr/cc, dan paling atas adalah batuan sedimen Neogen dengan nilai rapat massa 2.35 gr/cc. Berdasarkan data dan informasi tersebut, daerah ini menarik untuk diteliti lebih lanjut khususnya mengenai subcekungan sedimen yang menjadikan minyak dan gas bumi dapat dieksploitasi secara ekonomis.

Kata Kunci : Gayaberat, analisis spektral, pemodelan 2D dan 3D data gayaberat, Cekungan Salawati.

Abstract- The Salawati Basin is a matured sedimentary basin and hydrocarbon has been produced since 1936. Several oil and gas fields have been produced in carbonate reefs and anticlinal structures. The purpose of this study to determine basement configuration, structure patterns and to delineate the Salawati Subbasin with expecting to predict depocentre and the thickness of sedimentary rocks in this area. Gravity data analysis was done by using spectral analysis, high-low pass filter, 2D and 3D modeling. The result of spectral analysis shows that the average thickness of sedimentary rocks in this research area is 3.4 Km, and the amount of sedimentary subbasin that can be delineated are five subbasins. The most prospect area is around the Sele Strait as a basement high (possibly anticlinal) supplied from two depocentre from the Sele Strait and Klasaman subbasin. The structure pattern that indicated from residual gravity anomaly shows basement high (anticline), transform fault and normal fault. The 2D and 3D modeling results show that the basement in the research areas are metamorphics with density value 2.85 gr/cc, the layer above basement is pre-Tertiary sedimentary rock with density value 2.45 gr/cc, above the pre-Tertiary sediment is Paleogen sedimentary rock with density value 2.5 gr/cc, the top layer is Neogen sedimentary rock with density value 2.35 gr/cc. Based on the data and information, this area is probable attractive for further investigation, especially regarding sedimentary subbasins that make oil and gas can be exploited economically.

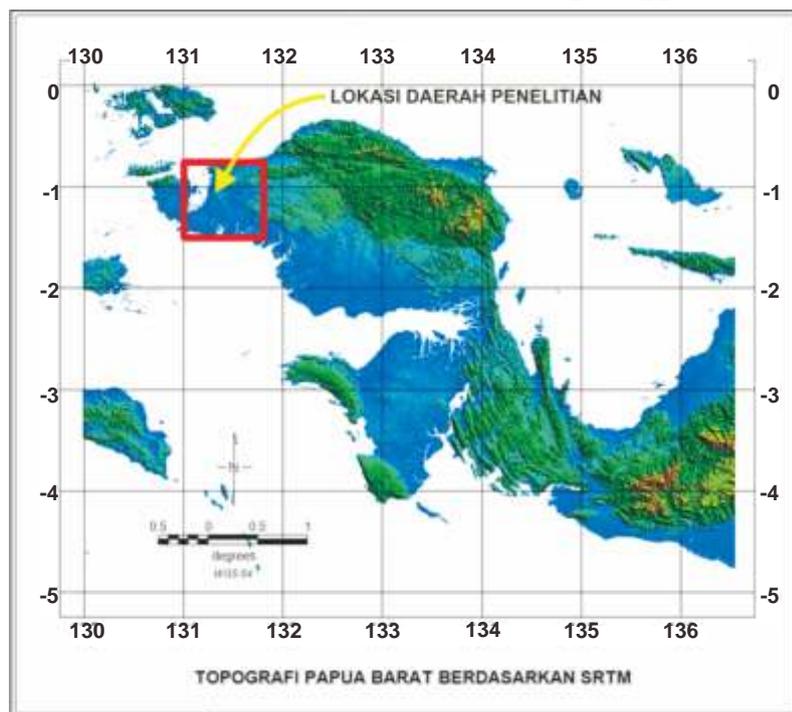
Keywords : Gravity, spectral analysis, 2D and 3D gravity modeling, Salawati Basin

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi yang semakin meningkat perlu segera diatasi dan dicari solusinya, salah satu upaya yang dilakukan yaitu dengan menggiatkan kembali aktivitas eksplorasi pada cekungan yang masih memiliki potensi hidrokarbon. Hingga saat ini, kegiatan eksplorasi dan eksploitasi di daerah Papua Barat, khususnya Cekungan Salawati masih terus dilakukan untuk menambah cadangan dan meningkatkan produksi migas. Penelitian mengenai petroleum sistem, sedimentologi, struktur dan stratigrafi sudah banyak dilakukan Satyana drr. (1999) menyebutkan bahwa struktur patahan dan *noes* mengontrol jalannya migrasi hidrokarbon pada Cekungan Salawati. Model petroleum sistem baru berdasarkan data geokimia menyatakan bahwa serpih yang berasal dari *lower Klasaman* sebagai batuan sumber dari reservoir batupasir Intra Klasaman (Satyana, 2009). Secara geografis cekungan Salawati, bagian utara dibatasi oleh patahan mendatar sesar Sorong yang merupakan batas antara Lempeng Benua Australia dengan Lempeng Samudra Pasifik, di bagian timur dibatasi oleh Paparan Ayamaru, sedangkan di bagian selatan dibatasi oleh pengangkatan Tinggian Misol Onin. Elemen struktur utama Cekungan Salawati adalah sesar Sorong yang membatasi cekungan di sebelah utara (Hamilton, 1979). Sesar ini merupakan sesar mendatar-kanan yang aktif sejak Pliosen Awal. Kandungan hidrokarbon pada cekungan ini tidak terlepas dari mekanisme jebakan hidrokarbon pada

cekungan yang dikontrol oleh sesar-sesar normal sebagai implikasi dari sesar geser Sorong. Dari beberapa aspek tersebut, perlu adanya penelitian berdasarkan tinjauan berbeda untuk mengetahui secara umum penyebaran subcekungan sedimen, kelurusan dan konfigurasi batuan dasar berdasarkan metoda gayaberat (*gravity*). Gayaberat adalah salah satu metoda geofisika yang digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan bumi berdasarkan parameter fisika rapat massa (densitas) batuan. Beberapa penelitian metoda gayaberat diantaranya dilakukan oleh Setiadi, (2017) yaitu deliniasi cekungan sedimen dan konfigurasi batuan dasar Cekungan Banyumas, Ningrum, drr (2011) mengaplikasikan metoda gayaberat untuk mengidentifikasi struktur prospek hidrokarbon pada Cekungan Melawai-Ketungau. Zahra and Oweis (2016), menggunakan *highpass filter* pada data gayaberat dan geomagnetik untuk mendapatkan anomali panjang gelombang pendek yang berhubungan dengan sumber anomali dangkal.

Penelitian ini akan membahas aplikasi metoda gayaberat untuk mendelineasi subcekungan sedimen, pola struktur dan kelurusan yang terlihat dari hasil analisis filtering gayaberat, serta konfigurasi batuan dasar yang terlihat dari hasil pemodelan 2D ataupun 3D, dikaitkan dengan informasi geologi yang terdapat pada Cekungan Salawati. Lokasi daerah penelitian berada pada koordinat 131° - 131.8° BT dan 0.75° - 1.5° LS seperti terlihat pada Gambar 1. Lokasi penelitian meliputi wilayah Sorong, Makbon, Aimas, Klamono, Kasim, Seget hingga daerah Segun.



Gambar 1. Lokasi penelitian di daerah Cekungan Salawati wilayah Sorong dan sekitarnya

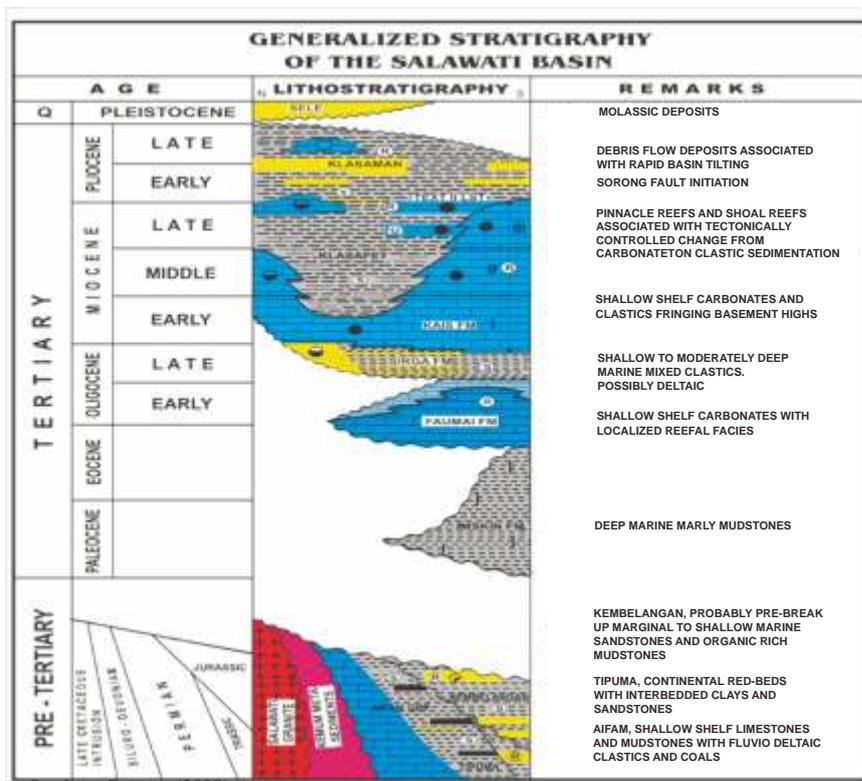
GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Indonesia bagian timur secara tektonik dikontrol oleh interaksi tiga lempeng yaitu Lempeng Indo-Australia, Eurasia dan Lempeng Pasifik. Aktivitas ini mengakibatkan terjadinya deformasi tektonik di daerah Kepala Burung, Papua. Lempeng Benua Indo-Australia yang bergerak ke arah utara sebagai *passive margin* bertemu dengan Lempeng Samudera Pasifik yang bergerak relatif ke arah barat sejak kala Miosen Tengah telah mengakibatkan berkembangnya sesar mendatar Sinistral Sorong (Hamilton, 1979). Adanya interaksi pergerakan antar Lempeng Australia dan Samudera Pasifik menyebabkan terjadinya pergerakan mendatar Sesar Sorong yang diduga sebagai salah satu penyebab terbentuknya Cekungan Salawati. Charlton (2000) menyatakan bahwa adanya rotasi berlawanan arah jarum jam pada Kepala Burung yang terjadi sekitar 5 juta tahun yang lalu, memberikan asumsi bahwa terdapat struktur aktif pada daerah ini dan menjelaskan bahwa pergerakan Lempeng Pasifik terhadap Lempeng barat laut Australia masih aktif hingga saat ini. Zona Sesar Sorong merupakan struktur muda yang berkembang di bagian utara Papua memanjang dari bagian timur hingga barat Kepala Burung. Zona tersebut merupakan struktur yang berpengaruh terhadap pembentukan Cekungan Salawati yang

berkaitan dengan rotasi Kepala Burung serta rotasi Pulau Salawati dari Kepala Burung, sehingga rotasi yang terjadi di Kepala Burung kemungkinan berkaitan dengan aktifnya Zona Sesar Sorong (Riadini, 2009).

Stratigrafi Cekungan Salawati

Cekungan Salawati mencatat sejarah stratigrafi dari umur Paleozoikum hingga Plistosen. Batuan tertua pada Cekungan Salawati berumur Silur-Devon yaitu Formasi Kemum (*metasediments-metamorphics*) yang tersusun sebagai batuan dasar basement. Di atas basement terdapat batuan karbonat berumur Perem, yaitu Formasi Aifam dan batuan sedimen berumur Mesozoikum (Formasi Tipuma dan Kelompok Kembelangan) yang tersebar di daerah bagian Selatan. Sedimentasi Tersier dimulai pada Eosen akhir Oligosen awal, yaitu adanya pengendapan transgresif karbonat Formasi Waripi, Faumai dan Sirga. Reef karbonat yang tebal pada Formasi Kais berkembang selama umur Miosen. Bersamaan dengan pengendapan karbonat Formasi Kais, adalah pengendapan *lagoonal* Klasafet pada umur Miosen berupa serpih. Serpih Formasi Klasaman yang berumur Pliosen dan batupasir merupakan lapisan tertebal dan termuda pada Tersier. Stratigrafi Cekungan Salawati (Satyana, 2008) secara lebih lengkap dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Stratigrafi Cekungan Salawati, Papua

Petroleum System Cekungan Salawati

Batuan sumber (*source rock*) Cekungan Salawati berasal dari batulempung dan serpih Formasi Klasafet, batugamping Formasi Kais, serta batulempung dan serpih Formasi Klasaman Awal. Formasi yang diperhitungkan menghasilkan hidrokarbon adalah Formasi Kais. Hidrokarbon yang terakumulasi pada Formasi Kais, selain berasal dari Formasi Kais itu sendiri, juga berasal dari Formasi Klasafet dan Formasi Klasaman. Batuan reservoir lainnya adalah Formasi Klasafet yang berumur Miosen Akhir. Cebakan hidrokarbon pada Cekungan Salawati terdapat pada Formasi Kais berupa kompleks terumbu karbonat dan karbonat paparan yang tersesarkan (Satyana, 2003). Batuan penutup (*seal rock*) berupa serpih karbonat Formasi Klasafet dan batugamping kristalin Formasi Kais. Secara umum petroleum system Cekungan Salawati dapat dilihat pada Gambar 3. Batuan sedimen pra-Tersier menjadi batuan yang potensial untuk diteliti dimasa yang akan datang yaitu, Formasi Aifam dan Kembelangan.

METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan adalah data hasil survei gayaberat daerah Sorong dan sekitarnya yang termasuk dalam wilayah Cekungan Salawati. Data ini diambil oleh Tim survei gayaberat Pusat Survei Geologi, Badan Geologi tahun 2015. Alat yang digunakan adalah Gravimeter Lacoste & Romberg, untuk mengukur posisi serta ketinggian digunakan GPS differensial Leica.

Metodologi yang digunakan yaitu menganalisis data gayaberat dengan menggunakan konstrain informasi geologi daerah penelitian. Analisis yang digunakan terhadap data gayaberat diantaranya analisis spektral untuk mengestimasi lebar jendela dan kedalaman sumber anomali serta untuk *filtering* menggunakan *Highpass-Lowpass filter* dan *Second Vertical Derivatif (SVD)*. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan 2D *forward modelling* dan 3D *Inverse modelling*. Diagram alir penelitian secara lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4. Pada metode gayaberat, spektrum diturunkan dari potensial gayaberat yang teramati pada suatu bidang horizontal (Blakely, 1996), dimana transformasi Fouriernya sebagai berikut :

$$F(G_z) = 2 G_m e^{-k|z_0-z_1|}, z_1 > z_0$$

$$A = C e^{-k|z_0-z_1|}$$

$$\ln A = \ln 2 G_m e^{-k|z_0-z_1|},$$

$$\ln A = (z_0 - z_1) |k| + \ln c$$

Persamaan di atas dapat dianalogikan dalam persamaan garis lurus:

$$y = mx + c$$

dimana $\ln A$ sebagai sumbu y, $|k|$ sebagai sumbu x, dan $(z_0 - z_1)$ sebagai kemiringan garis (gradien). Oleh karena itu, kemiringan garisnya merupakan kedalaman bidang dalam dan dangkal. $|k|$ sebagai sumbu x didefinisikan sebagai bilangan gelombang yang besarnya $\frac{2}{\lambda}$ dan satuannya cycle/meter, dengan λ adalah panjang gelombang. Lebar jendela dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$N = \frac{2}{k_c \cdot \lambda}$$

Analisis SVD atau turunan tegak kedua pada interpretasi gayaberat dipopulerkan oleh Elkins (1951). Ide metode ini adalah mengambil nilai turunan kedua nilai anomali bouguer untuk nilai (0) pada anomali SVD adalah 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 :

$$\left| \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \right|_{max} < \left| \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \right|_{min}$$

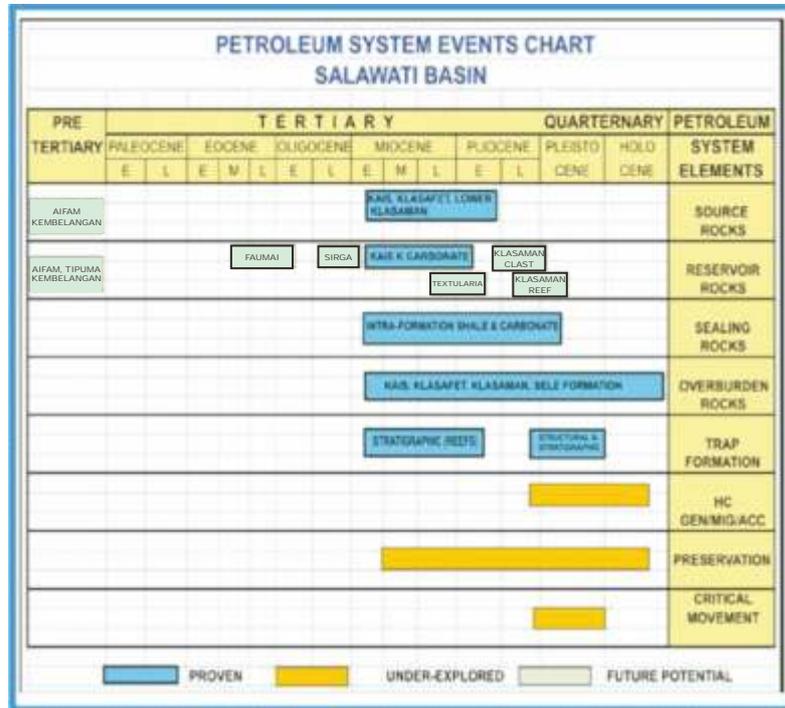
Sedangkan untuk sesar turun :

$$\left| \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \right|_{max} > \left| \frac{\partial^2 g}{\partial z^2} \right|_{min}$$

Pemodelan ke depan (*forward modelling*) untuk menghitung efek gayaberat model benda bawah permukaan dengan penampang berbentuk sembarang yang dapat diwakili oleh suatu poligon berisi n dinyatakan sebagai integral garis sepanjang sisi-sisi poligon (Talwani dr., 1959), nilai densitas yang digunakan untuk pembuatan model bawah permukaan pada forward modelling 2D ini adalah berdasarkan referensi dari (Telford, dkk., 1990). Pemodelan inversi (*invers modeling*) dilakukan dengan mengoptimalkan pendekatan *Singular Value Decomposition* pada anomali gayaberat, teknik ini berbasis pada teknik inversi linier. *Singular Value Decomposition (SVD)* adalah suatu metoda pemfaktoran matriks yang berkaitan erat dengan nilai singular dari matriksnya, dimana merupakan salah satu teknikanalisis numerik yang cukup terkenal dalam mendiagonalkan suatu matriks. Hasil dari pemodelan inversi ini adalah

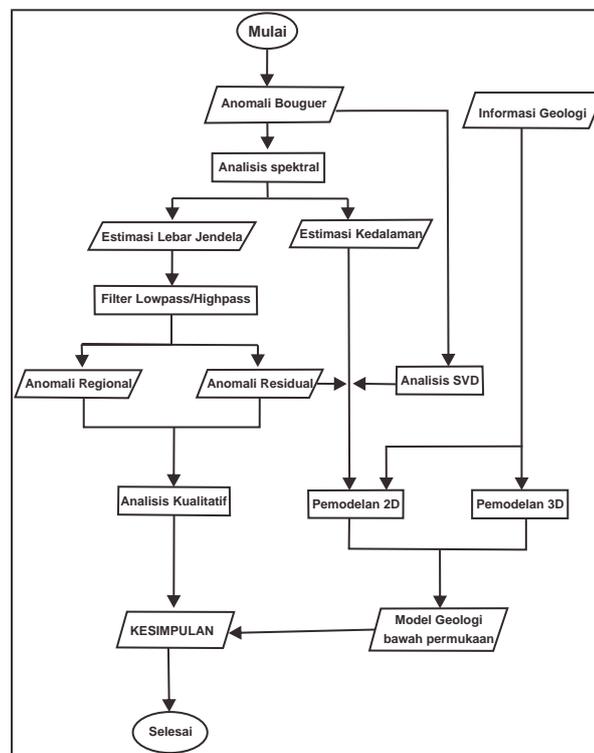
distribusi rapat massa (densitas) batuan dalam tiga dimensi. Hasil pemodelan inversi 3D ini akan memberikan gambaran bawah permukaan secara lebih jelas mengenai kondisi bawah permukaan berdasarkan distribusi rapat massa daerah penelitian dan juga

memperkuat informasi model bawah permukaan yang diperoleh dari hasil pemodelan 2D. Pemodelan inversi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *GravBlok* (Pirttijarvi, 2008), yang selanjutnya diplot dengan menggunakan matlab.



Sumber : Satyana (2003)

Gambar 3. Petroleum system Cekungan Salawati



Gambar 4. Diagram alir penelitian cekungan Salawati menggunakan metoda gayaberat

HASIL DAN PEMBAHASAN

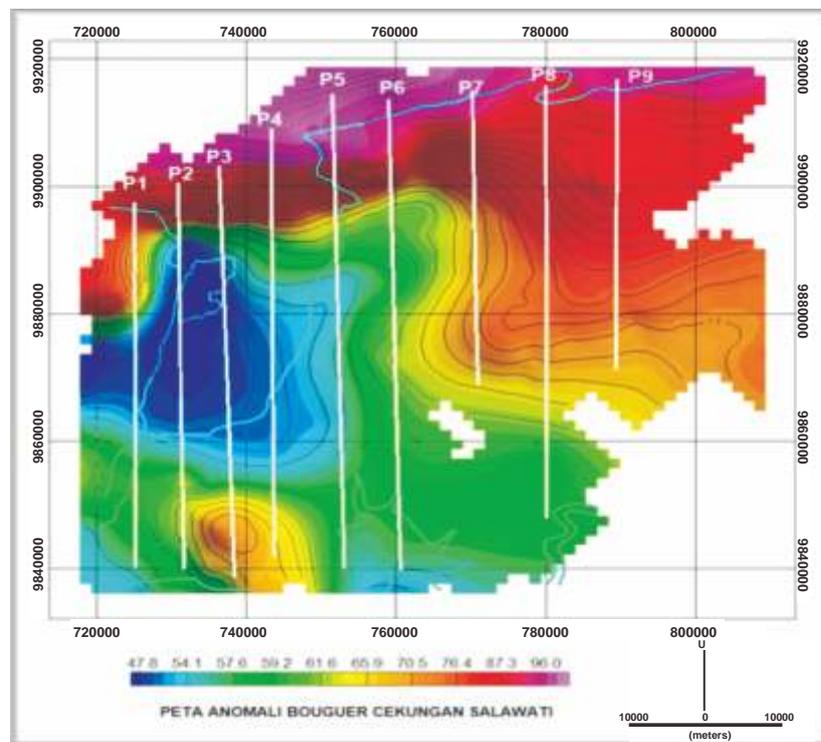
Anomali Bouguer

Hasil peta Anomali Bouguer seperti terlihat pada Gambar 5, menunjukkan bahwa rentang nilai anomali berkisar antara 43 mGal hingga 101 mGal. Anomali tersebut merupakan respon variasi rapat massa. Anomali Bouguer tersebut dikelompokkan menjadi 3 (tiga) bagian, yaitu anomali rendah dengan kisaran nilai anomali antara (43 – 56) mGal, menempati daerah bagian sebelah Barat tepatnya di sekitar Selat Sele. Anomali ini diinterpretasikan sebagai batuan sedimen yang cukup tebal, yang berada di daerah tersebut. Anomali sedang, ini mempunyai rentang anomali antara (56 – 70) mGal. Anomali ini tersebar pada bagian tengah, timur dan selatan, anomali ini diduga sebagai tepian cekungan yang membatasi subcekungan satu dengan yang lainnya. Yang ketiga adalah anomali tinggi dengan kisaran nilai anomali antara (70 – 101) mGal, anomali ini berada pada bagian utara daerah penelitian, mencerminkan adanya batuan dengan densitas. Anomali tinggi ini kemungkinan disebabkan adanya batuan dasar yang terangkat ke atas sebagai akibat aktifnya Sesar Sorong dan pengaruh batuan kerak samudera sebagai akibat adanya subduksi dari Samudra Pasifik yang bergerak dari arah utara ke arah selatan-barat. Hasil peta anomali Bouguer tersebut belum dapat

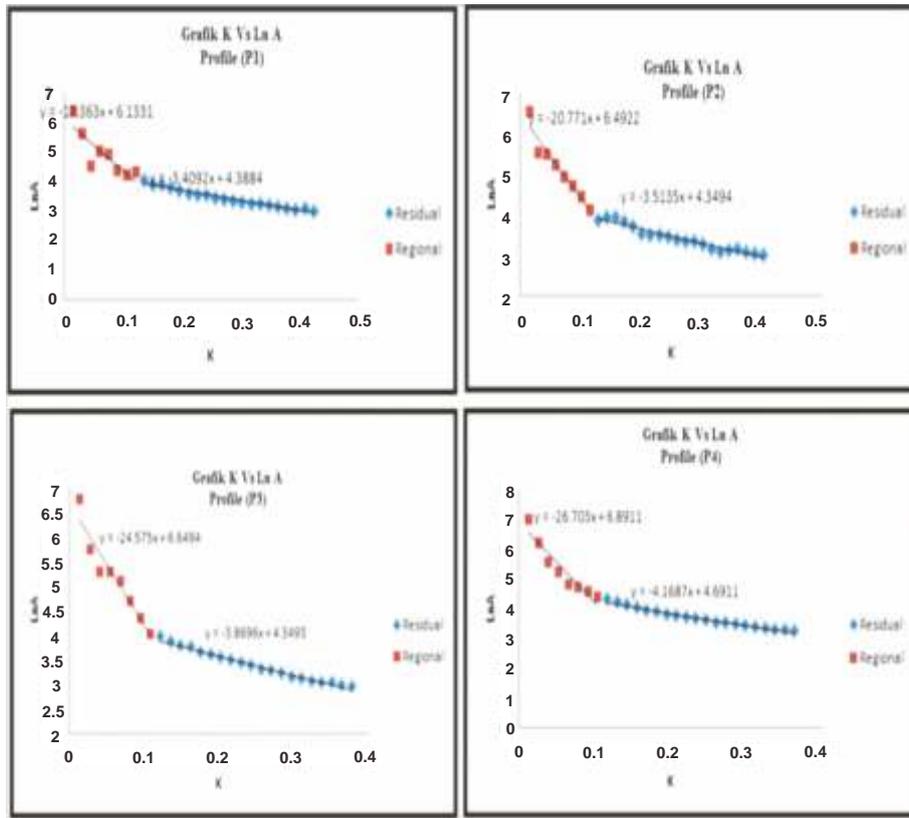
menggambarkan kondisi struktur lokal daerah penelitian karena Anomali Bouguer merupakan gabungan antara anomali lokal dan anomali regional. Untuk itu perlu dilakukan pemisahan anomali lokal dan residual dengan melakukan analisis spektral terlebih dahulu.

Analisis Spektral

Analisis spektral bertujuan untuk mengestimasi kedalaman batuan dasar dan untuk mengetahui lebar jendela optimum yang digunakan pada proses penapisan (*filtering*). Penampang lintasan untuk analisis spektral dapat dilihat pada Gambar 5, sedangkan grafik contoh hasil analisis spektral dapat dilihat pada Gambar 6, yang memperlihatkan ada dua *slope* (kemiringan) kedalaman bidang diskontinuitas dangkal dan dalam. Hasil selengkapnya proses analisis spektral dapat dilihat pada Tabel 1. Dari tabel terlihat bahwa kedalaman rata-rata bidang diskontinuitas dalam daerah penelitian adalah 19.8 Km, yang diduga sebagai kedalaman bidang diskontinuitas kerak bawah. Di lain pihak kedalaman rata-rata bidang diskontinuitas dangkal adalah 3.4 Km, diinterpretasikan sebagai kedalaman rata-rata batuan dasar (*basement*) daerah penelitian. Lebar jendela optimum hasil analisis spektral pada daerah ini adalah $N=11$, lebar jendela ini yang digunakan untuk filter (*highpass filter*) anomali residual yaitu (40x40) Km.



Gambar 5. Peta anomali Bouguer dan Penampang Analisis spektral Cekungan Salawati



Gambar 6. Grafik hasil analisis spektral contoh penampang P1-P4 Cekungan Salawati.

Tabel 1. Kedalaman bidang diskontinuitas dalam (regional), dangkal (residual), bilangan gelombang *cutoff* (Kc), dan lebar jendela (N)

No	Penampang	Regional (KM)	Residual (KM)	Kc	N
1	P1	17.36	3.41	0.14	11.21
2	P2	20.77	3.51	0.13	12.07
3	P3	24.57	3.87	0.12	12.97
4	P4	26.7	4.17	0.11	13.65
5	P5	19.15	3.55	0.15	10.46
6	P6	21.19	3.63	0.12	12.76
7	P7	16.48	2.5	0.14	11.06
8	P8	18.67	3.38	0.13	12.26
9	P9	13.67	2.53	0.15	10.26
RATA-RATA		19.84	3.39	0.13	11.86

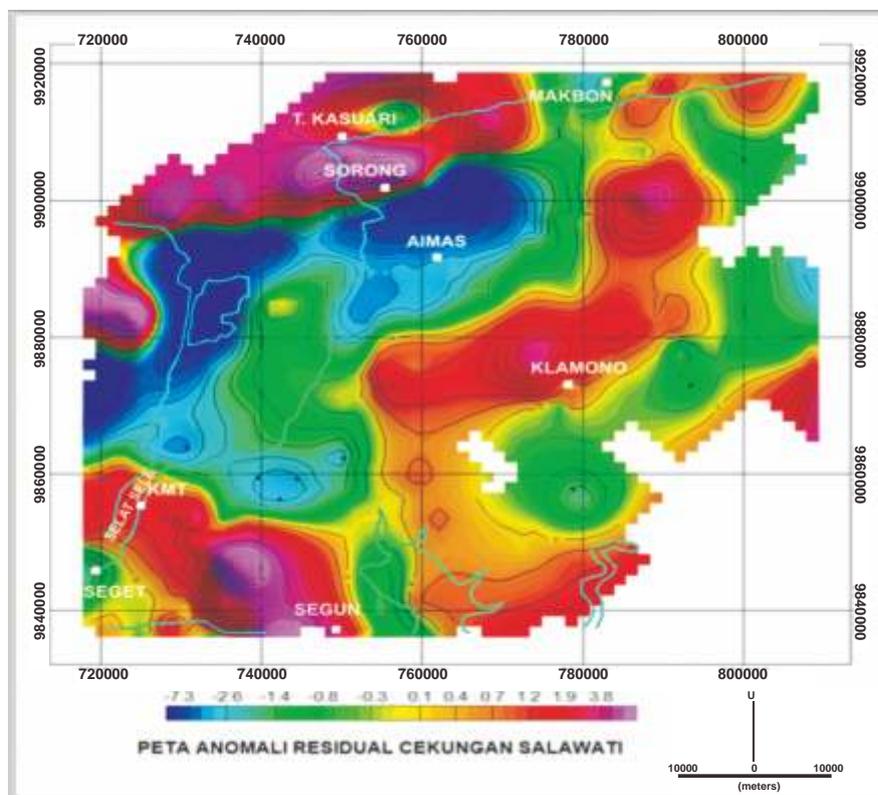
Anomali Residual

Peta anomali residual Cekungan Salawati berdasarkan *highpass filter* dengan lebar jendela (40 Km x 40 Km) dapat dilihat pada Gambar 7. Dari gambar tersebut terlihat bahwa nilai rentang anomali berkisar antara (-7 hingga 4) mGal, yang selanjutnya dikelompokkan menjadi dua anomali yang berbeda yaitu anomali tinggi (warna merah) dan anomali rendah (warna biru). Anomali tinggi terlihat di bagian utara, timur dan selatan. Anomali tinggi di bagian utara yaitu di daerah Sorong, Tanjung Kasuari memanjang timur barat kemungkinan disebabkan pengaruh batuan kerak samudra dan *basemen* Formasi Kemum, terdiri dari batuan metamorfik, terangkat hingga permukaan menimbulkan respon anomali tinggi terhadap nilai gayaberat. Anomali tinggi di bagian timur dan selatan daerah penelitian, yaitu pada daerah Klamono, Kasim dan Segun diduga karena adanya tinggian basement (*basement high*), diinterpretasikan sebagai basement metamorfik dan Australian *Continental granitics*. Hal ini menyebabkan muncul struktur antiklinal di bagian selatan dan timur yang kemungkinan sebagai struktur potensi hidrokarbon. Anomali rendah secara umum mendominasi sebelah tengah daerah penelitian, kemungkinan karena adanya batuan sedimen cukup tebal. Anomali rendah tersebar di daerah sekitar Selat

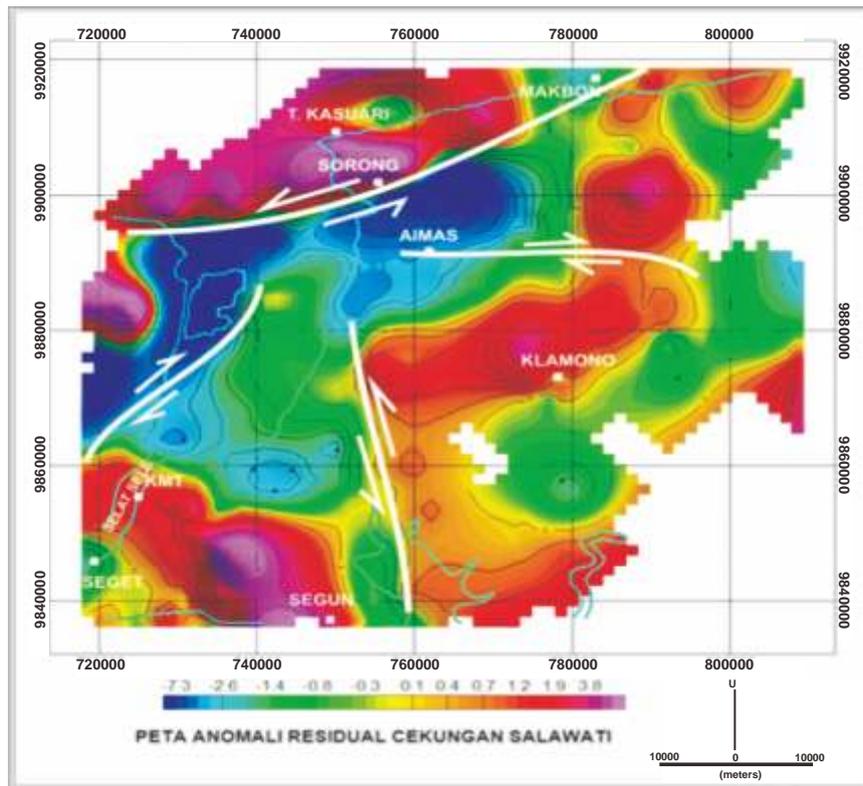
Sele, yang diduga sebagai deposenter cekungan sedimen.

Interpretasi Kualitatif

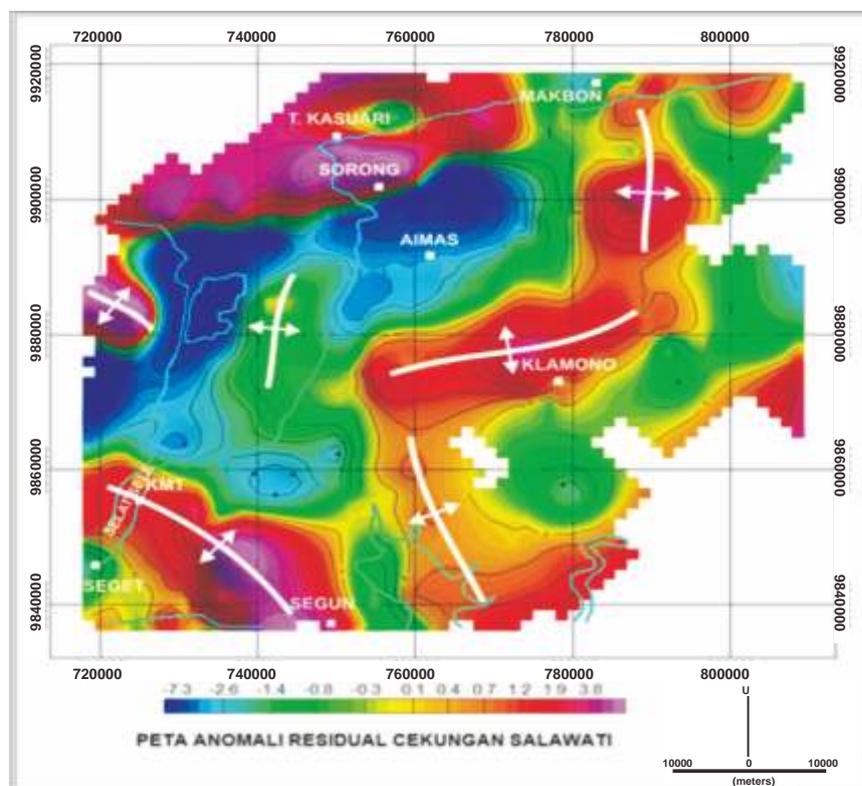
Interpretasi kualitatif bertujuan untuk mengetahui perubahan anomali secara lateral berdasarkan hasil anomali residual. Interpretasi kualitatif ini biasanya untuk mengetahui pola struktur, tinggian dan delineasi cekungan seperti terlihat pada Gambar 8, 9 dan 10. Pola struktur yang ditarik dari anomali residual dapat dilihat pada Gambar 9, terlihat bahwa sesar utama mempunyai arah relatif timur-barat, kemungkinan disebabkan karena dorongan dari arah timurlaut, yaitu dari Lempeng Pasifik. Sesar dengan arah relatif utara-selatan kemungkinan disebabkan karena pengaruh Busur Banda yang mendorong ke arah utara. Pola tinggian berarah relatif timur-barat dan utara-selatan seperti ditunjukkan pada Gambar 9, kemungkinan sebagai cebakan hidrokarbon yang disuplai dari deposenter di sekitarnya. Gambar 10 memperlihatkan pola sebaran sub cekungan sedimen di Cekungan Salawati, Sorong dan sekitarnya, nampak bahwa jumlah cekungan sedimen yang dapat ditentukan adalah 5 (lima) subcekungan. Dari 5 (lima) sub cekungan tersebut, terdapat 2 (dua) subcekungan sedimen cukup tebal yang berada di sekitar Selat Sele dan Klasaman.



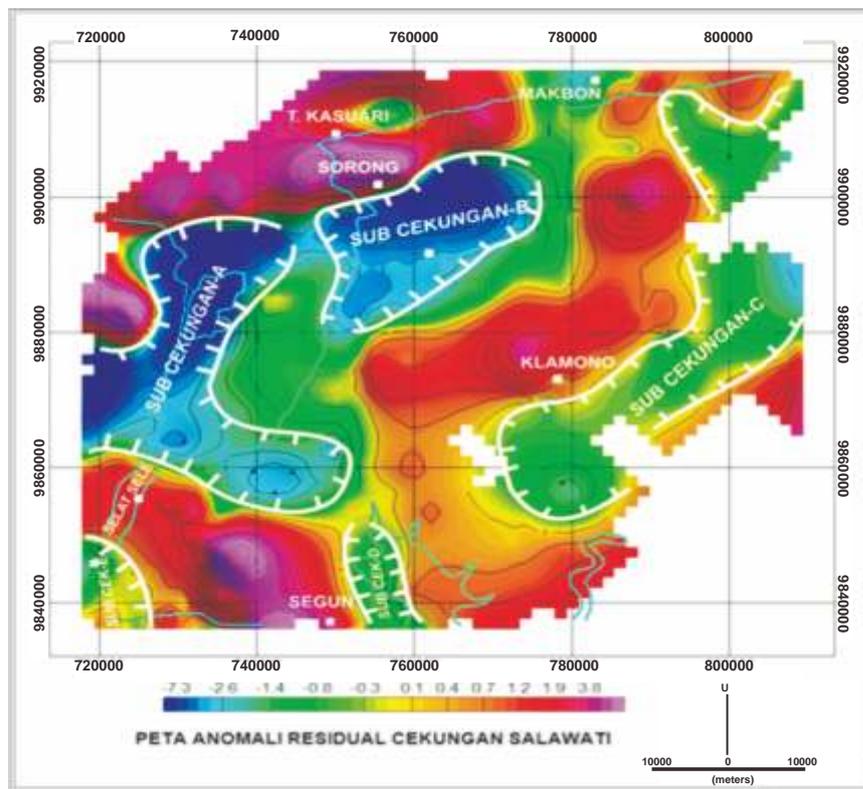
Gambar 7. Peta anomali residual Cekungan Salawati berdasarkan *highpass filter* lebar jendela (40 Km x 40 Km)



Gambar 8. Pola kelurusan/struktur yang ditarik dari anomali residual Cekungan Salawati



Gambar 9. Pola tinggian yang ditarik dari anomali residual Cekungan Salawati

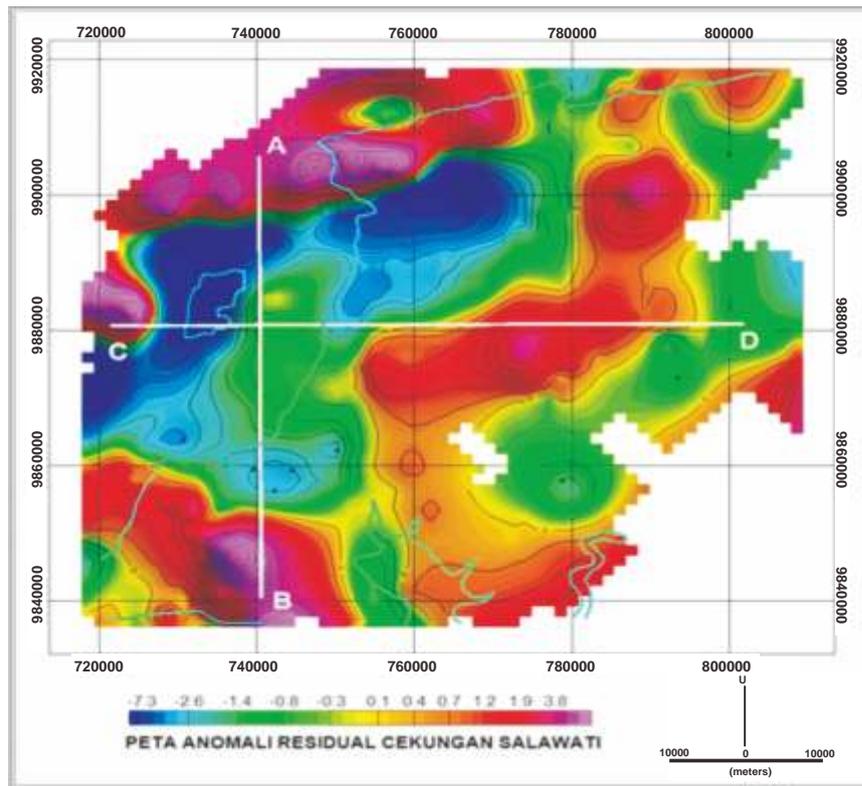


Gambar 10. Pola delineasi subcekungan yang ditarik dari anomali residual Cekungan Salawati

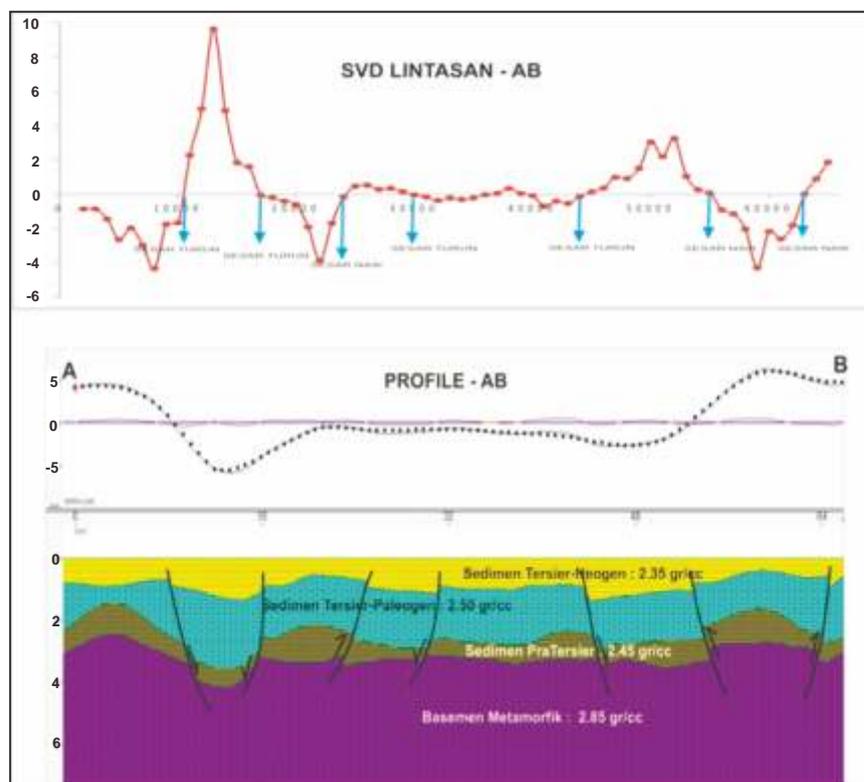
Interpretasi Kuantitatif

Interpretasi kuantitatif bertujuan untuk mengetahui model geologi bawah permukaan, yang meliputi dimensi atau ukuran model, jenis batuan penyusun yang dibuat berdasarkan parameter fisika rapat massa (densitas) batuan. Hasil interpretasi kuantitatif dapat mengetahui kedalaman batuan dasar serta komposisi batuan sedimen yang berada di atasnya. Pembuatan model 2D mengikuti arah penampang seperti terlihat pada Gambar 11. Model 2D geologi bawah permukaan penampang AB dan CD masing-masing dapat dilihat pada Gambar 12 dan 13. Dari gambar tersebut terlihat bahwa model lapisan pertama diinterpretasikan sebagai batuan Tersier-Neogen dengan nilai rapat massa 2.35 gr/cc. Lapisan ini merupakan gabungan dari Formasi Sele, Klasaman dan Klasafet, yang terdiri atas batu lumpur, batupasir, serpih, napal dan gampingan. Di bawahnya adalah batuan sedimen Paleogen dengan nilai rapat massa 2.5 gr/cc, yang merupakan gabungan dari batugamping Formasi Sirga, Faumai dan Waripi. Di bawahnya lagi adalah batuan sedimen pra-Tersier, dengan nilai rapat massa 2.45 gr/cc, diduga sebagai Formasi Aifam yang terdiri dari batupasir kuarsa, batulumpur, batugamping lempungan, serpih dan konglomerat (Amri dr., 1990). Yang paling bawah sebagai *basement* adalah batuan malihan dengan nilai rapat massa 2.85 gr/cc.

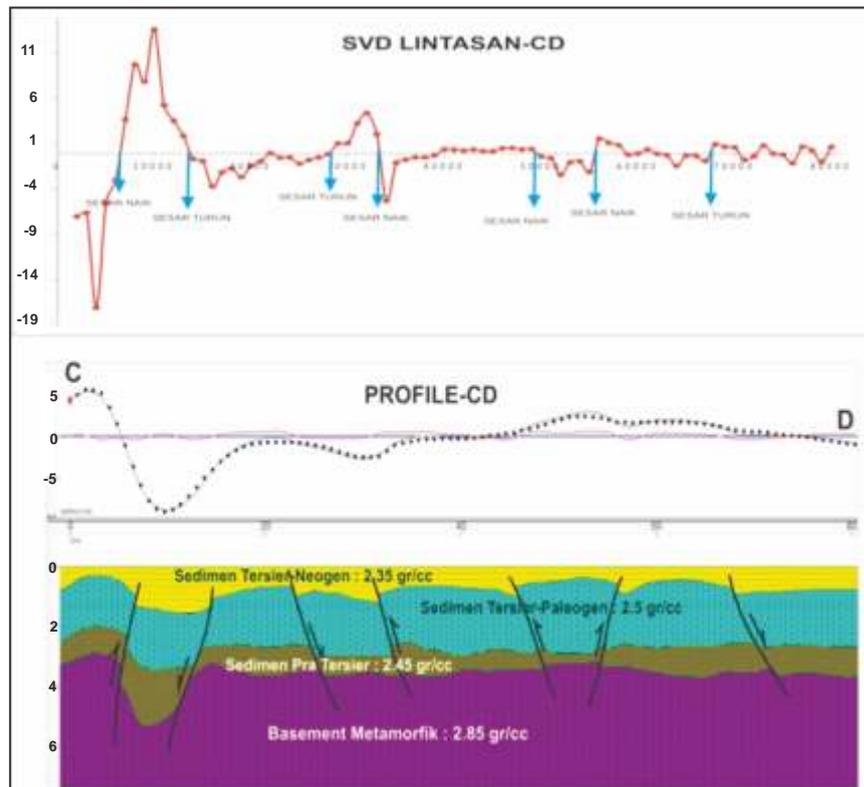
Pemodelan inversi 3D dilakukan dengan menggunakan program *Grablog* dan untuk plotting menggunakan *Matlab*. Model 3D mampu memberikan informasi yang lebih jelas terhadap target penelitian. Model 3D hasil inversi *Grablog* dapat dilihat pada Gambar 14. Gambar 14a adalah plotting hasil inversi 3D dengan nilai rentang rapat massa (densitas) berkisar antara 2.3 hingga 3.0 gr/cc. Dari gambar ini terlihat bahwa batuan dasar (*basement*) dengan nilai densitas 2.85 berada di kedalaman sekitar 3.4 Km. Gambar 14b adalah gambaran bawah permukaan penampang AB hasil inversi 3D, terlihat adanya cekungan di sebelah utara yang dibatasi oleh tinggian yang berada di Selat Sele dan Cekungan di daerah Sekitar Kasim di bagian Selatan. Selain cekungan, juga terlihat adanya struktur sesar naik dan turun yang mengontrol terbentuknya cekungan tersebut. Gambar 14b memperlihatkan gambaran bawah permukaan penampang CD berarah timur-barat, terlihat adanya pola cekungan yang dibatasi oleh struktur sesar dan tinggian. Secara umum kelebihan pemodelan 3D, selain untuk memperkuat hasil pemodelan 2D, adalah untuk mengetahui struktur yang berkembang di daerah penelitian dan mengetahui kedalaman depositer dari subcekungan yang ada di Cekungan Salawati.



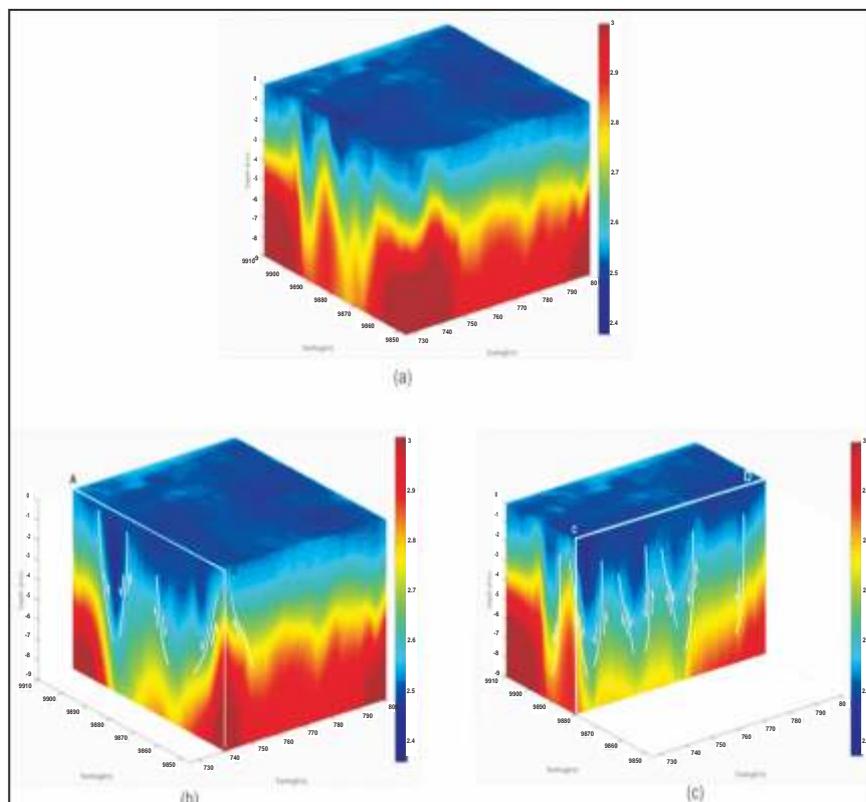
Gambar 11. Penampang pemodelan dari anomali residual Cekungan Salawati.



Gambar 12. Model 2D geologi bawah permukaan penampang AB Cekungan Salawati.



Gambar 13. Model 2D geologi bawah permukaan penampang CD Cekungan Salawati.



Gambar 14. (a) Model 3D hasil inversi, (b) model 3D sejajar penampang AB, (c) model 3D sejajar penampang CD Cekungan Salawati.

KESIMPULAN

Pola struktur yang muncul pada analisis anomali residual berarah relatif timurlaut-baratdaya, kemungkinan disebabkan pola Subduksi Pasifik tertahan oleh aktifitas tektonik Busur Banda. Hasil analisis spektral menunjukkan bahwa kedalaman batuan dasar rata-rata Cekungan Salawati adalah sekitar 3.4 Km. Jumlah subcekungan yang didelineasi dari analisis data gayaberat sebanyak 5 (lima) subcekungan. Batuan dasar (*basement*) hasil pemodelan gayaberat adalah batuan metamorfik dengan nilai rapat massa 2.85 gr/cc. Terdapat struktur tinggain di sekitar Selat Sele yang menarik untuk diteliti lebih lanjut, karena dikelilingi oleh beberapa deposenter cekungan sedimen yang cukup tebal.

ACUAN

- Amri C.H., Sanyoto,P., Hamonangan,B., Supriyatna,S., Simanjuntak,W., Pieters,PE., 1990. *Peta Geologi Lembar Sorong*, Irian Jaya, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- Blakely, R. J., 1996. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Charlton, T.R., 2000. *Tertiary Evolution of the Eastern Indonesia Collisional Complex*. J. Asian Earth, Sci. 18.
- Elkins, T.A., 1951. The Second Derivatif Method of Gravity Interpretation, *Geophysics*, v.23, h.97 -127
- Hamilton, W., 1979. *Tectonic of the Indonesia Region*, US Geological Survey Professional Papers, 1078.
- Ningrum, T., Kadir, W. G. A., Alawiyah, S., 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.
- Pirttjarvi, 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 ofOulu. Finlandia.
- Riadini, P., 2009. Kinematika Sesar Sorong sebagai implikasi terhadap evolusi struktur daerah Seram, Misool dan Cekungan Salawati, *Thesis Magister Teknik Geologi ITB*, Bandung.
- Sarkowi, M., 2010. Identifikasi Struktur Daerah Panasbumi Ulubelu Berdasarkan Analisa Data SVD Anomali Bouguer. *Jurnal Sains MIPA* :111-118.
- Satyana, A.H., 2009. *Emergence of New Petroleum System in The Mature Salawati Basin : Keys From Geochemical Biomarker*. Proceedings, Indonesian Petroleum Association, Thirty-Third Annual Convention & Exhibiton May 2009.
- Satyana, A.H., Salim, Y., and Demarest, Jim D., 1999. *Significance of Focused Hydrocarbon Migration in the Salawati Basin : Controls of Fault and Structural Noses*. Proceedings, Indonesian Petroleum Association, Twenty Seventh Annual Convention & Exhibiton October 1999.
- Satyana, A.H., 2003. *Re-evaluation of the sedimentology and evaluation of the Kais Carbonate Platform, Salawati Basin, Eastern Indonesia : Exploration significance*. Proceedings, Indonesian Petroleum Association, Twenty-ninth Annual Convention & Exhibition, October 2003
- Satyana, A.H., 2008. *Aromatic Methylphenanthrene Biomarker and Maturity of Oils Keys to Identifying New Active Source Rocks in the Salawati Basin, Indonesia*. AAPG International conference & exhibition, October 26-29, 2008, Cape Town, South Africa.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian geofisika lebih lanjut di sekitar sub-cekungan yang telah didelineasi dengan melakukan penelitian metoda geofisika yang lebih detail seperti metoda Seismik 3D, Pasif *Passive* Seismik Tomografi (PST) dan *Magnetotelluric* (MT) dari tinjauan parameter fisiks yang berbeda untuk mengetahui pola struktur dan keberadaan fluida pada subcekungan tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Asep K.Permana, M.Sc. atas arahannya, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Pak Januar dan Ibu Zulimatul atas diskusi selama di lapangan.

- Setiadi, I., 2017. Basement Configuration and Delineation of Banyumas Subbasin Based On Gravity Data analysis, *Jurnal Geologi dan Sumber Daya Mineral*, Vol. 18 N0.2, Mei 2017, hal. 67 - 76
- Talwani, M., Worzel, J. L., and Landisman, M., 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., Sheriff, R. E., and Keys. D. A., 1990, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Zahra, H.S. and Oweis, H.T., 2016. Application of high-pass filtering techniques on gravity and magnetic data of the eastern Qattara Depression area, Western Desert, Egypt. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, 5 (1):s 106 -123. <http://doi.org/10.1016/j.nrjag.2016.01.005>
-