

INTERPRETASI GEOLOGI BERDASARKAN ANALISIS DATA GAYABERAT MENGGUNAKAN FILTER OPTIMUM UPWARD CONTINUATION DAN PEMODELAN 3D INVERSI (STUDI KASUS: CEKUNGAN AKIMEUGAH SELATAN, LAUT ARAFURA)

GEOLOGICAL INTERPRETATION BASED ON GRAVITY ANALYSIS USING OPTIMUM UPWARD CONTINUATION AND 3D INVERSION MODEL FILTERS (CASE STUDY: SOUTH AKIMEUGAH BASIN, ARAFURA SEA)

Imam Setiadi, Catur Purwanto, Dida Kusnida, Yulinar Firdaus

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Balitbang ESDM, Jl. Dr. Junjuran No.236, Bandung
Email : setiadi_i@yahoo.com

Diterima : 20-02-2019, Disetujui : 08-05-2019

ABSTRAK

Cekungan Akimeugah terletak pada paparan Laut Arafura yang merupakan bagian dari *passive margin* yang berasosiasi dengan cekungan di kontinen Australia yang sudah memproduksi hidrokarbon seperti cekungan Bonaparte, Carnarvon dan cekungan Canning. Secara tektonik cekungan ini berkembang akibat pertemuan lempeng Australia dengan Pasifik sehingga menyebabkan munculnya struktur lipatan, tinggian, rendahan dan patahan. Salah satu metoda geofisika yang dapat digunakan untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan adalah metoda gayaberat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan, mendelineasi sub-cekungan sedimen serta memperkirakan ketebalan sedimen di Cekungan Akimeugah bagian selatan. Analisis data yang digunakan yaitu analisis spektrum, filter *optimum upward continuation* serta pemodelan inversi 3D. Hasil analisis spektral menunjukkan bahwa tebal batuan sedimen rata-rata di daerah penelitian adalah sekitar 3.6 Km. Ketinggian optimum yang digunakan pada filter *optimum upward continuation* yaitu pada ketinggian 6000 m dan menghasilkan anomali regional serta residual. Sub-cekungan yang didelineasi dari analisis data gayaberat adalah sebanyak 7 sub-cekungan sedimen, dimana pola struktur yang teridentifikasi yaitu berupa tinggian, graben dan patahan. Hasil pemodelan 3D menunjukkan bahwa batuan dasar cekungan berupa batuan metamorfik dengan nilai rapat massa 2.7 gr/cc. Kemudian secara berurutan dari bawah ke atas diendapkan batuan sedimen dari kelompok Aifam yang berumur Paleozoikum dengan nilai densitas 2.6 gr/cc, kemudian di atasnya lagi adalah batuan sedimen kelompok Kemblegan yang berumur Mesozoikum dengan nilai rapat massa 2.5 gr/cc, dan yang paling atas adalah batuan sedimen tersier kelompok batugamping Nugini dengan nilai rapat massa 2.4 gr/cc dan Formasi Buru dengan nilai rapat massa 2.2 gr/cc. Hasil analisis model bawah permukaan menunjukkan bahwa berdasarkan pola graben dan tinggian, Cekungan Akimeugah bagian selatan cukup potensial untuk berkembangnya *petroleum system* seperti cekungan di Australia yang sudah berproduksi hidrokarbon.

Kata Kunci : Gayaberat, spektral analisis, filter *optimum upward continuation*, pemodelan 3D inversi, Cekungan Akimeugah selatan, Papua.

ABSTRACT

The Akimeugah Basin is located on the Arafura Shelf which is part of the passive margin associated with basins of Australian continent that have produced hydrocarbons such as the Bonaparte basin, Carnarvon and the Canning basins. Tectonically this basin develops due to the collision between the Australian and the Pacific plates, resulting folds, highs, lows and faults. One of the geophysical methods that can be used to determine the subsurface geological structure is the gravity method. The purposes of this study are to identify subsurface geological structures, delineating sediment sub-basin and to estimate sediment thickness in the southern Akimeugah basin. Data analysis used are spectrum analysis, optimum upward continuation filters and 3D inversion modeling. The spectral analysis results show that the average thickness of the sedimentary rock in the study area is about 3.6 Km. Optimum height that used at the optimum upward continuation filter was at an altitude 6000 m and resulting regional and residual anomaly. The

delineated sub-basin obtained from gravity data analysis is as many as 7 sediment sub-basins, where the identified structural pattern is in the form of high, graben and fault. The 3D modeling results show that the basement of the basin is of a metamorphic rock with a mass density value of 2.7 gr/cc. Then sequentially from the lowest, sedimentary rocks from the Aifam group of Paleozoic were deposited with a density value of 2.6 gr/cc, hereafter is sediment group of Kemblengan of Mesozoic with mass density values ??of 2.5 gr/cc, and at the top is a Tertiary sedimentary rock, limestone Nugini group with a mass density value of 2.4 gr/cc and Buru Formation with density value 2.2 gr/cc. The results of the subsurface model analysis show that based on a graben and high pattern, the southern Akimeugah basin is potential for the development of petroleum systems such as the basins those already produce hydrocarbons in Australia.

Keywords: gravity, spectral analysis, optimum upward continuation filter, modeling 3D inversion, southern Akimeugah Basin, Papua.

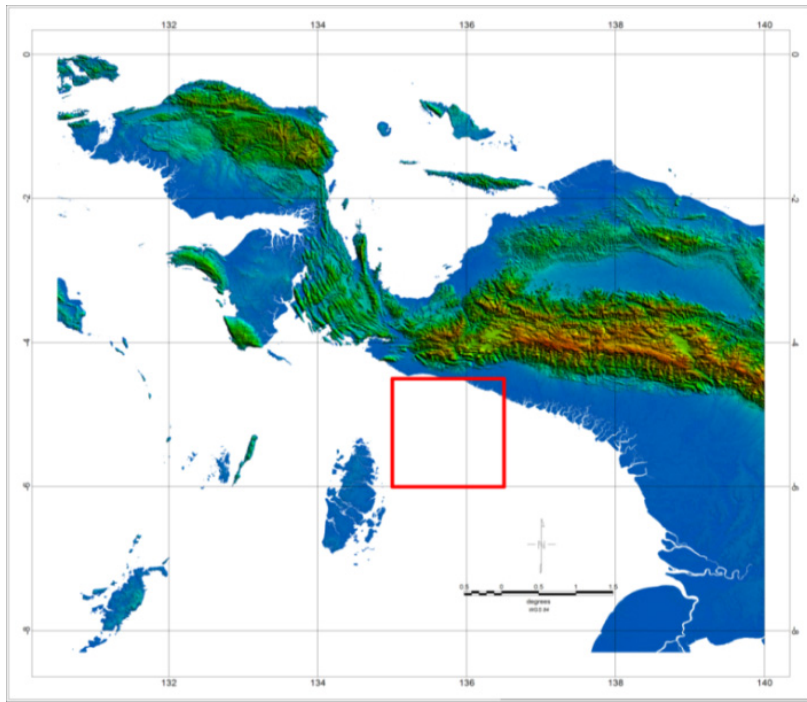
PENDAHULUAN

Geofisika merupakan salah satu ilmu yang mempelajari bumi dengan menggunakan prinsip-prinsip ilmu fisika. Salah satu metoda geofisika yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan bumi yaitu metoda gayaberat (*gravity*). Metoda ini didasarkan pada gaya tarik menarik antara dua buah partikel dengan perkalian massa kedua partikel tersebut berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara kedua pusat massa partikel tersebut. Pada pengolahan data gayaberat akan muncul anomali yang merupakan target dari suatu penelitian yang memudahkan dalam menginterpretasi kondisi geologi bawah permukaan, anomali yang terdapat pada metoda gayaberat ini dikenal dengan nama anomali Bouguer. Anomali Bouguer merupakan gabungan dari anomali regional dan anomali residual dengan panjang gelombang yang bervariasi dari panjang gelombang panjang dan panjang gelombang pendek yang merupakan pengaruh dari komposisi batuan yang berada pada posisi dengan lokasi pada tempat yang dalam hingga dangkal. Untuk dapat melakukan interpretasi yang lebih akurat maka perlu dilakukan pemisahan anomali regional dan anomali residual. Ada beberapa metoda yang dapat digunakan untuk memisahkan anomali regional dan residual yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya diantaranya adalah *moving average* dan *polynomial* (Purnomo, dkk., 2013), *trend surface analysis* (Obasi, dkk., 2016), *high pass filter* (Zahra and Oweis, 2016), dan *filter Gaussian* (Karunianto, dkk., 2017). Dalam makalah ini akan dilakukan pemisahan anomali regional dan residual dari anomali Bouguer dengan menggunakan teknik *optimum upward continuation* seperti diusulkan oleh (Zeng, dkk., 2007). Teknik penapisan *optimum upward kontinuation* ini dilakukan dengan cara melakukan upward kontinuasasi dari data anomali Bouguer pada beberapa ketinggian yang berbeda selanjutnya dilakukan korelasi silang antara selang ketinggian yang berbeda. Hasil

perhitungan *defleksi* maksimum dari beberapa selang ketinggian yang berbeda tersebut yang dipakai sebagai hasil *optimum upward continuation* yang digunakan untuk menghitung anomali residual. Selain penggunaan filter *optimum upward continuation* akan dilakukan pula analisis spektral (Setiadi, 2018) untuk mengetahui kedalaman batuan dasar (*basement*) yang mengalasi daerah penelitian. Pemodelan dilakukan menggunakan 3D inversi menggunakan *software grablox* dan matlab. Informasi geologi digunakan sebagai konstrain untuk melakukan interpretasi geologi bawah permukaan. Penelitian ini nantinya akan membahas deliniasi sub-cekungan sedimen, pola struktur dan tinggian, konfigurasi batuan dasar serta interpretasi model geologi bawah permukaan berdasarkan parameter fisis rapat massa (densitas). Lokasi daerah penelitian berada pada daerah Papua bagian selatan tepatnya perairan Arafura pada koordinat (135° - 136.5°) BT dan (4.5° - 6.0°) LS seperti terlihat pada Gambar 1.

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Cekungan Akimeugah berkembang sejak jaman PraTersier hingga Tersier dan diklasifikasikan sebagai cekungan *foreland* yang telah mengalami *rifting*. Cekungan *foreland* ini terbentuk sebagai hasil respon litosfer terhadap beban pada sabuk anjakan. Litosfer akan melengkung dan ambles akibat beban baru yang diletakkan di atas litosfer melalui proses pensesaran naik. Berdasarkan sejarah tektonik Papua, sebagian besar Papua khususnya dibagian selatan, sutur pembatas lempeng Pasifik dan lempeng Australia di alasi oleh kerak benua Australia, termasuk sedimen di atasnya yang berasal dari paparan barat laut Australia. Keberadaan batuan sedimen yang umumnya berumur Mesozoikum sangat penting artinya karena sebagian merupakan batuan sumber hidrokarbon dan juga batuan reservoir (Bachri, 2014). Hal ini sesuai dengan korelasi stratigrafi



Gambar 1. Lokasi penelitian di daerah Cekungan Akimeugah Selatan, Perairan Arafura, Papua

batuan sedimen Mesozoikum di bagian utara Australia yang ternyata mengandung hidrokarbon, seperti pada cekungan Bonaparte, Carnavon dan Canning. Pada tatanan stratigrafi di cekungan Bintuni dan Salawati sebagaimana dikutip oleh Darman dan Sidi (2000) terdapat batuan sedimen Mesozoikum, bahkan juga dijumpai batuan malihan Paleozoikum yang diduga berasal dari kerak Australia. Cekungan Salawati dan Bintuni merupakan cekungan hidrokarbon yang produktif, dan diharapkan bahwa cekungan lain yang mengandung fasies Australia terdapat batuan sumber maupun reservoir hidrokarbon, termasuk dalam hal ini adalah Cekungan Akimeugah.

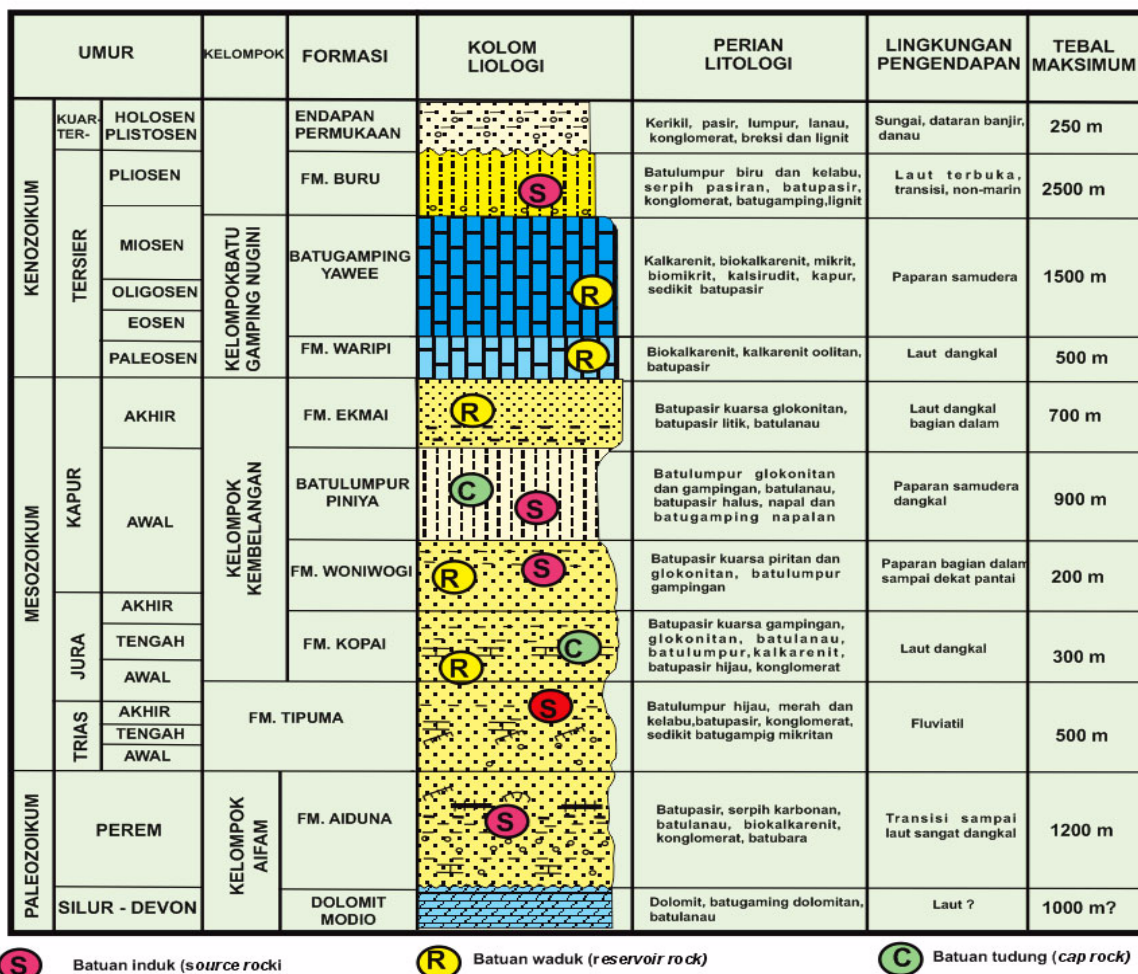
Stratigrafi Cekungan Akimeugah

Cekungan Akimeugah mencatat sejarah stratigrafi dari umur Paleozoikum hingga Kenozoikum. Batuan dasar (*basement*) yang mengalasi Cekungan Akimeugah adalah kerak granitik benua Australia dan batuan metamorf. Di atas batuan dasar secara tidak selaras ditempati oleh batuan berumur Permian, terdiri dari Dolomit Modio dan Formasi Aiduna yang masuk dalam kelompok Aifam. Pada Dolomit modio ini terdiri dari dolomit, batugamping dolomitian dan batu lanau, sedangkan formasi Aiduna terdiri atas batupasir, serpih, batulanau, konglomerat, batubara, dan biokalkarenait. Di atas kelompok Aifam, diendapkan formasi Tipuma (yang terdiri

dari batulumpur hijau, merah dan kelabu, batupasir, konglomerat, sedikit batugamping) dan Kelompok Kembelangan yang berumur Jura hingga Kapur dan terdiri dari formasi Kopai, Woniwogi, Piniya dan Ekmai. Pada formasi Kopai terdiri dari batupasir kuarsa gampingan, batulanau, batulumpur, kalkarenait, batupasir hijau dan konglomerat. Formasi Woniwogi terdiri atas batupasir dan batulumpur gampingan, formasi Piniya terdiri dari batulumpur, batulanau, batupasir gampingan serta formasi Ekmai terdiri atas batupasir dan batulanau. Di atas kelompok Kembelangan pada umur Tersier mulai diendapkan batuan kelompok Batugamping Nugini yang terdiri dari formasi Waripi dan batugamping Yawee. Di atasnya Kelompok batugamping Nugini pada umur Plio-Pleistosen diendapkan formasi Buru dan endapan permukaan. Secara lengkap stratigrafi Cekungan Akimeugah dapat dilihat pada Gambar 2.

Petroleum Sistem

Batuan induk yang terdapat pada Cekungan Akimeugah diantaranya yang pertama adalah Formasi Aiduna berumur Permian, yang kedua adalah grup Kembelangan yang berumur Jura-Kapur. Lapisan Mesozoikum yang potensial sebagai reservoir pada Cekungan Akimeugah yaitu Formasi Tipuma, Woniwagi, dan Ekmai. Perangkap pada Cekungan Akimeugah relatif diakibatkan oleh kegiatan tektonik pada Area Marauke yang kemungkinan terakumulasi pada batupasir pada Grup Kembelangan (Formasi Woniwagi dan Ekmai). Perangkap struktur hadir pada Cekungan Akimeugah yaitu berupa sesar normal. Berupa perangkap struktur, *horst*, dan *tilted block* di selatan dan barat Cekungan Akimeugah. Perangkap stratigrafi juga hadir pada Cekungan Akimeugah, khususnya pada bagian selatan. Disamping keberadaan batuan induk, batuan reservoir, dan batuan tudung di daerah Papua juga dijumpai struktur antiklin dan ramp antiklin (Panggabean and Hakim, 1986) yang besar potensinya sebagai perangkap hidrokarbon. Batuan penutup pada Cekungan Akimeugah dan secara umum di Papua adalah lapisan serpih yang tebal dari Formasi Piniya.



Gambar 2. Stratigrafi regional Cekungan Akimeugah Papua bagian selatan (Panggabean dan Hakim, 1998)

METODOLOGI PENELITIAN

Data utama yang digunakan adalah data gayaberat hasil pengukuran yang dilakukan oleh tim penelitian cekungan Migas Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan menggunakan alat Marine Gravity System 6 (MGS 6) pada tahun 2017 menggunakan Kapal Riset Geomarin III, yang sudah dilengkapi dengan GPS untuk mengukur posisi dan ketinggian. Metodologi yang digunakan yaitu menganalisis data gayaberat dengan menggunakan konstrain informasi geologi daerah penelitian. Analisis yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan analisis spektral, penapisan (filter) *optimum upward continuation* serta pembuatan model geologi bawah permukaan menggunakan pemodelan inversi 3D. Diagram alir penelitian selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada metode gayaberat, spektrum diturunkan dari potensial gayaberat yang teramati pada suatu bidang horizontal (Blakely, 1996), dimana transformasi Fouriernya sebagai berikut :

$$F(g_z) = 2\pi G m e^{|k|(z_0-z_1)} \quad z_1 > z_0$$

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

$$\ln A = \ln 2\pi G m e^{|k|(z_0-z_1)}$$

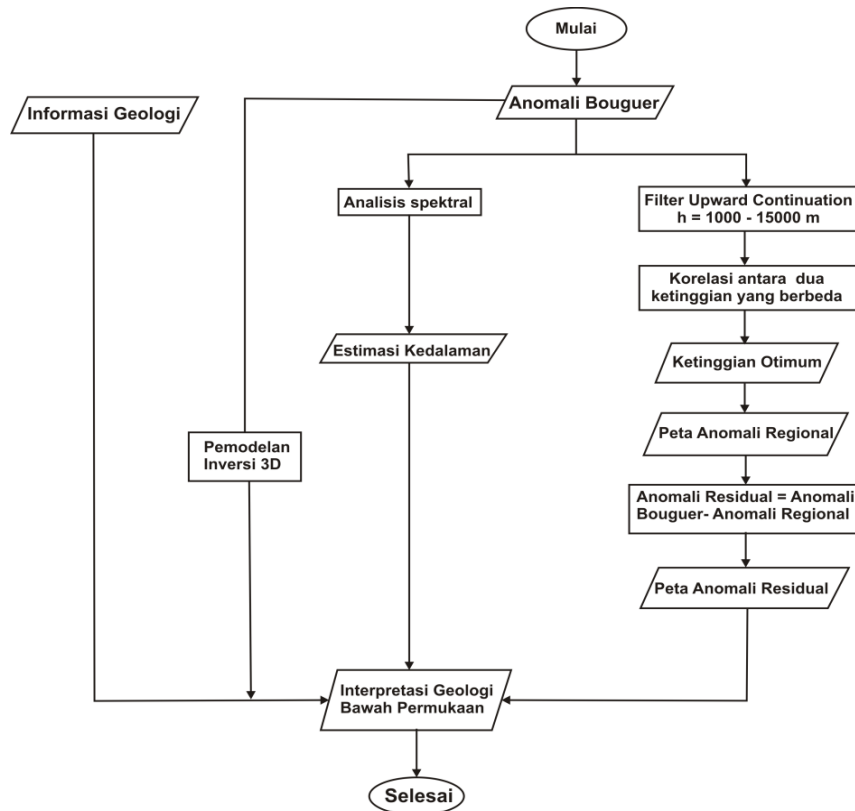
$$\ln A = (z_0 - z_1)|k| + \ln C$$

Persamaan tersebut 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 $\frac{2\pi}{\lambda}$ dan satuannya *cycle/meter*, dengan λ adalah panjang gelombang. Lebar jendela dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$N = \frac{2\pi}{k_c \Delta x}$$



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian Cekungan Akimeugah Selatan, menggunakan metoda gayaberat

Kontinuasi keatas (*upward continuation*) adalah langkah perubahan data medan potensial yang diukur pada suatu level permukaan menjadi data yang seolah-olah diukur pada level permukaan yang lebih atas (Telford, 1990). Metode ini digunakan karena dapat mentransformasi medan potensial yang diukur pada suatu permukaan sehingga medan potensial di atas permukaan pengukuran akan menonjolkan anomali yang disebabkan oleh sumber yang dalam (efek regional), anomali dari lapisan dangkal menjadi meluas dan amplitudo menjadi mengecil sehingga anomali menjadi mirip dengan lapisan di bawahnya. Prinsip dasar metode ini dirumuskan oleh Blakely (1996) seperti pada persamaan dibawah ini :

$$U(x, y, z_0 - \Delta z) = \frac{\Delta z}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \left(\frac{U(x', y', z_0)}{\sqrt{[(x-x')^2 + (y-y')^2 + (\Delta z)^2]^{3/2}}} \right) dx' dy'$$

$\Delta z > 0$, dengan $U(x, y, z_0 - \Delta z)$ merupakan total medan potensial yang berada di bidang *upward continuation* pada ketinggian h terhadap bidang permukaan (bidang pengukuran) yang besarnya medan $U(x', y', z_0)$ telah diketahui.

Operator *Upward Continuation* merupakan operasi numerik stabil dan membentuk hubungan alami antara survei permukaan bumi dan survei udara. Permasalahan utama metode ini ialah ketinggian kontinuasi yang harus diketahui. Ketika menggunakan metode kontinuasi ke atas, ketinggian kontinuasi dicari secara subjektif dengan membandingkan antar ketinggian kontinuasi, sedangkan ketinggian kontinuasi ini sangat berpengaruh pada anomali regional yang dihasilkan. Sehingga perlu dicari nilai ketinggian kontinuasi yang optimal agar anomali regional yang dihasilkan pun optimal. Metode yang mungkin untuk memperkirakan ketinggian optimum upward kontinuasi salah satunya dipaparkan dalam jurnal yang ditulis oleh Zeng, dkk. (2007), yaitu dengan menggunakan korelasi silang. Pada pemisahan anomali regional dan residual, Zeng mengasumsikan bahwa anomali regional disebabkan oleh adanya sumber anomali yang mempunyai bentuk/posisi horisontal yang lebih lebar, sumber berada pada posisi yang lebih dalam dan mempunyai kedalaman yang sama. Sedangkan asumsi dari anomali residual yaitu bahwa sumber anomali berupa benda dengan ukuran horisontal yang lebih kecil, sumber anomali lebih dangkal, dan mempunyai kedalaman yang

berbeda dengan anomali dalam namun kedalaman anomali residual yang sama. Pada kasus anomali regional yang tidak diketahui atau menggunakan data lapangan, korelasi silang dapat dilakukan pada dua (2) ketinggian kontinuasi yang berturut-turut. Perhitungan korelasi silang terhadap ketinggian dapat dilakukan dengan melalui sebuah rentang dari nol (0) ke ketinggian dimana perubahan nilai korelasi silang jelas melewati defleksi maksimal. Ketinggian yang terkait defleksi maksimum ini merupakan estimasi ketinggian optimum *upward continuation*.

Korelasi silang r antara anomali kontinuasi ke atas g_1 dan anomali g_2 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Zeng, dkk., 2007) :

$$r_{g_1 g_2} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N g_1(x_i, y_j) g_2(x_i, y_j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N g_1^2(x_i, y_j) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N g_2^2(x_i, y_j)}}$$

Ketika ketinggian kontinuitas ke atas lebih kecil dari nilai optimal, maka anomalnya masih terdiri dari gabungan anomali regional dan residual. Pada saat optimal anomali residual hampir hilang sehingga korelasi silang anomali yang berurutan akan maksimal, selanjutnya anomali regional secara signifikan turun sehingga korelasi silang anomali upward kontinuasi yang berurutan akan turun, kondisi tersebut akan menghasilkan komponen regional (Zeng, dkk, 2007).

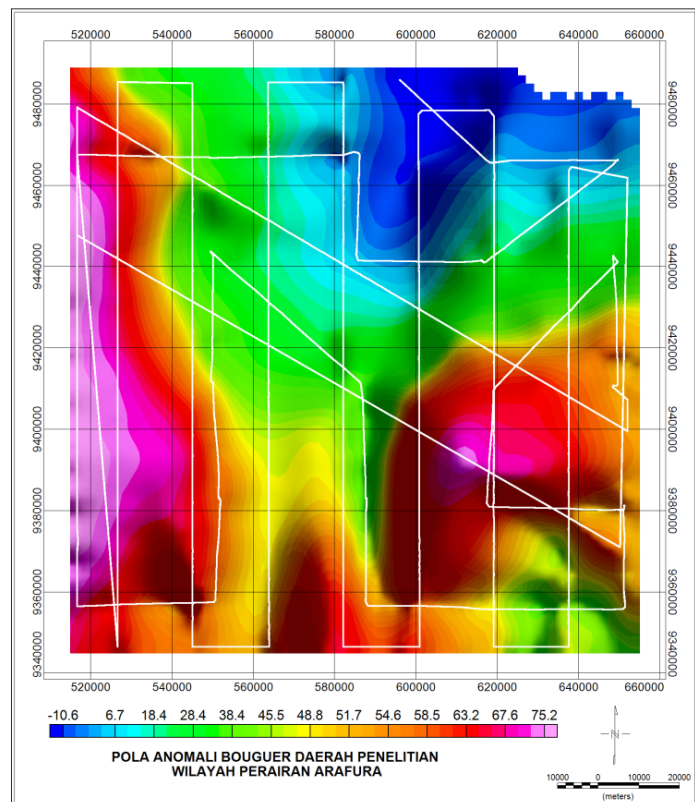
Pemodelan inversi (*Invers Modeling*) dilakukan dengan mengoptimalkan pendekatan *Singular Value Decomposition* pada anomali gayaberat, teknik ini berbasis pada teknik inversi linier. *Singular Value Decomposition* (SVD) adalah suatu metode pemfaktoran matriks yang berkaitan erat dengan nilai singular dari matriksnya, dimana merupakan salah satu teknik analisis 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 *Grablox* (Pirttijarvi, 2008), yang selanjutnya diplot dengan menggunakan matlab.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Anomali Bouguer

Panjang total lintasan pengukuran gayaberat laut pada daerah penelitian di perairan Arafura yang dilakukan oleh tim penelitian cekungan migas Puslitbang Geologi kelautan pada tahun 2017 adalah sekitar 2856 Km. Pola anomali Bouguer yang dihasilkan dari data gayaberat setelah mengamali proses reduksi (koreksi pasang surut, drift, koreksi lintang (Gn), Koreksi bouguer, koreksi freeair, koreksi eotvos, koreksi kecepatan dan koreksi bathimetri), selanjutnya dilakukan gridding dan imaging. Pola anomali bouguer dan posisi lintasan pengukuran gayaberat laut (*marine gravity*) selengkapya dapat dilihat pada Gambar 4.

Lintasan pengukuran gayaberat dilakukan dengan arah relatif timur-barat dan sebagian ada yang berarah utara-selatan serta tenggara-baratdaya. Pemilihan lintasan dilakukan sesuai pola struktur geologi dan ada beberapa lintasan yang saling berpotongan, perpotongan lintasan ini bertujuan untuk melakukan koreksi nilai bacaan gayaberat pada posisi yang sama dan waktu yang berbeda. Dari gambar tersebut terlihat bahwa pola anomali mempunyai nilai rentang anomali dengan kisaran nilai antara (-14 hingga 77.5) mGal. Pola anomali tersebut dapat dikelompokkan menjadi 3



Gambar 4. Pola anomali Bouguer dan lintasan pengukuran marine gravity di Perairan Arafura

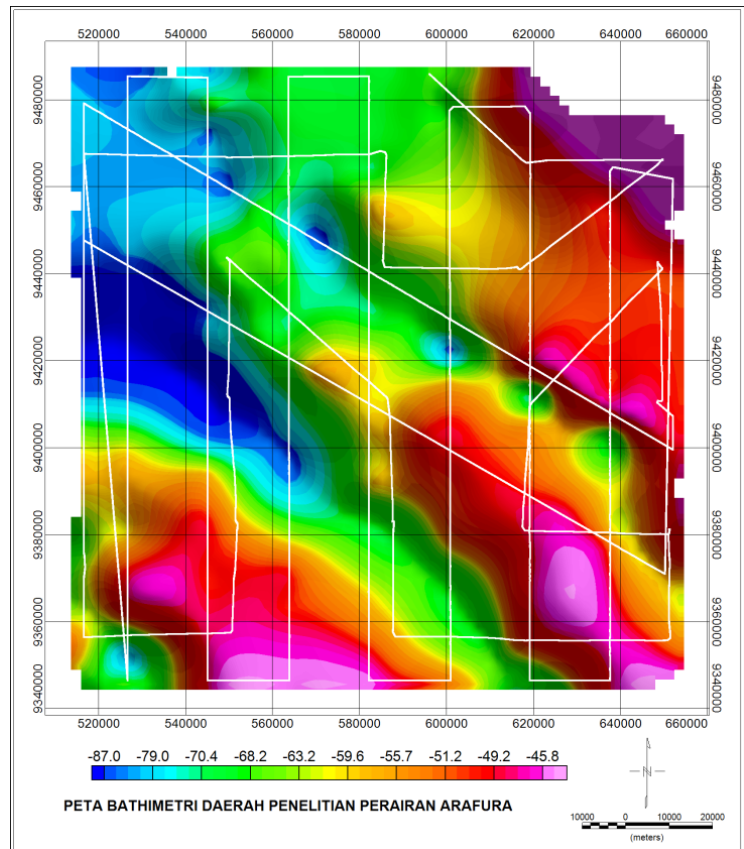
daerah anomali yang berbeda. Yang pertama yaitu pola anomali tinggi yang dicirikan oleh warna merah dengan rentang nilai anomali berkisar antara (50 hingga 77.5) mGal, anomali ini menempati daerah pada bagian selatan dan barat daerah penelitian. Yang kedua adalah pola anomali sedang dengan nilai anomali berkisar antara (20 hingga 49) mGal, anomali ini dicirikan berupa pola anomali dengan warna hijau, anomali ini menempati lokasi pada bagian tengah daerah penelitian. Yang ketiga adalah pola anomali rendah dengan nilai rentang anomali berkisar antara (-14 hingga 19) mGal, anomali ini ditandai dengan pola anomali yang berwarna biru, anomali rendah menempati daerah pada bagian sebelah utara daerah penelitian. Anomali tinggi yang dicirikan dengan warna merah dan berada pada bagian sebelah selatan diinterpretasikan sebagai batuan dasar yang kemungkinan mengalami pengangkatan sehingga batuan sedimen pada daerah tersebut kemungkinan mengalami penipisan. Anomali rendah yang menempati daerah sebelah utara kemungkinan disebabkan karena adanya graben atau depositer sehingga batuan sedimen yang menempati daerah sebelah utara relatif lebih tebal.

Kedalaman Air Laut (*Batimetri*)

Pengukuran kedalaman dilakukan dengan menggunakan *Echosounder SyQuest Bathy 2010* frekuensi 3,5 kHz. Hasil pengukuran kedalaman laut daerah survei yaitu berupa raw data posisi dan kedalaman dalam meter. Data kedalaman diintegrasikan dengan posisi Global Positioning System (GPS) menggunakan software navigasi Geonav terekam dalam bentuk digital raw data. Data tersebut kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk pola anomali kedalaman seperti terlihat pada Gambar 5.

Hasil pengukuran kedalaman laut di daerah penelitian pada umumnya menunjukkan kedalaman hingga 90 meter, daerah ini termasuk daerah survei laut dangkal (10 - 100 meter). Data kedalaman laut ini digunakan untuk mengkoreksi pengukuran anomali gayaberat sehingga menghasilkan Anomali Bouguer. Hasil anomali Bouguer yang diperoleh pada prinsipnya 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 untuk mengetahui ketebalan sedimen kemudian dilanjutkan dengan menggunakan filter *optimum upward continuation* untuk memisahkan anomali regional dan residual.

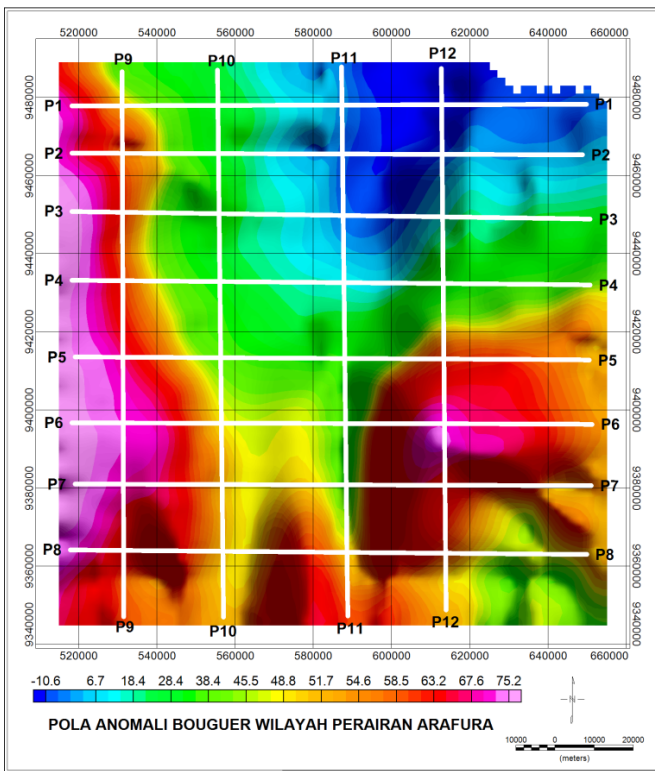


Gambar 5. Peta kedalaman laut (batimetri) daerah penelitian di Perairan Arafura

Analisis Spektral

Analisis spektral dilakukan dengan tujuan untuk mengestimasi kedalaman batuan dasar (*basement*) daerah penelitian. Untuk melakukan proses analisis spektral terlebih dahulu membuat penampang lintasan pada anomali Bouguer seperti terlihat pada Gambar 6, yang selanjutnya dilakukan transformasi fourier (FFT) untuk mengetahui kandungan sinyal sepanjang lintasan yang dibuat dan kemudian dibuat grafik hubungan bilangan gelombang (K) versus log normal amplitudo (LnA) yang dapat dilihat pada Gambar 7.

Analisis spektral dilakukan pada penampang lintasan terpilih (P1- P12) untuk mengetahui kandungan sinyal yang terdapat pada setiap penampang lintasan anomali Bouguer. Kandungan sinyal pada penampang anomali Bouguer ini merupakan gabungan sinyal frekuensi tinggi dan frekuensi rendah. Analisis sinyal dapat dilakukan



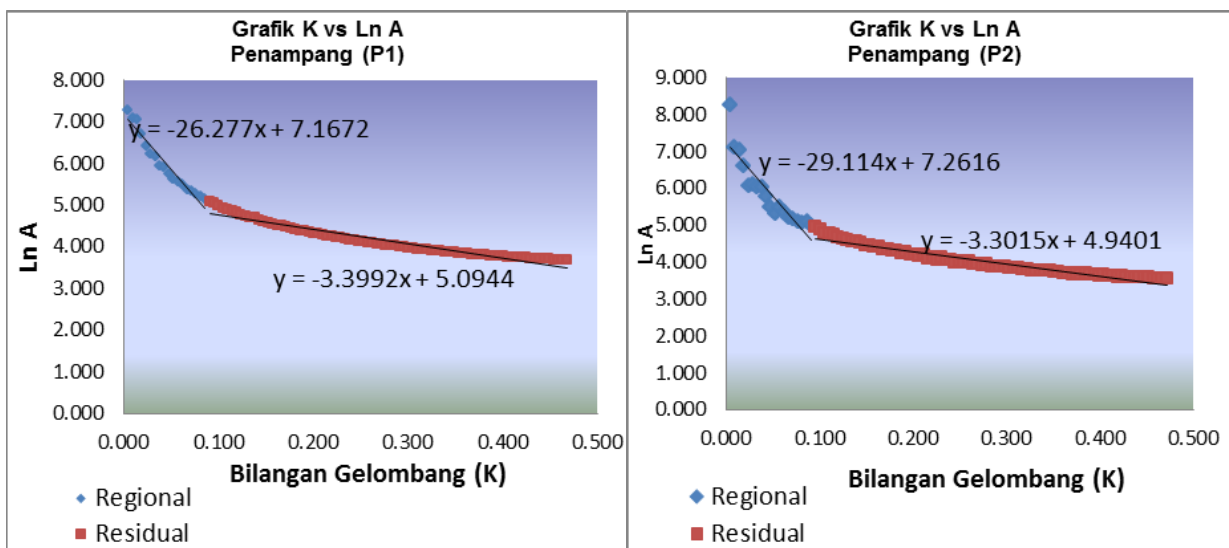
Gambar 6. Pola anomali Bouguer dan penampang analisis spektral Cekungan Akimeugah Selatan

pada beberapa bilangan gelombang *cutoff* (*spectral decomposition*) sehingga dapat diketahui beberapa nilai kedalaman, namun pada penelitian ini hanya dilakukan pada satu bilangan gelombang *cutoff* untuk menentukan bidang diskontinuitas dangkal dan dalam saja. Hasil penghitungan kedalaman anomali berdasarkan analisis spektral seperti terlihat pada Tabel 1 menunjukkan bahwa penampang lintasan 6 dan 7 cukup dalam, pada penampang 6 dan 7 ini melewati beberapa pola

undulasi (tinggian dan rendahan), anomali Bouguer yang terekam dipermukaan ini merupakan gabungan dari respon struktur dangkal (frekuensi tinggi) dan struktur dalam (frekuensi rendah). Nilai kedalaman anomali ini kemungkinan disebabkan karena pengaruh dari struktur dangkal berupa batuan sedimen yang terdapat pada daerah ini atau juga kemungkinan karena pengaruh tarikan kebawah undulasi kerak yang mempunyai densitas tinggi sehingga repon analisis spektral menjadi cukup dalam. Gambar 7 memperlihatkan ada dua kemiringan (*slope*) yang menunjukkan bidang diskontinuitas dalam dan dangkal. Hasil selengkapnya proses analisis spektral dapat dilihat pada Tabel 1, dari tabel terlihat bahwa kedalaman rata-rata bidang diskontinuitas dalam daerah penelitian adalah 29.7 Km yang diduga sebagai kedalaman bidang diskontinuitas kerak bawah, sedangkan kedalaman rata-rata bidang diskontinuitas dangkal adalah 3.6 Km diinterpretasikan sebagai kedalaman rata-rata batuan dasar (*basement*) daerah penelitian. Berdasarkan informasi peta ketebalan sedimen (Hamilton, 1974), ketebalan sedimen di daerah penelitian ini berkisar antara (3 hingga 4) Km.

Optimum Upward Continuation

Pola Anomali Bouguer yang telah diperoleh selanjutnya dilakukan *filter Upward Continuation* pada beberapa ketinggian kontinuitas yang bertujuan untuk mengetahui anomali regional optimum. Ketinggian kontinuitas yang digunakan dimulai dari 1000 m hingga 15000 m dengan rentang selang ketinggian sebesar 1000 m. Upward kontinuitas dihitung pada peta masing-



Gambar 7. Grafik hasil analisis spektral contoh penampang P1-P2 Cekungan Akimeugah Selatan

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

LINTASAN	KEDALAMAN STRUKTUR REGIONAL	KEDALAMAN STRUKTUR DANGKAL	KC	N
P1	26.27	3.39	0.09	17.25
P2	29.11	3.30	0.10	16.35
P3	30.46	3.44	0.09	17.44
P4	30.14	3.43	0.09	17.44
P5	33.82	3.33	0.09	17.25
P6	34.99	3.51	0.09	16.70
P7	31.69	5.61	0.10	15.70
P8	29.27	3.47	0.09	17.44
P9	29.67	3.55	0.09	18.26
P10	25.93	3.57	0.09	18.47
P11	27.46	3.62	0.09	18.47
P12	28.29	3.57	0.09	18.26
JUMLAH	357.1	43.8	1.08	209.05
RATA RATA	29.76	3.65	0.090	17.4

masing ketinggian menggunakan ukuran grid (2 x 2) Km menggunakan bantuan software Geosoft Oasis Montaj. Korelasi silang dilakukan dari masing masing peta kontinuitas selang ketinggian 1000 m menggunakan Matlab. Hasil korelasi silang antara selang ketinggian selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil korelasi silang tersebut selanjutnya dihitung faktor korelasi untuk mengetahui defleksi maksimum, sehingga ketinggian *optimum upward continuation* dapat diketahui yang nantinya akan digunakan untuk menghitung anomali residual. Gambar defleksi maksimum hasil perhitungan korelasi silang dapat dilihat pada Gambar 8. Ketinggian yang terkait dengan defleksi maksimum adalah estimasi ketinggian optimum *upward continuation*, Gambar 8 menunjukkan defleksi maksimum yang berada pada ketinggian 6000 m. Ketika ketinggian *upward continuation* lebih kecil dari ketinggian optimum, anomali *upward continuation* terdiri dari 2 komponen yaitu anomali regional dan residual, anomali residual akan semakin menurun dan hampir hilang ketika mendekati nilai optimum. Sedangkan, ketika ketinggian *upward continuation* lebih besar dari ketinggian optimal, maka anomali regional mengalami atenuasi dan akan menuju nilai nol. Ketika ketinggian berada pada nilai yang optimal, kondisi ini menghasilkan komponen regional. Sehingga defleksi maksimum menunjukkan komponen regional yang optimum sebab tidak dipengaruhi oleh

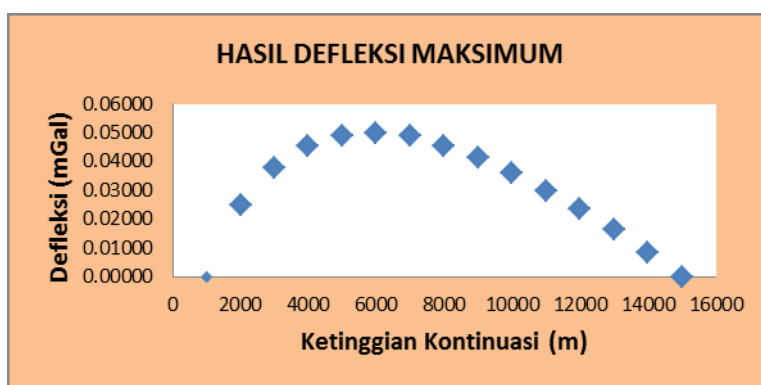
Anomali Regional dan Residual

Anomali regional diperoleh dari Anomali Bouguer hasil *filter upward continuation* pada ketinggian kontinuitas optimum yaitu sebesar 6000 m. Sedangkan anomali residual diperoleh dari selisih antara anomali Bouguer dan anomali Regional. Pemisahan ini didasarkan bahwa pada defleksi maksimum yaitu ketika menunjukkan ketinggian kontinuitas optimum, respon anomali hanya menunjukkan komponen regional, sebab anomali residual akan semakin hilang ketika mendekati defleksi maksimum.

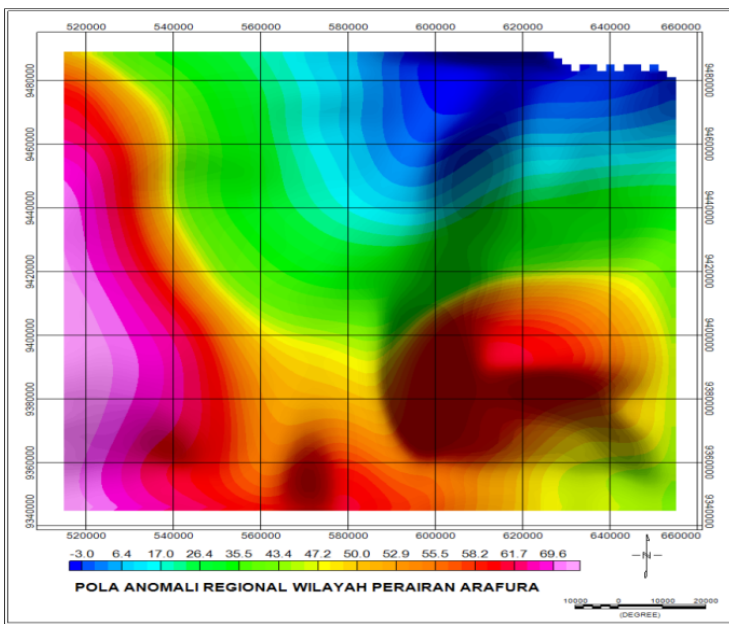
Pola anomali regional selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 9, dari gambar terlihat bahwa pola anomali menunjukkan panjang gelombang yang relatif lebih panjang dari anomali bouguer, hal ini karena anomali regional merupakan refleksi

Tabel 2. Hasil korelasi silang antar selang ketinggian 1000m dan nilai faktor defleksi dari chord.

UPWARD	KETINGGIAN (M)	NILAI KORELASI	FAKTOR DEFLEKSI DARI CHORD
UP_1000	1000	0.999795	0.00000
UP_2000	2000	0.999832	0.02479
UP_3000	3000	0.999857	0.03757
UP_4000	4000	0.999877	0.04536
UP_5000	5000	0.999893	0.04914
UP_6000	6000	0.999906	0.04993
UP_7000	7000	0.999917	0.04871
UP_8000	8000	0.999926	0.04550
UP_9000	9000	0.999934	0.04129
UP_10000	10000	0.999941	0.03607
UP_11000	11000	0.999947	0.02986
UP_12000	12000	0.999953	0.02364
UP_13000	13000	0.999958	0.01643
UP_14000	14000	0.999962	0.00821
UP_15000	15000	0.999966	0.00000

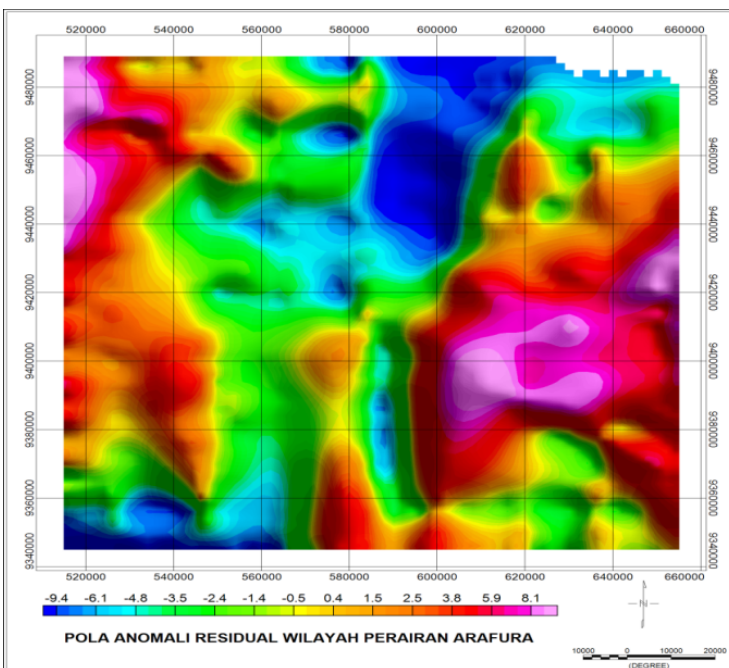


Gambar 8. Kurva defleksi maksimum hasil korelasi silang selang ketinggian 1000m



Gambar 9. Peta anomali regional Cekungan Akimeugah berdasarkan hasil filter *upward continuation* ketinggian 6000 m

dari struktur batuan dengan posisi yang lebih dalam, anomali ini diduga disebabkan karena pengaruh dari undulasi batuan pada kedalaman skala kerak bawah atau Moho. Terlihat bahwa pada bagian selatan dan barat nilai anomali lebih tinggi dibandingkan dengan anomali pada bagian tengah dan utara, hal ini kemungkinan akibat adanya struktur kerak atau moho pada bagian selatan lebih terangkat ke atas, sebaliknya pada bagian utara posisinya relatif turun ke bawah. Pola anomali



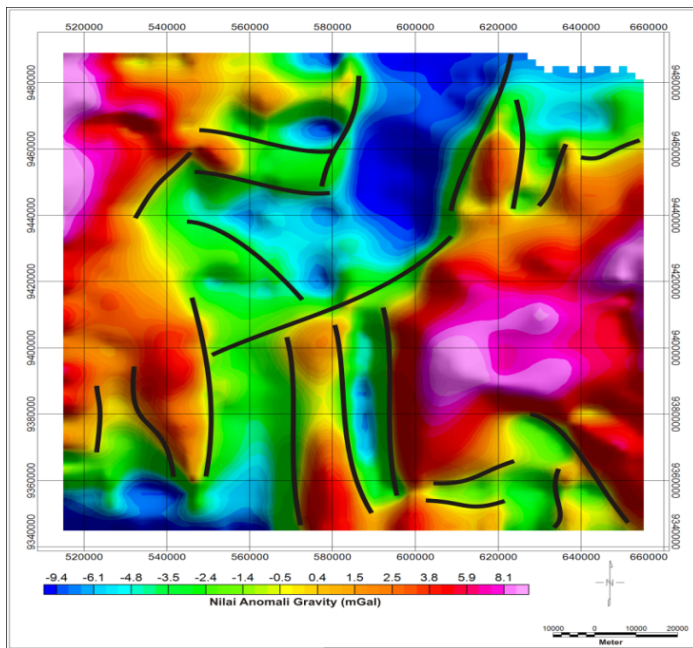
Gambar 10. Peta anomali residual Cekungan Akimeugah berdasarkan hasil filter *upward continuation* ketinggian 6000 m

residual hasil penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 10, anomali ini diperoleh dari pengurangan antara anomali Bouguer dengan anomali regional yang diperoleh dari hasil filter optimum *upward continuation*. Dari gambar terlihat bahwa pola struktur anomali lebih kompleks dibandingkan dengan pola anomali Bouguer, hal ini karena anomali residual merupakan gambaran dari struktur anomali dengan kedalaman yang lebih dangkal dengan panjang gelombang yang lebih pendek. Hasil dari anomali residual ini nantinya digunakan untuk melakukan interpretasi secara kualitatif.

Interpretasi Kualitatif

Interpretasi kualitatif bertujuan untuk mengetahui perubahan anomali secara lateral berdasarkan hasil anomali residual yang telah diperoleh dari hasil filter *optimum upward continuation*. Interpretasi kualitatif ini biasanya untuk mengetahui pola kelurusan struktur, tinggian dan deliniasi cekungan. Secara umum pola struktur mempunyai dua arah utama yaitu arah timur-barat dan utara-selatan seperti terlihat pada Gambar 11. Dari gambar tersebut terlihat bahwa pola dengan arah struktur timur barat kemungkinan disebabkan karena adanya gaya dorongan dari selatan (Australia) ke arah utara sehingga gaya tekanan dari selatan ke utara inilah yang menyebabkan terbentuknya struktur dengan arah relatif timur-barat, sedangkan pola struktur kelurusan dengan arah relatif utara-selatan kemungkinan karena bawaan dari batuan dengan umur pra-Tersier dari Australia yang mengalami drifting hingga bergerak sampai ke Perairan Arafura Papua bagian selatan. Pola kelurusan struktur inilah yang menyebabkan terbentuknya patahan-patahan sehingga banyak muncul pola graben di Cekungan Akimeugah bagian selatan. Pola tinggian (*basement high*) yang terlihat dari anomali residual selengkapannya disajikan pada Gambar 12, dari gambar terlihat bahwa pola tinggian juga mempunyai dua arah relatif yaitu utara-selatan dan timur-barat.

Pola-pola tinggian inilah yang nantinya akan berkembang sebagai struktur antiklinal yang menarik untuk dikaji petroleum sistemnya. Pada bagian



Gambar 11. Pola kelurusan struktur yang terlihat dari anomali residual Cekungan Akimeugah bagian selatan

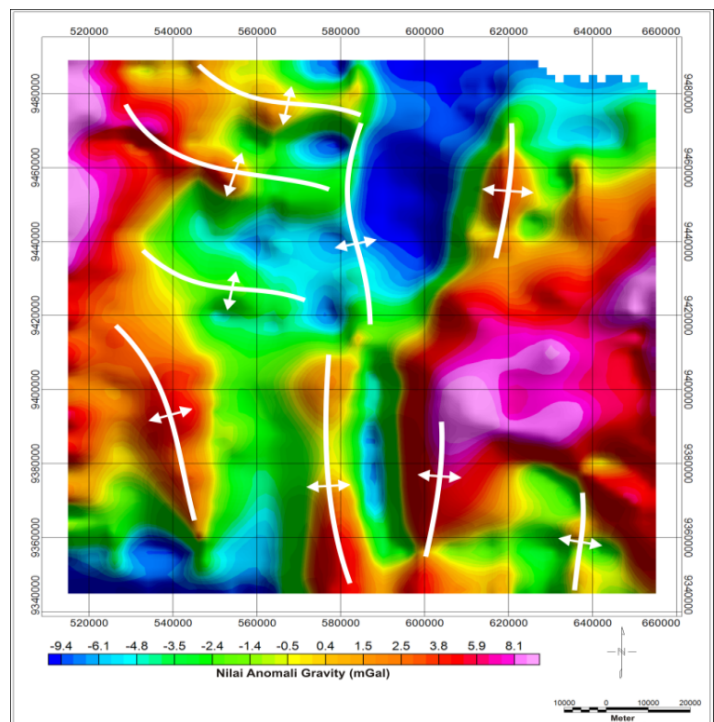
utara terdapat empat pola tinggian yang mempunyai arah relatif timur-barat dan utara-selatan, sedangkan pada bagian selatan pola tinggian mempunyai arah relatif utara-selatan. Tinggian ini dikelilingi oleh keberadaan deposenter cekungan sedimen yang cukup tebal dan berdasarkan informasi geologi regional, petroleum sistem pada daerah ini cukup baik seperti dikemukakan oleh (Bachri, 2014) sehingga potensi migas pada Cekungan Akimeugah bagian selatan cukup menarik. Gambar 13 memperlihatkan pola delineasi sub-cekungan sedimen yang diperoleh dari hasil anomali residual berdasarkan filter *optimum upward continuation*, dari gambar terlihat bahwa jumlah sub-cekungan sedimen (*graben*) yang terdeteksi yaitu sebanyak tujuh sub-cekungan. Sub-cekungan ini dibatasi oleh sekitarnya dengan pola tinggian, sub-cekungan yang paling tebal batuan sedimennya yaitu subcekungan-A dan subcekungan-B yang berada pada bagian utara dan tengah. Pola cekungan ini secara umum mengalami pendangkalan ke arah selatan, hal ini kemungkinan karena secara tektonik regional akibat pengaruh benturan dari kerak benua Australia yang mengalami pergerakan ke arah utara dan mengalami penurunan sehingga secara regional deposenter pada bagian utara relatif lebih tebal. Pola cekungan hasil analisis anomali

residual ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh (Miharwatiman, dkk., 2013) yang melakukan korelasi stratigrafi beberapa sumur yang ada di cekungan Arafura dari arah selatan ke utara yang memperlihatkan bahwa batuan sedimen pada bagian utara di sekitar sumur ASM-1X relatif lebih tebal dibandingkan dengan di sebelah selatannya yaitu sumur Aru.

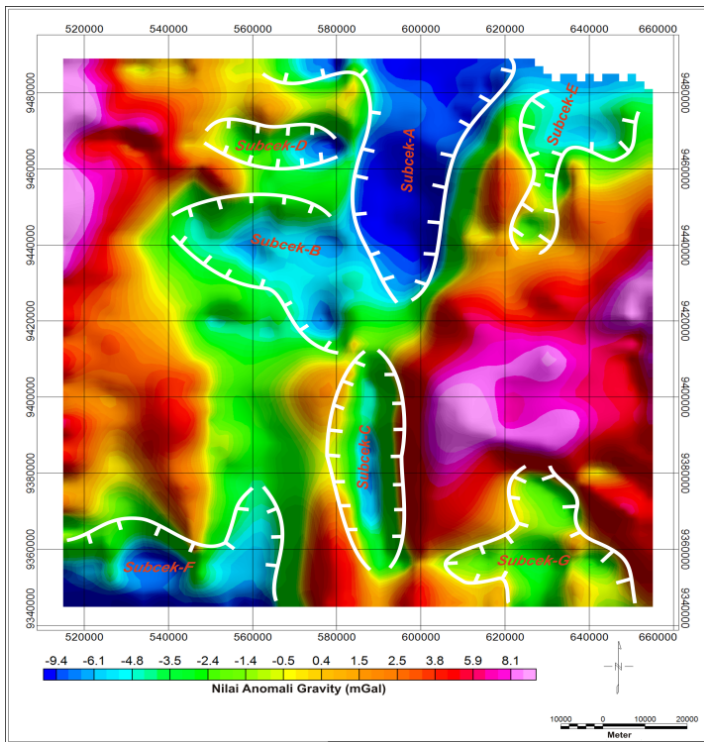
Interpretasi Kuantitatif

Interpretasi kuantitatif bertujuan untuk mengetahui model geologi bawah permukaan yang meliputi dimensi atau ukuran model, jenis batuan penyusun yang dibuat berdasarkan parameter fisis rapat massa (*densitas*) batuan. Hasil interpretasi kuantitatif diharapkan dapat diketahui kedalaman batuan dasar serta komposisi batuan sedimen yang berada di atasnya. Interpretasi kuantitatif ini dilakukan dengan melakukan pemodelan inversi 3D menggunakan program grablox (Pirttijarvi, 2008) yang selanjutnya untuk plotting menggunakan program Matlab. Hasil plotting 3D inversi selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 14a, sedangkan Gambar 14b adalah arah penampang model 2D yang akan dibuat.

Hasil inversi menunjukkan bahwa nilai densitas berkisar antara (0.95 hingga 3.15) gr/cc



Gambar 12. Pola kelurusan tinggian yang terlihat dari anomali residual Cekungan Akimeugah bagian selatan

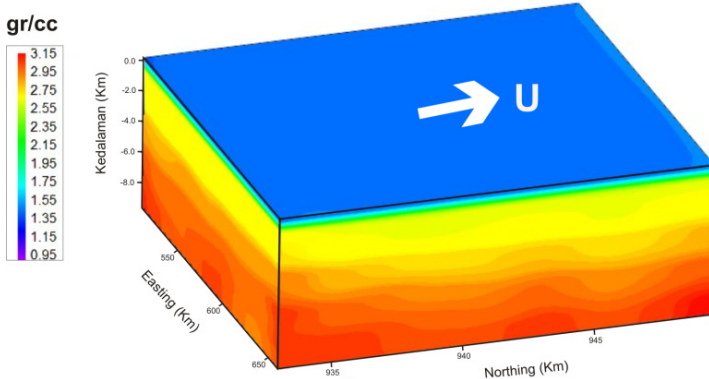


Gambar 13. Delineasi sub-cekungan sedimen yang terlihat dari anomali residual Cekungan Akimeugah bagian selatan

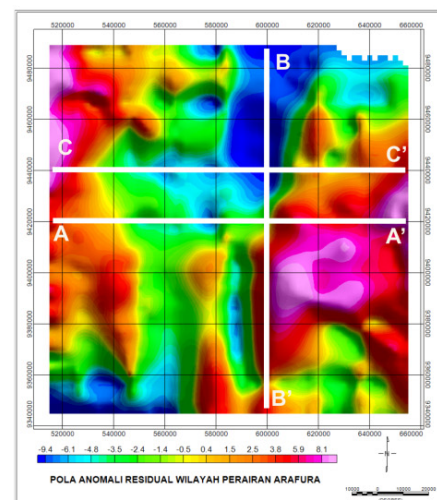
yang merupakan gambaran dari nilai rapat massa batuan bawah permukaan yang berada pada Cekungan Akimeugah bagian selatan. Gambar 15 adalah model interpretasi penampang 2D Cekungan Akimeugah bagian selatan yang terdiri dari tiga buah penampang yaitu penampang AA' yang berarah barat-timur (Gambar 15a), penampang BB' dengan arah penampang utara-selatan (Gambar 15b) dan Penampang CC'

(Gambar 15c) dengan arah relatif barat-timur di sebelah utara penampang AA'. Nilai densitas yang diperoleh pada Gambar 15a, 15b dan 15c merupakan nilai densitas hasil inversi yang selanjutnya untuk menginterpretasi jenis batuan dari nilai parameter fisis tersebut digunakan tabel referensi densitas (Telford, 1990). Pada interpretasi model bawah permukaan, nilai densitas pada suatu model lapisan merupakan gabungan untuk penyederhanaan dari beberapa formasi atau litologi. Gambar 15a memperlihatkan hasil interpretasi penampang model bawah permukaan penampang AA' dengan arah relatif barat-timur, dari model tersebut terlihat bahwa batuan dasar (*basement*) yang mengalasi daerah penelitian diduga berupa kerak granitik benua Australia yang mengalami metamorfisme dengan nilai rapat massa sekitar 2.7 gr/cc, selanjutnya di atas batuan dasar dengan nilai rapat massa sekitar 2.6 gr/cc diinterpretasikan sebagai kelompok Aifam yaitu batuan yang berumur Paleozoikum (Perem-devonian) yang cukup kompak yang kemungkinan berasal dari

Australia. Kelompok Aifam ini terdiri dari batugamping dolomit, batupasir, serpih, konglomerat dan batulanau. Di atasnya diinterpretasikan sebagai kelompok kemblengan dan formasi Tipuma (umur Mesozoikum) dengan nilai densitas 2.5 gr/cc, kelompok Kemblengan ini terdiri dari gabungan formasi Kopai, formasi Wonowogi, dan formasi Ekmai. Di atasnya formasi



Gambar (a)



Gambar (b)

Gambar 14. (a) Model 3D hasil inversi, (b) arah penampang model 2D, Cekungan Akimeugah bagian selatan Papua.

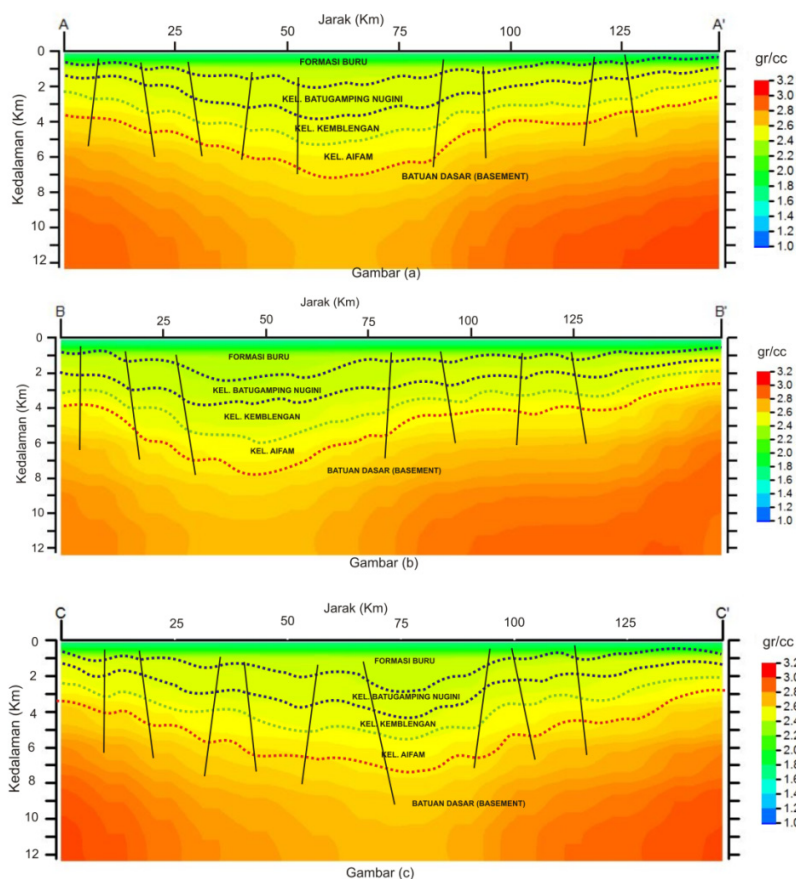
Kemblengan ini mulai di endapkan batuan dengan umur tersier yaitu kelompok batugamping Nugini dengan nilai rapat massa 2.4 gr/cc dan Formasi Buru dengan nilai rapat massa 2.2 gr/cc, kelompok ini terdiri dari kalkarenait, batupasir, batulumpur, konglomerat dan batugamping. Kedalaman air laut sekitar 80 m ditunjukkan oleh warna biru dengan nilai rapat massa 1.02 gr/cc.

Gambar 15b adalah interpretasi model penampang BB', penampang ini tegak lurus penampang AA' yang mempunyai arah relatif utara-selatan. Dari model tersebut terlihat bahwa batuan dasar (*basement*) berada pada kedalaman sekitar (3.6-8) Km dengan nilai rapat massa sekitar 2.7 gr/cc. Di atas batuan dasar seperti halnya pada penampang AA' diendapkan kelompok Aifam pada umur Paleozoikum (Perem-devonian) dengan nilai rapat massa sekitar 2.6 gr/cc, di atas kelompok Aifam diendapkan formasi Tipuma dan kelompok Kemblegan pada masa Mesozoikum dengan nilai densitas sekitar 2.5 gr/cc, dan yang paling atas pada umur Tersier diinterpretasikan sebagai kelompok batugamping Nugini dengan nilai rapat massa 2.4 gr/cc dan Formasi Buru dengan nilai rapat massa 2.2 gr/cc. Gambar 15c memperlihatkan interpretasi model

bawah permukaan penampang CC', penampang ini mempunyai arah relatif barat-timur dengan lokasi berada di sebelah utara penampang AA'. Seperti halnya pada penampang model AA' dan BB', batuan dasar yang diinterpretasi pada penampang CC' ini berada pada kedalaman sekitar (3.6-8) Km, yaitu berupa batuan metamorfik dengan nilai rapat massa 2.7 gr/cc, di atasnya secara berturut-turut yaitu Kelompok Aifam dengan nilai rapat massa 2.6 gr/cc, Kelompok Kemblegan dengan nilai densitas 2.5 gr/cc dan yang paling atas pada umur tersier diendapkan Kelompok batugamping Nugini dengan nilai rapat massa 2.4 gr/cc dan Formasi Buru dengan nilai densitas sekitar 2.2 gr/cc. Secara umum dari hasil interpretasi model yang dibuat terlihat adanya pola graben, patahan dan adanya antiklinal yang secara petroleum sistem akan menarik akan keberadaan hidrokarbon.

Selain interpretasi penampang vertikal model 2D yang di extract dari hasil inversi 3D, dilakukan juga interpretasi distribusi rapat massa (densitas) sayatan horizontal pada beberapa kedalaman, seperti terlihat pada Gambar 16. Dari gambar tersebut terlihat bahwa terdapat 5 model horizontal distribusi rapat massa pada kedalaman 250 m, 1750 m, 2750 m, 3750 m dan 5750 m. Nilai

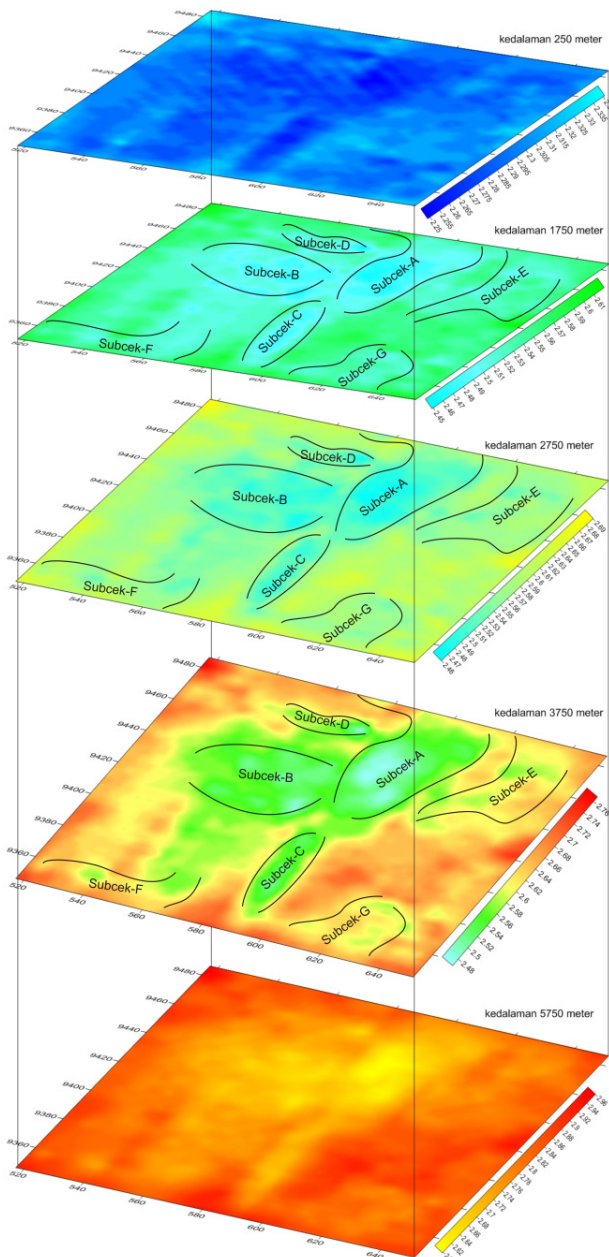
penyebaran rapat massa pada masing-masing kedalaman horizon yang dipilih secara berturut turut yaitu pada kedalaman 250 m nilai rapat massanya (2.25-2.34) gr/cc, kedalaman 1750 m rapat massa (2.44-2.6) gr/cc, kedalaman 2750 m (2.46-2.68) gr/cc, kedalaman 3750 m (2.47-2.76)gr/cc, dan pada kedalaman 5750 m nilai rapat massanya (2.59-2.90) gr/cc. Dari kelima model sayatan horizontal tersebut, terlihat bahwa nilai rapat massa semakin kebawah semakin besar dan panjang gelombang anomali semakin lebar, hal ini disebabkan karena bagian yang lebih dalam umumnya lebih tua dan sudah mengalami deformasi tektonik lebih lama. Pola struktur yang muncul seperti halnya pada anomali residual mempunyai arah relatif Timur-Barat dan sebagian Utara-Selatan, struktur ini lebih jelas terlihat pada kedalaman di atas 3750m.



Gambar 15. (a) Interpretasi model penampang AA', (b) Interpretasi model penampang BB', dan (c) Interpretasi model penampang CC'

PEMBAHASAN

Hasil interpretasi kualitatif yang terlihat pada Gambar 13 menunjukkan deliniasi subcekungan sedimen yang ada di daerah penelitian terdiri dari 7 subcekungan sedimen yaitu : subcekungan-A , yang berada di sebelah utara dan ditunjukkan oleh warna biru, subcekungan ini kemungkinan sebagai subcekungan yang paling tebal batuan sedimennya hal ini didukung oleh hasil inversi khususnya penampang horisontal (Gambar 16) yang diekstrak dari hasil inversi 3D. Dari Gambar 16 terlihat bahwa subcekungan-A muncul mulai dari sayatan (slice) kedalaman 250m, 1750m, 2750m dan 3750m. Pada sayatan kedalaman 3750m di



Gambar 16. Model distribusi rapat massa sayatan horizontal pada kedalaman 250 m, 1750 m, 2750 m dan 3750 m yang diekstrak dari model 3D inversi.

subcekungan-A masih muncul rapat massa rendah seperti ditunjukkan warna hijau/birumuda, batuan dasar (basement) pada subcekungan-A kemungkinan lebih dari 6 Km. Subcekungan-B menempati area sebelah barat subcekungan-A yang dibatasi oleh tinggian yang ditunjukkan seperti pada Gambar 12. Meskipun arealnya lebih kecil, subcekungan-B merupakan subcekungan dengan ketebalan sedimen ke dua setelah subcekungan-A, hal ini didukung oleh hasil inversi pada (Gambar 16). Dari Gambar 16 terlihat bahwa nilai anomali rendah masih muncul hingga sayatan pada kedalaman 3750m. Subcekungan-C yang terlihat pada Gambar 13 berada pada bagian sebelah selatan-tengah memanjang dengan arah relatif utara-selatan, subcekungan ini berada pada sebelah selatan subcekungan-A dibatasi oleh pola struktur sesar seperti terlihat pada Gambar 11. Subcekungan-C muncul mulai dari slice kedalaman 250m, 1750m, 2750m dan 3750m. Subcekungan-D berada pada bagian utara daerah penelitian khususnya disebelah utara subcekungan-B memanjang dengan arah relatif timur-barat seperti terlihat pada Gambar 13. Subcekungan-D diperkuat oleh hasil inversi sayatan horisontal (Gambar 16) dimana anomali rendah muncul pada sayatan kedalaman 250m, 1750m, 2750m dan 3750m. Subcekungan-E menempati daerah sebelah timurlaut ditunjukkan oleh warna birumuda-hijau seperti terlihat pada Gambar 13. Cekungan ini berada disebelah timur subcekungan-A yang dibatasi oleh tinggian seperti terlihat pada Gambar 11. Subcekungan-E ketebalan sedimennya lebih tipis dibandingkan dengan subcekungan-A, B, C dan D hal ini diperkuat oleh hasil pemodelan inversi yang ditunjukkan pada Gambar 16. Dari Gambar terlihat bahwa nilai rapat massa kecil muncul hingga sayatan kedalaman 2750m. Pada kedalaman 3750m sudah agak tinggi (warna merah) sekitar 2.7 gr/cc yang diduga sebagai basement. Subcekungan-F menempati daerah sebelah baratdaya daerah penelitian, hasil deliniasi subcekungan berdasarkan anomali residual (Gambar 13) subcekungan ini ditunjukkan oleh warna biru, namun demikian berdasarkan anomali Bouguer

(Gambar 4) menunjukkan warna merah. Anomali Bouguer ini merupakan gabungan dari anomali dalam dan anomali dangkal jadi kemungkinan pengaruh anomali dalam masih kuat sehingga respon anomali Bouguer masih tinggi. Untuk mengecek dengan melihat hasil inversi Gambar 16, dari gambar terlihat bahwa subcekungan-F kelihatan tipis dan kecil, memanjang dengan arah relatif timur barat. Densitas rendah muncul pada sayatan kedalaman 250m, 1750m dan 2750m, pada kedalaman 3750m muncul anomali tetapi kecil. Subcekungan yang terakhir yaitu subcekungan-G, subcekungan ini berada pada sebelah tenggara daerah penelitian yang ditunjukkan oleh warna hijau-kuning pada anomali residualnya (Gambar13). Subcekungan-G merupakan subcekungan yang paling dangkal jika dibandingkan dengan subcekungan yang lain hal ini terlihat dari sayatan horisontal hasil inversi Gambar 16. Dari gambar terlihat bahwa subcekungan-G muncul mulai dari sayatan kedalaman 250m, 1750m dan 2750m pada kedalaman 3750m sudah merupakan basement. Pada kegiatan eksplorasi migas informasi mengenai struktur regional, deposenter cekungan sedimen dan basement merupakan informasi awal yang diperlukan untuk pada tahap eksplorasi. Metode gayaberat merupakan salah satu metoda geofisika yang digunakan untuk survei pendahuluan (reconnaissance) yang nantinya diikuti oleh survei seismik untuk mengetahui potensi secara detail petroleum sistem baik reservoir, trap, dan batuan penutup (seal).

Hasil analisis data gayaberat secara umum memperlihatkan bahwa metoda ini dapat digunakan secara efektif untuk mengetahui pola struktur, tinggian dan deposenter cekungan secara regional untuk membantu metoda seismik dalam eksplorasi hidrokarbon. Hingga saat ini pada wilayah daerah penelitian belum ada penemuan migas yang potensial, berdasarkan informasi dari Pusdatin KESDM data seismik di daerah tersebut tergolong data lama yaitu diambil sekitar tahun 1990 dan yang terbaru yaitu sekitar tahun 2000 dan kualitas datanya kurang bagus sehingga untuk interpretasi kurang jelas. Hasil analisis data gayaberat yang meliputi analisis spektral, pemisahan anomali regional dan residual menggunakan upward kontinuitas dan pemodelan inversi 3D menunjukkan hasil yang cukup baik. Pola struktur, deposenter subcekungan, dan struktur model geologi bawah permukaan menunjukkan bahwa cekungan tersebut mempunyai batuan sedimen yang cukup tebal.

Hingga saat ini data seismik yang terdapat pada daerah tersebut kualitasnya kurang baik khususnya pada bagian bawah sehingga tidak dapat secara baik menentukan posisi batuan dasar (*basement*). Analisis data gayaberat ini dapat memberikan gambaran secara regional mengenai lokasi subcekungan, deposenter cekungan, batuan dasar dan struktur regional yang nantinya akan dapat memberikan informasi tambahan dan arah pada eksplorasi selanjutnya.

KESIMPULAN

Pola struktur yang muncul di daerah penelitian berdasarkan hasil analisis kualitatif anomali residual yaitu berarah relatif barat-timur dan utara-selatan, pola ini kemungkinan disebabkan karena pengaruh tektonik dan *facies* Australia. Hasil filter *optimum upward continuation* menunjukkan bahwa ketinggian optimum yang diperoleh yaitu pada ketinggian 6000 m, hasil ini digunakan untuk menentukan anomali regional dan residual, anomali regional menunjukkan anomali dengan panjang gelombang panjang yang biasanya diinterpretasikan sebagai struktur regional (dalam) sedangkan anomali residual merefleksikan anomali dengan panjang gelombang lebih pendek yang diinterpretasikan sebagai struktur lokal (dangkal). Hasil analisis spektral memperlihatkan bahwa kedalaman batuan dasar (*basement*) daerah penelitian yaitu sekitar 3.6 Km. Jumlah sub-cekungan sedimen yang dapat didelineasi berdasarkan analisis data gayaberat ini adalah sebanyak 7 sub-cekungan sedimen. Batuan dasar yang mengalasi daerah penelitian yaitu berupa batuan kerak benua Australia yang telah mengalami metamorfisme dengan nilai rapat massa sekitar 2.7 gr/cc. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa pada daerah penelitian terdapat beberapa deposenter cekungan sedimen yang cukup tebal dan juga struktur patahan serta antiklinal yang menarik dari sisi petroleum sistem untuk dieksplorasi lebih lanjut.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian geofisika lebih lanjut di sekitar sub-cekungan yang telah didelineasi dengan melakukan penelitian metode geofisika yang lebih detail seperti metoda Seismik 3D dari tinjauan parameter fisis yang berbeda untuk mengetahui pola struktur dan keberadaan kandungan hidrokarbon pada sub-cekungan tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Koordinator Kelompok Kerja Migas, Koordinator Kelompok Kerja Pemetaan Geologi Laut, Kepala Tim Penelitian Cekungan Migas Perairan Arafura, Kru Kapal dan Anggota Tim yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

DAFTAR ACUAN

- Bachri, S., 2014, Kontrol Tektonik dan Struktur Geologi Terhadap Keterdapatannya Hidrokarbon di Daerah Papua, *Jurnal Geologi dan Sumber Daya Mineral*, Vol.15, No.3 Agustus Tahun 2014, Hal: 133-141
- Blakely, R. J., 1996, *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Darman, H., & Sidi, F.H., 2000, An Outline of the geology of Indonesia, *Indonesian Association Geology*, 192h.
- Hamilton, W., 1974, *Map of Sedimentary Basin of The Indonesian Region*, Prepared on behalf of the Ministry of Mine, Government of Indonesia and The Agency for International Development, U.S. Departement of State in Cooperation with The Geological Survey of Indonesia.
- Karunianto, A.J., Haryanto, D., Hikmatullah, F., dan Lausanpura, A., 2017, Penentuan Anomali Gayaberat Regional dan Residual menggunakan Filter Gaussian daerah Mamuju Sulawesi barat, *Eksplorium* Volume 38, No.2 November Tahun 2017, 89-98.
- Miharwatiman, J.S., Kleibacker, D.W., Backer, J.A., Andria, L., and Elliot, J., 2013, Exploration of the Arafura Basin Indonesia, *Proceedings Indonesian Petroleum Association*. Thirty-Seventh Annual Convention and Exhibition, IPA13-G-184.
- Obasi, A.I., Onwumesi, A.G., and Romanus, O.M., 2016, An Enhanced Trend Surface Analysis Equation for Regional-Residual Separation of Gravity Data, *Journal of Applied Geophysics*, 135, September 2016, 90-99.
- Panggabean, H., and Hakim, A.S., 1986, Reservoir Rock Potential of the Paleozoic– Mesozoic Sandstone of the Southern Flank of the Central Range, Papua *Proceedings Indonesian Petroleum Association 15th Annual Convention*, hal: 461 – 480.
- 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.
- Purnomo, J., Koesuma, S., dan Yunianto, M., 2013, Pemisahan Anomali Regional-Residual pada metoda Gravitasi menggunakan metoda Moving Average, Polynomial dan Inversion, *Indonesian Journal of Applied Physics*, Vol.3 No.1, April 2013, Halaman 10
- Setiadi, I. dan Marjiyono, 2018, Interpretasi Geologi Bawah Permukaan Delineasi Cekungan Salawati wilayah Sorong dan sekitarnya Berdasarkan Analisis Spektral serta pemodelan 2D dan 3D data Gayaberat, *Jurnal Geologi dan Sumber Daya Mineral*, Vol. 19 N0.3, Agustus 2018, hal. 117 – 130.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., and Keys. D. A., 1990, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Tim Arafura, 2017, *Penelitian Cekungan dan Pengembangan Model Geologi Hidrokarbon Untuk Mendukung Wilayah Migas di Wilayah Perairan Arafura*, Laporan Kegiatan Penelitian, Puslitbang Geologi Kelautan Balitbang ESDM, tidak di publikasikan.
- Zeng, H., Xu, D., and Tan, H., 2007. A model study for estimating optimum upward-continuation height for gravity separation with application to a Bouguer gravity anomaly over a mineral deposit, Jilin province, northeast China. *Geophysics*, Vol. 72, No. 4 July-August 2007; P. I45–I50, 9 Figs., 1tABe.10.1190/1.2719497.
- 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), 106 -123. <http://doi.org/10.1016/j.nrjag.2016.01.005>