



Interpretasi Geologi Cekungan Singkawang, Kalimantan Barat, Berdasarkan Analisis Data Gayaberat dan Seismik

Interpretasi Geologi Cekungan Singkawang, Kalimantan Barat, Berdasarkan Analisis Data Gayaberat dan Seismik

Imam Setiadi¹, Ahmad Setiawan², M. Andri Syahrir Iskandar¹

¹Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan, Jalan Dr Djunjuran, No. 236, Bandung

²Pusat Survei Geologi, Jl. Diponegoro No. 57, Bandung

e-mail: setiadi_i@yahoo.com

Naskah diterima: 12 September 2022, Revisi terakhir: 27 Januari 2023, Disetujui: 27 Januari 2023 Online: 03 Mei 2023

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v24i2.728>

Abstrak-Cekungan Singkawang merupakan salah satu cekungan sedimen di Indonesia yang belum dieksplorasi secara optimal. Cekungan ini berumur Mesozoikum dan secara ekonomis belum cukup terbukti sebagai cekungan berpotensi minyak dan gas bumi, hal ini disebabkan masih sangat jarang data seismik dan belum adanya data pemboran. Namun demikian hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem petroleum Cekungan Singkawang berdasarkan informasi geologi terdapat hal yang menarik, dimana Formasi Sungai betung dan Banan diduga sebagai batuan induk dan Formasi Pendawan sebagai reservoir dan tudung. Hal ini menandakan bahwa pada cekungan ini terdapat sistem petroleum yang aktif. Atas dasar ini akan dilakukan interpretasi geologi bawah permukaan berdasarkan data gayaberat dan seismik dengan tujuan untuk mendelineasi sub-cekungan sedimen, mengetahui konfigurasi batuan dasar, menginterpretasi pola struktur serta data seismik digunakan untuk mengetahui pelapisan formasi batuan sedimen. Analisis data gayaberat dilakukan menggunakan teknik analisis spectral, *bandpass filter* serta pemodelan 2D, sedangkan analisis data seismik dilakukan dengan cara *picking horizon*. Hasil analisis gayaberat menunjukkan bahwa pola sub-cekungan sedimen di daerah penelitian adalah sebanyak 7 sub-cekungan sedimen dengan ketebalan rata-rata berdasarkan analisis spectral adalah sebesar 2,26 Km. Pola kelurusan dan penyebaran sub-cekungan sedimen mempunyai arah relatif timur-barat. Berdasarkan hasil pemodelan 2 dimensi dapat diinterpretasikan bahwa batuan dasar (*Basement*) adalah batuan metamorfik dengan nilai densitas 2,75 gr/cc dan batuan sedimen dengan nilai densitas 2,3 gr/cc. Hasil interpretasi seismik menunjukkan bahwa di atas batuan dasar diendapkan Formasi Pendawan, Kayan dan Payak. Hasil deliniasi sub-cekungan sedimen secara regional dan interpretasi data seismik diharapkan dapat bermanfaat untuk mengetahui pola rendahan (*depocenter*) dan tinggian (*basement high*), serta struktur dalam rangka untuk pengembangan rencana eksplorasi migas pada Cekungan Singkawang.

Katakunci: Cekungan Singkawang, Gayaberat, Pola struktur, Seismik,

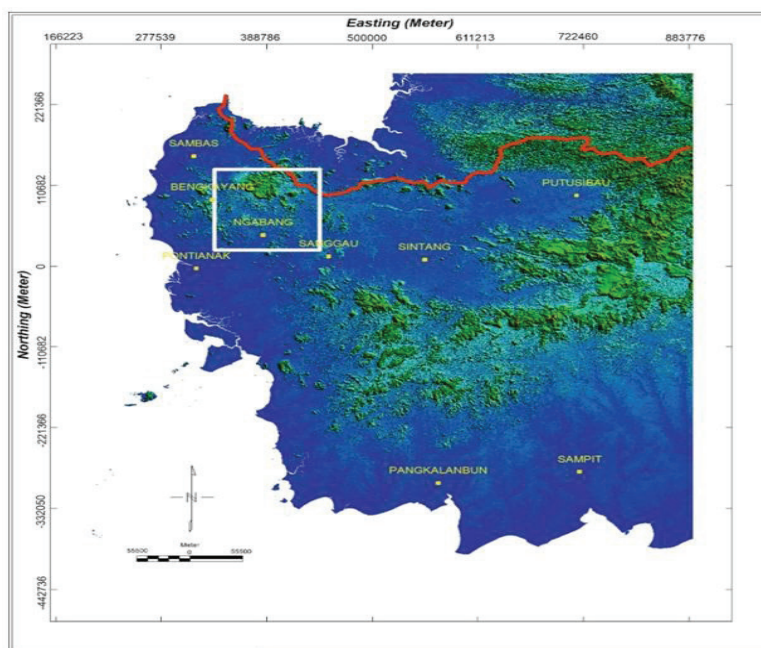
Abstract-The Singkawang Basin is one of the sedimentary basins in Indonesia that has not been explored optimally. This basin is Mesozoic basin and economically has not sufficient proven as a basin with potential for oil and gas, this is due to minimum seismic and drilling data. However, the results of previous studies showed that petroleum system of the Singkawang Basin based on geological information contained interest things, where the Sungai Betung and Banan formations were thought to be the source rock and the Pendawan Formation as the reservoir and cap rock. This indicates that Singkawang basin has an active petroleum system. Interpretation of subsurface geology will be carried out based on gravity and seismic data with the purposes are to delineate sedimentary sub-basins, basement configuration delineation, interpreting structural patterns, and seismic data to determine the layering of sedimentary rock formations. Gravity data analysis was carried out using spectral analysis techniques, *bandpass filters* and 2D modeling, while seismic data analysis was carried out by picking horizons to determine sedimentary rock formations. The results of the gravity analysis show that the sedimentary sub-basin patterns seen in the study area are 7 sedimentary sub-basins, with an average sediment thickness based on spectral analysis of 2.26 Km. The pattern of lineament and distribution of sedimentary sub-basins has a relative east-west direction. Based on the results of 2D modeling, it can be interpreted that the basement is metamorphic rock with a density value of 2,75 gr/cc and sedimentary rock with a density value of 2,3 gr/cc. Seismic interpretation results show that the Pendawan, Kayan and Payak Formation are deposited above the basement. The results of regional delineation of sedimentary sub-basins and interpretation of seismic data are expected to be useful for understanding the pattern of the low (*depocenter*) and high (*basement high*), as well as the structure in order to develop plans for oil and gas exploration in the Singkawang Basin.

Keywords: Singkawang Basin, Gravity, structure patterns, Seismic,

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara yang mempunyai potensi hidrokarbon yang besar di dunia, terlihat dari hasil penelitian atlas cekungan sedimen (Badan Geologi, 2020) yang berhasil memetakan jumlah cekungan sedimen berdasarkan data geologi dan geofisika yaitu kurang lebih sekitar 128 cekungan sedimen yang mempunyai potensi ekonomi geologis. Untuk meningkatkan produksi migas ini dapat dilakukan dengan dua langkah, yang pertama yaitu dengan mengoptimalkan produksi cekungan-cekungan sedimen yang sudah terbukti menghasilkan hidrokarbon dengan cara memanfaatkan teknologi-canggih untuk mengeluarkan hidrokarbon dari perut bumi, yang kedua adalah diimbangi dengan pencarian cadangan-cadangan baru dengan cara melakukan penelitian di daerah yang belum pernah dieksplorasi atau masih sedikit data geologi ataupun geofisika. Cekungan Singkawang adalah salah satu cekungan sedimen yang berumur Mesozoikum, cekungan ini secara administratif berada pada wilayah Propinsi Kalimantan Barat, yang meliputi Kabupaten Bengkayang, Landak dan Sanggau (Gambar 1). Cekungan ini berada di sebelah barat Cekungan Ketungau dan Melawi (yang berumur Kenozoikum). Penelitian geologi dan geofisika di wilayah cekungan Mesozoikum khususnya Cekungan Singkawang ini masih jarang dilakukan. Penelitian tim sistem petroleum Mesozoikum Singkawang (Zajuli, 2016) menunjuk-

kan bahwa sedimen halus Formasi Sungaibetung dan Banan memiliki potensi yang bagus sebagai batuan induk penghasil gas. Berbeda dengan cekungan di sebelah timur yaitu cekungan Ketungau dan Melawi beberapa penelitian yang sudah dilaksanakan diantaranya yaitu Zajuli & Suyono (2011) melakukan penelitian mengenai geokimia organik dan *rock eval pyrolysis* batuan sedimen halus berumur Eosen Cekungan Ketungau memperoleh hasil bahwa batuan induk menghasilkan gas dengan kategori jelek sampai sedang dan tingkat kematangan pada level belum matang sampai matang. Lauty (2014) meneliti diagenesis batupasir Eosen di Cekungan Ketungau dan Melawi. Penelitian mengenai stratigrafi dan tektonika Cekungan Ketungau Timur selama Paleogen dilakukan oleh (Suyono, 2013) yang menyatakan bahwa Cekungan Ketungau terbentuk pada masa Kapur Akhir hingga Eosen Akhir yang kemudian terisi oleh sedimen Formasi Selangkai. Secara geologi, batuan sedimen yang berada pada Cekungan Singkawang umumnya berumur Mesozoikum, berdasarkan hasil penelitian tim sistem petroleum Mesozoikum Cekungan Singkawang menyatakan bahwa Formasi Sungaibetung dan Banan diduga sebagai batuan induk dan Formasi Pendawan sebagai reservoir dan tudung. Untuk mengetahui kondisi geologi bawah permukaan Cekungan Singkawang perlu dilakukan penelitian geofisika khususnya metoda Gayaberat (*gravity*) dan Seismik.



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian di Cekungan Singkawang, Kalimantan Barat.

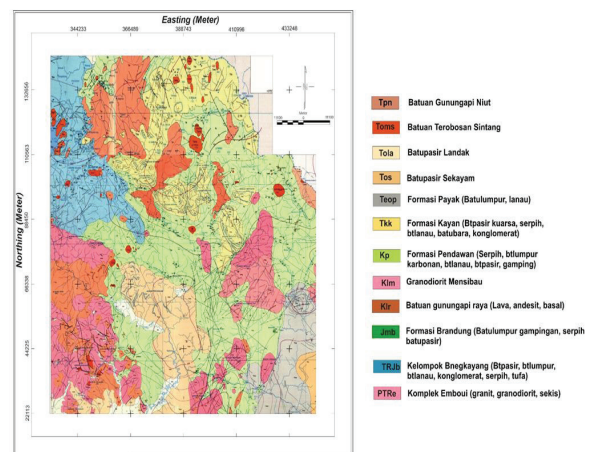
Gayaberat adalah salah satu metoda geofisika yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan bumi berdasarkan perbedaan rapat massa (*density*). Dengan dilakukan penelitian gayaberat diharapkan akan dapat mendelineasi pola cekungan atau sub-cekungan serta konfigurasi batuan dasar (*basement*) di Cekungan Singkawang. Informasi mengenai batas cekungan, kedalaman *basement*, struktur dan tinggian di Cekungan Singkawang ini penting sebagai informasi awal mengenai ukuran/dimensi dari cekungan. Seismik merupakan metode geofisika dengan tingkat resolusi yang lebih tinggi dari metode gayaberat yang dapat digunakan untuk mengetahui perlapisan batuan sedimen berdasarkan parameter fisis cepat rambat gelombang. Dengan menerapkan kedua metode ini diharapkan dapat diketahui model geologi bawah permukaan untuk menambah informasi sistem petroleum yang mendukung potensi keberadaan sumber daya migas.

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Secara regional tatanan tektonik dan fisiografi Indonesia saat ini merupakan produk perkembangan tektonik dari kinematika 3 lempeng utama bumi yang berinteraksi di wilayah ini. Ketiga lempeng tersebut adalah Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia dan bagian barat Lempeng Samudera Pasifik. Selanjutnya interaksi ketiga lempeng tersebut menghasilkan wilayah-wilayah regangan dan mampatan regional (van de Weerd & Armin, 1992, Hall, 1996) yang berhubungan dengan pembentukan cekungan-cekungan. Evolusi tektonik Asia Tenggara telah memberikan gambaran regional sejarah Kenozoikum Kalimantan dan telah dikembangkan oleh beberapa peneliti (Hutchison, 1996; Daly dkk., 1991; Hall, 1996, 1997). Secara tektonika keberadaan cekungan-cekungan sedimen di daerah Kalimantan sebelah barat (Cekungan Ketungau, Melawi dan Singkawang) dikontrol oleh adanya proses subduksi dari Laut Cina Selatan yang mengarah ke selatan sebelum terjadi tumbukan (*collision*) *Luconian microcontinent* (Hutchison, 1996). Daerah penelitian termasuk kedalam wilayah yang tercakup dalam peta geologi skala 1:250.000 Lembar Singkawang (Suwarna & Langford, 1993), Lembar Sanggau (Supriatna, dkk, 1993), Lembar Sambas (Rusmana dan Pieters, 1993).

Secara umum batuan yang tersingkap di daerah penelitian berumur tua mulai dari Kenozoikum hingga Permian seperti terlihat pada Gambar 2. Batuan yang berumur Tersier terdiri dari batuan gunung api Niut, terobosan Sintang, batupasir Landak, batupasir Sekayam, Formasi Payak (batulumpur, lanau), Formasi Kayan (batupasir kuarsa, serpih, batulanau, batubara, konglomerat). Batuan berumur Kapur yang

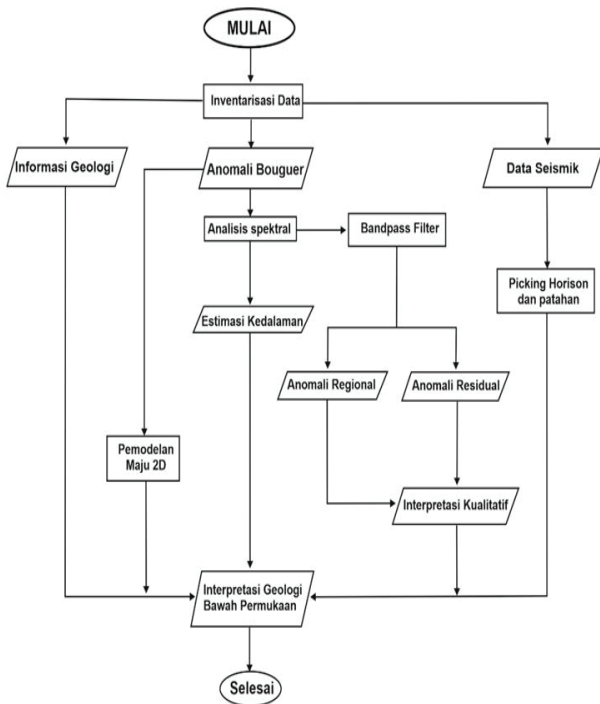
terdiri dari Formasi Pendawan (serpih, batulumpur karbonan, batulanau, batupasir), Formasi Selangka terdiri atas batulumpur gampingan dan kerikilan, Granit Laur, Granit Mensibau, Batuan gunungapi raya. Batuan berumur Jura terdiri dari Formasi Brandung (batulumpur gampingan, serpih sabakan dan batupasir). Batuan berumur Trias terdiri dari Kelompok Bengkayang yang terdiri atas batupasir, batulumpur, batulanau, serpih, tufa, Formasi Sadong yang terdiri atas (batupasir arkosa, serpih, konglomerat dan tufa), batuan gunungapi Serian dan Jambu. Batuan pada umur Permian terdiri atas Kelompok Balaisebut (batusabak, batulumpur, batulanau, batulumpur, serpih, batupasir halus), Batuan Malihan Pinoh terdiri atas batusabak, filit, sekis, amfibol, genis. Berdasarkan data dari peta geologi dapat dibuat suatu hipotesis terkait dengan sistem petroleum di daerah penelitian yaitu batuan yang dapat berpotensi sebagai batuan induk adalah: Formasi Seminis, Pendawan, Brandung dan Sungai betung, sebagai batuan reservoir: Batupasir Kayan, Formasi Pendawan dan Banan, *Seal* (batuan tudung): Formasi Pendawan, Formasi Kayan.



Gambar 2. Peta geologi daerah penelitian Cekungan Singkawang, Kalimantan Barat.

METODOLOGI

Data utama yang digunakan pada penelitian ini adalah data gayaberat hasil pengukuran Pusat Survei Geologi (PSG) pada tahun 2018 sebanyak 302 titik pengukuran, sedangkan data sekunder yaitu data geologi dan seismik. Data seismik diambil dari Pusat Data dan Informasi (PUSDATIN) KESDM sedangkan data geologi diperoleh dari berbagai sumber yang digunakan untuk validasi hasil interpretasi dan pemodelan bawah permukaan. Metodologi penelitian selengkapnya dapat dilihat pada diagram penelitian seperti ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Penelitian Cekungan Singkawang, Kalimantan Barat.

Dari diagram penelitian tersebut terlihat bahwa penelitian dimulai dengan inventarisir data yang berupa data anomali *Bouguer gravity* (gayaberat), data seismik dan informasi geologi. Data gayaberat selanjutnya dilakukan analisis spectral untuk mengestimasi kedalaman dan penapisan menggunakan *bandpass filter*. Hasil *bandpass filter* digunakan untuk mengetahui pola anomali regional dan residual yang selanjutnya digunakan untuk analisis kualitatif. Pemodelan maju (*forward modeling*) 2D dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui model geologi bawah permukaan khususnya batuan dasar dan perlapisan batuan sedimen sehingga dapat diketahui bentuk, ukuran dan lokasi penyebarannya yang nantinya digunakan untuk analisis kuantitatif. Sementara untuk data seismik, analisis dilakukan dengan cara melakukan picking horizon dan struktur/patahan. Hasil analisis data gayaberat, seismik dan validasi data geologi permukaan selanjutnya digunakan untuk melakukan interpretasi geologi bawah permukaan. *Band Pass Filter* (BPF) adalah filter yang melewatkan sinyal dengan frekuensi tertentu yang dibatasi oleh frekuensi *cut-off* rendah (fCL) dan frekuensi *cut-off* tinggi (fCH), dan meredam sinyal yang berada di bawah frekuensi *cut-off* rendah dan di atas frekuensi *cut-off* tinggi (Setiadi, dkk., 2021). Pada tanggapan frekuensi *Bandpass Filter*, terdapat istilah *bandwidth* (atau lebar pita) merupakan rentang frekuensi dimana sinyal masih dapat dilewatkan. Nilai dari *bandwidth* diperoleh dari se-

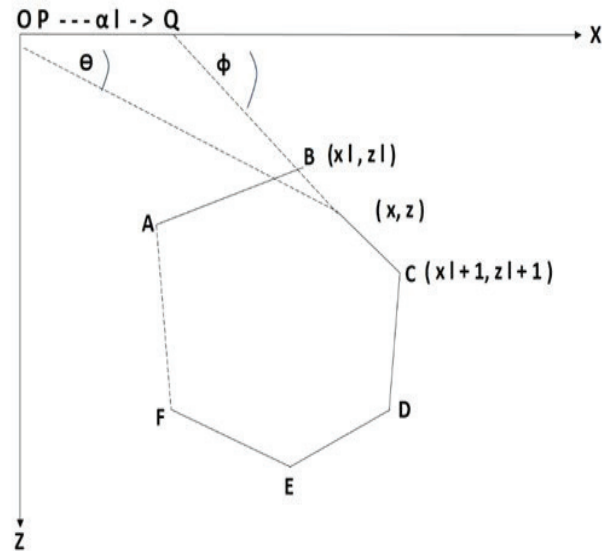
lilih nilai antara frekuensi *cut-off* tinggi dan frekuensi *cut-off* rendah, seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2).

$$BW = fCH - fCL \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- BW = *bandwidth* (Hz)
- fCH = frekuensi *cut-off* tinggi (Hz)
- fCL = frekuensi *cut-off* rendah (Hz)

Forward modeling atau pemodelan ke depan dilakukan berdasarkan metode dua dimensi Talwani dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Gravmag*. Pemodelan ke depan untuk menghitung efek gayaberat model benda bawah permukaan dengan penampang berbentuk sembarang yang dapat diwakili oleh suatu poligon bersisi n dinyatakan sebagai integral garis sepanjang sisi-sisi poligon (Talwani, 1959). Model benda dengan bentuk sembarang merupakan pendekatan yang banyak digunakan dalam kegiatan eksplorasi. Model 2-D ini didekati oleh beberapa poligon dalam sistem koordinat kartesian seperti pada Gambar 4.

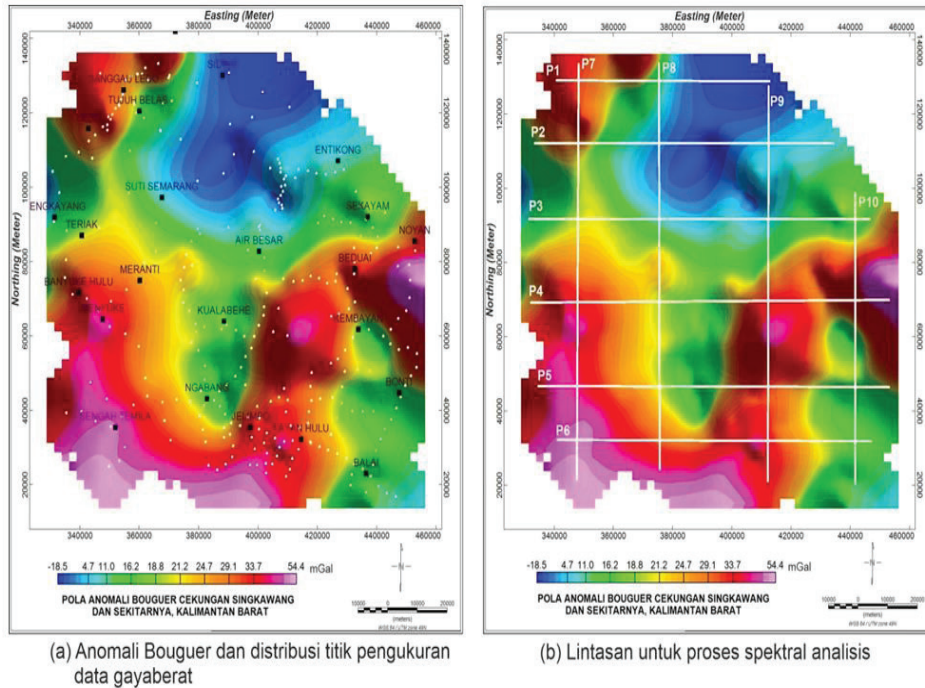


Gambar 4. Model benda 2D dalam koordinat kartesian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Anomali Gayaberat

Data gayaberat yang telah melalui proses reduksi secara lengkap akan menghasilkan anomali gayaberat (*Bouguer*). Jumlah data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak 302 titik pengukuran, yang selanjutnya dilakukan *gridding* dan *konturing* sehingga diperoleh pola anomali *Bouguer* seperti ditunjukkan pada Gambar 5a.

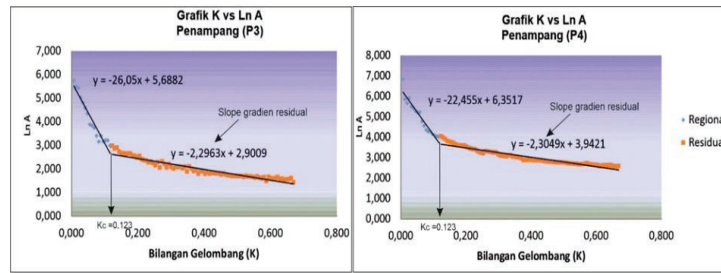


Gambar 5. (a) Pola anomali Bouguer dan distribusi titik pengukuran, (b) arah lintasan yang digunakan pada proses analisis *spectral* data *gravity* Cekungan Singkawang.

Dari Gambar 5a, terlihat bahwa nilai anomali Bouguer hasil survei Cekungan Mesozoikum Singkawang Kalimantan Barat berkisar antara -18,5 mGal hingga 54,4 mGal. Pola anomali dapat dibagi kedalam tiga lajur anomali yang berbeda, yang pertama adalah anomali tinggi (warna ungu) berkisar antara (36 – 54,4) mGal, anomali sedang (warna orange-merah) berkisar antara (20 hingga 35) mGal dan anomali rendah (warna hijau-biru) dengan nilai rentang anomali berkisar antara (-18,5 hingga 19) mGal. Anomali tinggi menempati daerah bagian sebelah selatan, barat dan timur yang meliputi daerah Sengah Temila, Ngabang Sosok dan Noyan. Anomali tinggi ini kemungkinan berkaitan dengan batuan dasar (*basement*) metamorfik dan juga batuan beku yang terangkat hingga permukaan. Anomali sedang menempati daerah pada bagian tengah dan tenggara yaitu di sekitar Kualabehe, Ngabang, Balai dan Bonti, anomali ini kemungkinan diakibatkan karena pengaruh dari batas cekungan sedimen Mesozoikum. Sedangkan anomali rendah diinterpretasikan sebagai deposenter cekungan sedimen Mesozoikum yang berada di wilayah Kabupaten Landak dan sekitarnya. Hasil peta anomali Bouguer tersebut belum dapat menggambarkan kondisi struktur lokal daerah penelitian sehingga perlu dilakukan pemisahan anomali lokal (*residual*) dan regional. Sebelum dilakukan proses *filtering* untuk memisahkan anomali

residual dan regional akan dilakukan analisis *spectral* terlebih dahulu yaitu untuk mengestimasi kedalaman batuan dasar dan menentukan bilangan gelombang *cut-off* yang digunakan untuk proses *bandpass filter*. Arah penampang lintasan untuk melakukan analisis *spectral* dapat dilihat pada Gambar 5b. Grafik contoh hasil analisis *spectral* dapat dilihat pada Gambar 6a, sedangkan hasil perhitungan kedalaman *residual* dan regional selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 6b. Dari Gambar 6b terlihat bahwa kedalaman bidang diskontinuitas dangkal (*residual*) rata-rata daerah penelitian adalah sebesar 2,26 Km. Kedalaman ini diinterpretasikan sebagai kedalaman batuan dasar (*basement*) yang terdapat pada daerah penelitian. Kedalaman bidang diskontinuitas dalam (*regional*) hasil perhitungan analisis *spectral* adalah sebesar 23,56 Km. Kedalaman ini diinterpretasikan sebagai kedalaman bidang diskontinuitas bidang bawah yang posisinya lebih dalam dan biasanya diinterpretasikan sebagai bidang kerak bawah (*lower crust*).

Hasil analisis *spectral* data gayaberat seperti ditunjukkan pada Gambar 6 nantinya digunakan sebagai informasi awal pada proses *filtering* dan pemodelan geologi bawah permukaan khususnya mengenai estimasi kedalaman batuan dasar pada daerah penelitian.



(a) Contoh grafik analisis spektral lintasan P3 dan P4

No	Lintasan	Bilangan Gelombang (Kc)	Lebar Jendela (N)	Kedalaman Regional (Km)	Kedalaman Residual (Km)
1	Lintasan P1	0,098	16,020	20,65	2,41
2	Lintasan P2	0,124	12,661	25,27	2,23
3	Lintasan P3	0,123	12,764	26,05	2,29
4	Lintasan P4	0,123	12,764	22,45	2,3
5	Lintasan P5	0,126	12,460	23,34	2,33
6	Lintasan P6	0,126	12,460	20,99	2,06
7	Lintasan P7	0,133	11,805	21,95	2,15
8	Lintasan P8	0,115	13,652	24,9	2,37
9	Lintasan P9	0,095	16,526	25,48	2,25
10	Lintasan P10	0,128	12,266	24,56	2,23
	Rata-rata	1,191	133,379	235,64	22,62
		0,119	13,338	23,564	2,262
Lebar Window			(48X48) Km		

(b) Hasil perhitungan kedalaman residual dan regional analisis spektral

Gambar 6. (a) Grafik analisis spektral contoh penampang P3 dan P4, (b) Kedalaman regional, residual, bilangan gelombang, dan lebar jendela hasil analisis spektral.

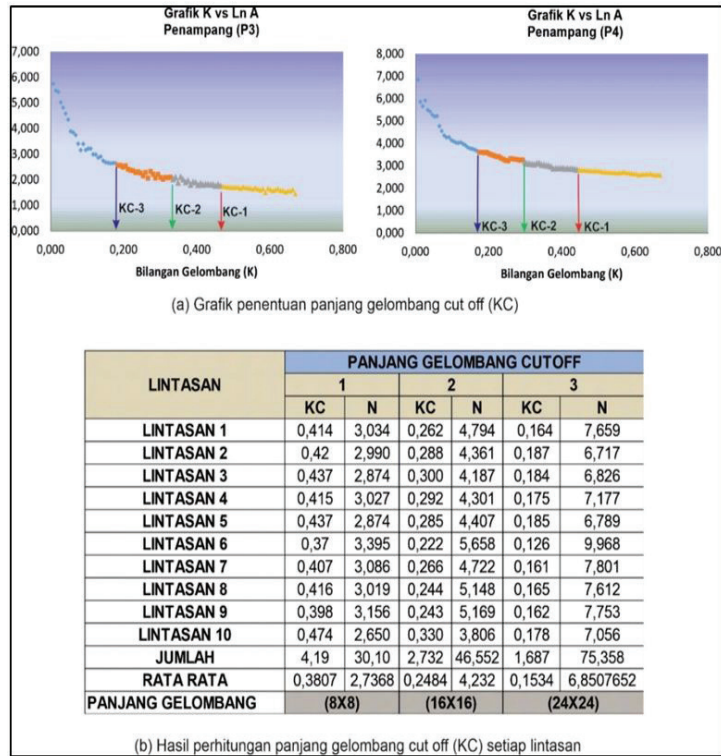
Bandpass Filter

Bandpass filter yang akan digunakan merupakan suatu filter untuk menyaring data dengan panjang gelombang tertentu yang telah dibatasi batas bawah dan batas atasnya. Panjang gelombang *cut-off* (K_c) yang digunakan untuk menentukan batas bawah berdasarkan hasil analisis spectral seperti ditunjukkan seperti pada Gambar 7. Gambar 7a memperlihatkan grafik hubungan bilangan gelombang (K) versus Ln Amplitudo (A). Sebaran titik pada grafik tersebut merupakan sekumpulan data hasil FFT sepanjang penampang lintasan yang mencerminkan anomali dengan panjang gelombang yang bervariasi dari panjang gelombang pendek (relatif dekat permukaan) dan panjang gelombang panjang (relatif jauh dari permukaan). Bilangan gelombang besar (posisi semakin ke kanan) menunjukkan benda anomali dengan frekuensi semakin tinggi dan panjang gelombang anomali pendek (dekat permukaan), sebaliknya untuk bilangan gelombang semakin kecil (semakin ke kiri) mencerminkan benda anomali dengan frekuensi rendah, dan panjang gelombang anomali lebih panjang (posisi anomali lebih dalam). Data hasil analisis spectral yang terlihat dari grafik K vs Ln A, menunjukkan bahwa semakin besar bilangan gelombang (K) pada bagian paling kanan untuk frekuensi tinggi biasanya adalah *noise*. Pada analisis spectral ini dilakukan perhitungan 3 bilangan gelombang *cut-off* yaitu masing-masing KC-1, KC-2, dan KC-3, tujuannya adalah untuk menghitung panjang

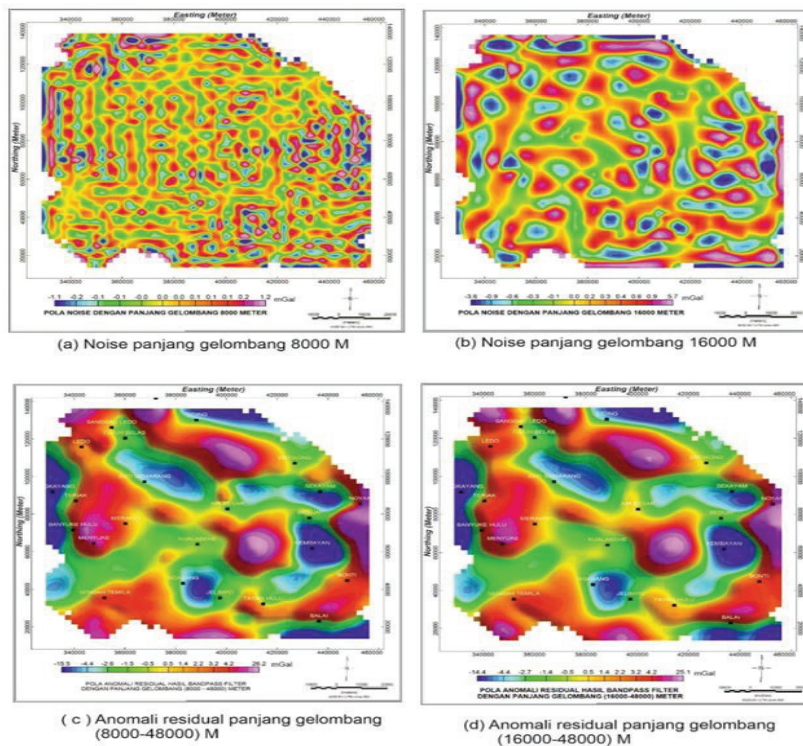
gelombang optimum yang dipakai untuk penentuan batas pada saat melakukan proses *bandpass filter*. Hasil panjang gelombang *cut-off* (lebar window) yang diperoleh dari perhitungan masing-masing bilangan gelombang *cut-off* adalah (8x8 km), (16x16 km) dan (24x24 km) seperti ditunjukkan pada gambar 7b.

Hasil pengeplotan sinyal data dengan panjang gelombang 8000 m dan 16000 m masing-masing dapat dilihat pada Gambar 8a dan 8b. Terlihat bahwa sinyal dengan panjang gelombang 8000 m mempunyai frekuensi cukup tinggi dan panjang gelombang pendek, berdasarkan grafik hubungan K vs Ln A (Gambar 7a) berada pada posisi paling kanan dan diduga sebagai *noise* sehingga sinyal ini harus dibuang. Berdasarkan hasil analisis spectral ini dapat ditentukan batas bawah dan atas yang digunakan untuk proses *bandpass filter*. Contoh hasil *bandpass filter* dapat dilihat pada Gambar 8c dan 8d. Gambar 8c memperlihatkan *bandpass filter* panjang gelombang (8000-48000) m, dan Gambar 8d menunjukkan hasil *bandpass filter* panjang gelombang (16000-48000) m. Dari gambar terlihat bahwa pada Gambar 8c masih terlihat pola anomali frekuensi tinggi (panjang gelombang pendek) yang diduga sebagai *noise* sehingga batas bawah yang dipakai adalah panjang gelombang 16000m seperti terlihat pada Gambar 8d.

Hasil anomali residual *bandpass filter* panjang gelombang (16000-48000) m inilah yang nantinya dipakai untuk analisis kualitatif anomali gayaberat.



Gambar 7. (a) Grafik penentuan panjang gelombang *cut-off* contoh pada penampang P3 dan P4, (b) Hasil perhitungan panjang gelombang *cut-off* (Kc) pada setiap lintasan.



Gambar 8. (a) Contoh *noise* data gayaberat pada panjang gelombang 8000 m, (b) *noise* panjang gelombang 16000m, (c) Anomali residual hasil bandpass filter (8000-48000) m, (d) anomali residual hasil bandpass filter (16000-48000) m.

Interpretasi Kualitatif

Interpretasi kualitatif sifatnya tidak terukur bertujuan untuk mengetahui pola atau kecenderungan struktur secara lateral berdasarkan anomali residual terbaik yang terpilih berdasarkan filtering menggunakan metoda *bandpass filter*.

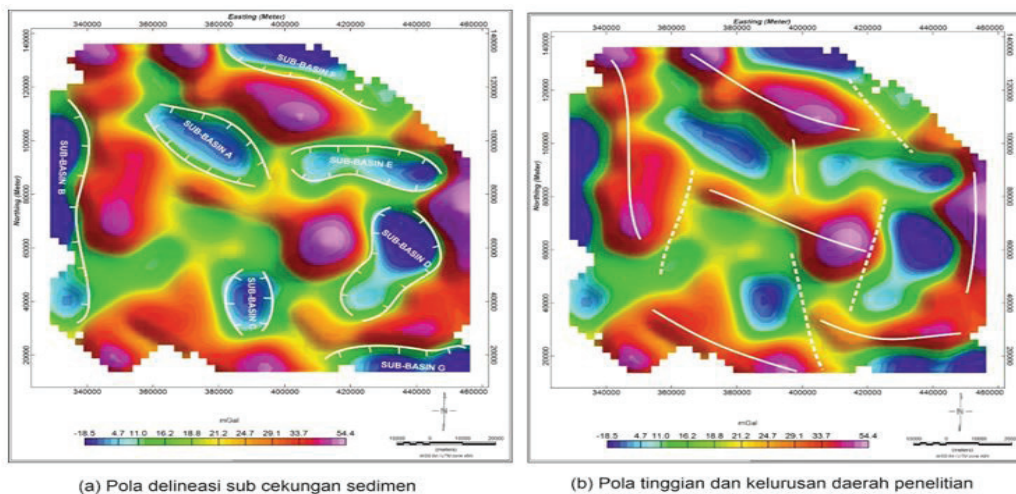
Anomali residual pada Gambar 9a memperlihatkan nilai anomali berkisar antara (-14 hingga 25) mGal, anomali tinggi ditunjukkan oleh warna merah sedangkan anomali rendah warna biru. Anomali tinggi yang terlihat pada peta anomali *gravity residual* memperlihatkan adanya batuan dengan densitas tinggi yang menempati daerah tersebut atau pengaruh dari batuan dasar yang posisinya relatif naik ke atas. Anomali rendah diinterpretasikan sebagai akibat adanya batuan sedimen dengan densitas yang relatif rendah yang menempati daerah tersebut. Pada Gambar 9a terlihat bahwa pola delineasi sub-cekungan sedimen mempunyai arah relatif timur-barat dan ada juga yang mempunyai arah relatif utara-selatan. Pola sub-cekungan dengan arah relatif timur-barat secara geologi regional disebabkan karena pengaruh penunjaman dari kerak Luconian dari Laut Cina Selatan ke arah selatan sehingga menyebabkan pola struktur mempunyai arah relatif barat-timur (Hatchison, 1996). Jumlah sub-cekungan sedimen yang dapat delineasi berdasarkan filter terbaik adalah sebanyak 7 sub-cekungan sedimen yang menempati daerah pada bagian sebelah barat, tengah, dan utara. Pola struktur dan kelurusan tinggian yang teridentifikasi berdasarkan peta anomali residual hasil *bandpass filter* menunjukkan bahwa pola struktur secara umum mempunyai arah timur-barat dan utara-selatan seperti ditunjukkan pada Gambar 9b. Pola struktur tinggian ini membatasi sub-cekun-

gan satu dengan yang lainnya. Pola tinggian diduga akibat adanya kegiatan tektonik yang menyebabkan adanya pengangkatan batuan dasar menjadi tinggian (*basement high*).

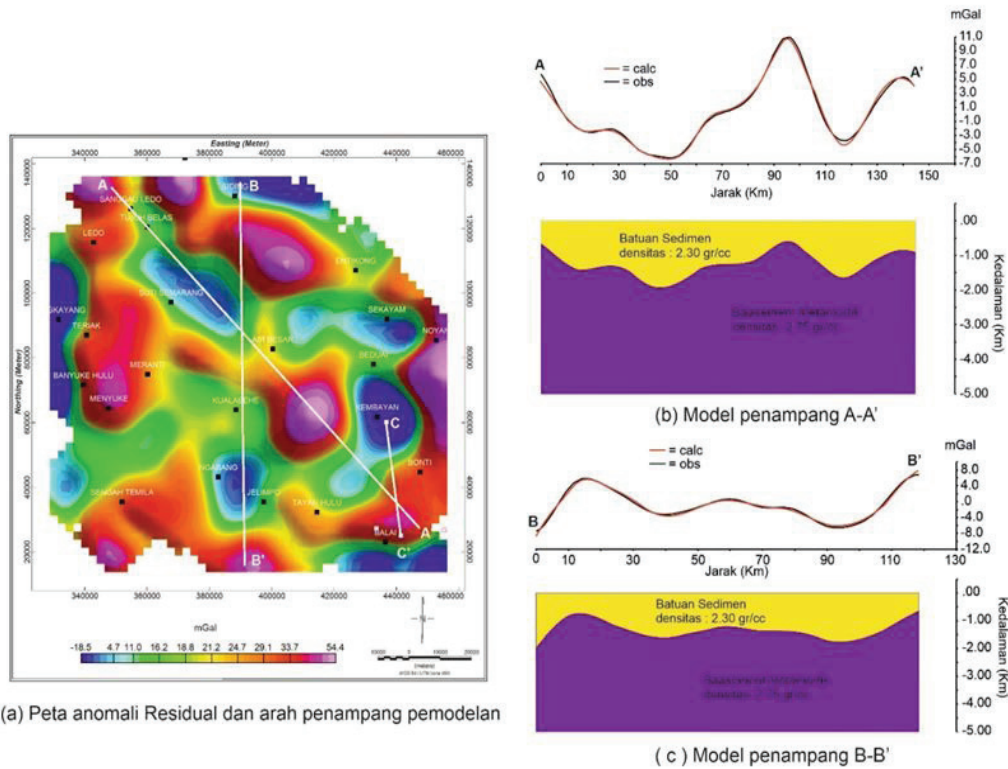
Interpretasi Kuantitatif

Tujuan interpretasi kuantitatif adalah untuk memperkirakan model geologi bawah permukaan dengan melakukan pembuatan model 2 dimensi, sebelum pembuatan model terlebih dahulu dibuat penampang lintasan pemodelan bawah permukaan pada anomali residual seperti terlihat pada Gambar 10a. Pemodelan 2 dimensi dari data gayaberat akan dibuat tiga penampang pemodelan yaitu AA', BB', dan CC'. Penampang lintasan pemodelan AA' mempunyai arah relatif barat-laut-tenggara, BB' dengan arah relatif utara-selatan, dan CC' mempunyai arah relatif utara-selatan.

Hasil pemodelan penampang lintasan AA' dapat dilihat pada Gambar 10b, dari gambar terlihat bahwa penampang dengan arah relatif baratdaya-tenggara melewati tinggian dan rendahan anomali. Kedalaman rata-rata batuan dasar hasil pemodelan data gayaberat adalah sekitar 2,2 Km, hal ini sesuai dengan kedalaman hasil perhitungan analisis spectral yaitu sebesar 2,26 Km. Dari Model Gambar 10b terlihat bahwa batuan dasar dengan nilai densitas 2.75 gr/cc diinterpretasikan sebagai *basement* metamorfik, di atasnya adalah batuan sedimen dengan nilai rapat massa sebesar 2,3 gr/cc. Sepanjang lintasan pemodelan AA' melewati dua deposenter yang cukup tebal batuan sedimennya sebesar 2,2 Km yaitu di daerah Sutisemarang dan di selatan Kembayan. Model yang kedua yaitu penampang BB' dengan arah relatif utara-selatan, seperti terlihat pada Gambar 10b.



Gambar 9. (a) Pola delineasi sub-cekungan sedimen, (b) Pola tinggian dan kelurusan pada Cekungan Singkawang, Kalimantan Barat.



Gambar 10. (a) Arah penampang lintasan pemodelan, (b) Model gayaberat bawah permukaan penampang AA', (c) Model gayaberat bawah permukaan penampang BB.

Dari gambar terlihat bahwa batuan dasar yang mengalasi cekungan ini adalah batuan metamorf dengan nilai densitas sebesar 2.75 gr/cc, selanjutnya di atas batuan batuan dasar ini adalah batuan sedimen dengan nilai rapat massa sebesar 2.3 gr/cc. Batuan sedimen pada Cekungan Singkawang ini terdiri dari batuan sedimen berumur Kenozoikum dan batuan sedimen berumur Mesozoikum. Pada model gayaberat karena keterbatasan resolusi (khususnya vertikal) sehingga tidak bisa membedakan batasan sedimen Tersier dan Mesozoikum, namun pada interpretasi data seismik dapat dibedakan lapisan sedimen Kenozoikum dan Mesozoikum.

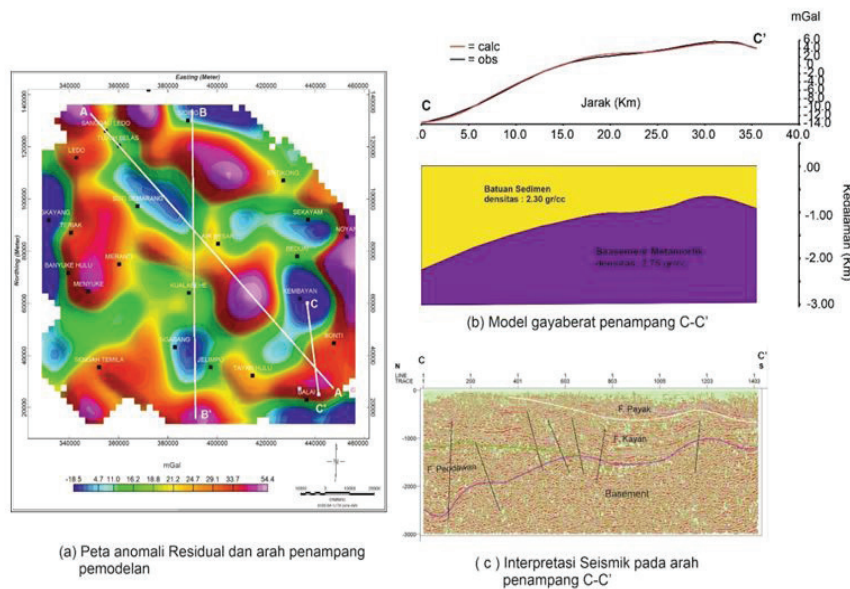
Seperti halnya pada model gayaberat penampang lintasan sebelumnya, model gayaberat Gambar 11b merupakan model sederhana 2 dimensi sepanjang lintasan CC' dengan arah relatif utara-selatan, dari gambar terlihat bahwa lintasan model melewati anomali rendah (warna biru) dan anomali tinggi (warna merah) pada bagian selatan. Model gayaberat 2 Dimensi yang terbangun memperlihatkan bahwa batuan dasar (basement) mempunyai nilai rapat massa sebesar 2.75 gr/cc diinterpretasikan sebagai batuan metamorf, sedangkan di atasnya adalah batuan sedimen dengan nilai densitas rata-rata adalah sebesar 2.3 gr/cc. Pada penampang lintasan CC' ini dikonfirmasi

dengan adanya penampang seismik yang berada tepat berimpit di lokasi penampang CC'. Interpretasi hasil penampang seismik lintasan WM-104A dapat dilihat pada Gambar 11c. Dari gambar terlihat bahwa konfigurasi batuan dasar berada pada kedalaman sekitar 2.2 Km meninggi dari arah utara ke selatan. Di atas batuan dasar ini diendapkan Formasi Pendawan dengan lokasi di sebelah utara penampang seismik, formasi ini bermur Pra-Tersier. Di atas Formasi Pendawan diendapkan Formasi Kayan dengan umur Mesozoikum, dan yang paling atas adalah Formasi Payak dengan umur Mesozoikum.

Daerah penelitian merupakan bagian dari *Kuching Zone*, *basement* zona ini diinterpretasikan ekstensi ke arah utara dari Borneo ke Sarawak (Madon, 1999). Zona tersebut dan basement bagian barat Borneo termasuk bagian dari *West Borneo Block* yang diinterpretasikan sebagai bagian dari *Sundaland* (Hutchison, 1989). Selama masa *Jurassic-Cretaceous* terjadi pengendapan sedimen silisiklastik. Sekuen ini di intrusi oleh *Cretaceous granitoid* sebelum pengendapan *cretaceous-miocene paralic siliciclastic sedimen*. *Basement* di wilayah ini meliputi metamorf dan batuan beku dengan umur Paleozoikum dari Karbon Akhir hingga Kapur Akhir (JICA, 1985; Tate, 1981; Hutchison, 1996; Breitfeld dkk., 2017). Pada umur Meso-

zoikum, Formasi Pedawan diendapkan pada zaman Jura hingga Kapur akhir. Diatas Formasi Pedawan, diendapkan Formasi Kayan secara tidak selaras pada umur Kenozoikum. Ketidakselarasan Pedawan menunjukkan peristiwa tektonik besar sebelum pengendapan sedimen terestrial di Cekungan Kayan. Penanggalan palinologis Formasi Pedawan dan Batupasir Kayan menunjukkan adanya jeda pada Kapur Akhir antara Santonian dan Maastrichtian (Muller, 1968; Morley, 1998). Zaman tersebut bertepatan dengan berakhirnya magmatisme terkait subduksi di baratdaya dan Kalimantan Barat (Moss, 1998; Davies, 2013). Ketidakselarasan Pedawan, yang menandai berhentinya magmatisme terkait subduksi di bawah Baratdaya Borneo dan Pegunungan Schwaner, karena penghentian subduksi Paleo-Pasifik. Sekuen Sintang menerobos sedimen *Kuching Zone* Oligosen Atas hingga Miosen Atas membentuk berbagai *dyke*, *stock*, dan *sill* kecil. Adanya intrusi batuan beku Sintang ini menyebabkan kegagalan pada beberapa pemboran (Kayan dan Kedukul-1) yang terjadi pada cekungan ini (Badaruddin dkk., 2019). Pengukuran *paleocurrent* menunjukkan sistem sungai yang kompleks, tetapi menunjukkan bahwa sumber sedimen dominan dari selatan yaitu saat pengangkatan Kali-

mantan Selatan yang dimulai di wilayah Pegunungan Schwaner sejak Kapur akhir dan seterusnya. Menurut Zajuli (2016) menyebutkan bahwa sedimen halus Formasi Pendawan, Sungai betung dan Banan memiliki potensi yang bagus sebagai batuan induk penghasil gas, sedangkan Formasi Kayan, Sekayam dan Payak mempunyai potensi sebagai batuan reservoir. Berdasarkan hasil interpretasi kualitatif dan kuantitatif data gayaberat serta interpretasi penampang seismik menunjukkan korelasi yang sama, yang memperlihatkan adanya sub-cekungan sedimen (*depocenter*), tinggian (*basement high*) dan pola struktur yang berupa sesar yang terdapat pada daerah penelitian. Interpretasi gayaberat menunjukkan adanya beberapa sub-basin dengan ketebalan mencapai sekitar 2,2 Km yang menarik untuk diteliti lebih lanjut. Hasil literatur penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pada Cekungan Singkawang mempunyai potensi petroleum system yang cukup bagus yang meliputi *source rock*, *reservoir*, *trap*, serta batuan penutup (*seal*). Namun demikian untuk perencanaan eksplorasi kedepannya perlu mewaspadai kehadiran Intrusi Sintang yang mengakibatkan rusaknya *petroleum system* yang ideal.



Gambar 11. (a) Arah penampang lintasan pemodelan gayaberat, (b) Model gayaberat bawah permukaan penampang CC', (c) Interpretasi seismik penampang CC'.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil analisis *spectral* data anomali gayaberat menunjukkan bahwa kedalaman batuan dasar (*basement*) rata-rata daerah penelitian adalah sebesar 2,2 Km. Pola struktur yang terlihat dari anomali residual menunjukkan adanya trend tinggian dengan arah relatif timur-barat dan utara-selatan. Jumlah sub-cekungan yang dapat didelineasi dari anomali residual adalah sebanyak 7 sub-cekungan sedimen. Hasil Pemodelan 2D gayaberat memperlihatkan bahwa batuan dasar yang mengalasi daerah penelitian adalah berupa batuan metamorfik dengan nilai rapat massa sebesar 2,75 gr/cc, di atas batuan dasar ini adalah batuan sedimen dengan nilai rapat massa 2,3 gr/cc. Hasil interpretasi seismik menunjukkan bahwa batuan sedimen di atas batuan dasar dapat di bagi menjadi beberapa formasi yaitu tepat di atas *basement* adalah Formasi Pendawan, di atasnya adalah Formasi Kayan dan yang paling atas adalah Formasi Payak. Adanya beberapa deposenter cekungan sedimen, struktur

serta berkembangnya *petroleum system* yang aktif di daerah ini menyebabkan daerah ini menarik untuk dikaji lebih lanjut.

Saran

Karena cekungan ini masih sangat sedikit data seismik, untuk mengetahui pola struktur yang lebih detail perlu dilakukan penambahan data seismik terutama pada beberapa deposenter yang terlihat dari data gayaberat untuk mengetahui pola struktur khususnya perlapisan batuan sedimen dengan resolusi yang lebih tinggi.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Pusat Survei Geologi, Koordinator Kelompok Geosains, Reviewer, Tim Redaksi Jurnal, rekan-rekan tim yang telah banyak membantu menyiapkan data dan fasilitas pengolahan data serta semua pihak yang telah membantu hingga dapat terselesaikannya karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Geologi, 2020, *Peta Cekungan Sedimen Indonesia*, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Badaruddin, D.F., Hidayat, Adlan, R., Ramli, T., and Nurhidayat, M., 2019. Sintang Intrusive Delineation And Focus Area For Hydrocarbon Exploration In Melawi Basin, West Kalimantan. *Proceedings Indonesian Petroleum Association Forty-Third Annual Convention & Exhibition*.
- Breitfeld, H.T., Hall, R., Galin, T., Forster, M.A., and BouDagher-Fadel, M.K. 2017. A Triassic to Cretaceous Sundaland–Pacific Subduction Margin in West Sarawak, Borneo. *Tectonophysics* 694: 35-56.
- Daly, M.C., 1991. Cenozoic Plate Tectonics and Basin Evolution in Indonesia. *Marin and Petroleum Geology*, 8, 2-21.
- Davies, L. 2013. SW Borneo Basement: Age, origin and character of igneous and metamorphic rocks from the Schwaner Mountains. Ph.D. Thesis. Royal Holloway University of London, p 391.
- Hall, R. 1996. Reconstructing Cenozoic Southeast Asia. In: Hall, R. and Blundell, D.J., Tectonic Evolution of SE Asia. Geological Society of London, *Special Publication*, 106, 153-184.
- Hall, R. 1997. Cenozoic Tectonics of SE Asia and Australia, In: HOWES, J. V.C. & NOBLE R.A., (eds) Petroleum System of SE Asia and Australia. *Indonesia Petroleum Association, Jakarta*, p. 47-62.
- Hutchison, C. 1989. Geological Evolution of South-East Asia. *Oxford monographs on Geology and Geophysics* 13 p. 368 P. Oxford: Clarendon Press.
- Hutchison, C. 1996. The ‘Rajang Accretionary Prism’ and ‘Lupar Line’ Problem of Borneo In: Hall, R., Blundell, D.J. (Eds.), Tectonic Evolution of SE Asia. *Geological Society of London Special Publication*, 106 : 247-261.
- JICA. 1985. Report on the Collaborative Mineral Exploration of the Bau Area, West Sarawak. *Published report*. p. 97. Tokyo: Metal Mining Agency of Japan.
- Lauty, D.S., 2014. Diagenesis Batupasir Eosen di Cekungan Ketungau dan Melawi, Kalimantan Barat. *Jurnal Geologi dan Sumber Daya Mineral, Vol. 15(3):117-131*
- Madon, M. 1999. Geological setting of Sarawak. In: PETRONAS, *The Petroleum Geology and Resources of Malaysia, Kuala Lumpur*, p. 274-290.
- Morley, R. 1998. *Palynological evidence for Tertiary plant dispersals in the SE Asian region in relation to plate tectonics and climate*. In Hall, R. & Holloway, J. D. (eds.) *Biogeography and Geological Evolution of SE Asia*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, p. 211-234.
- Moss, S. 1998. Embaluh Group turbidites in Kalimantan: Evolution of a Remnant Oceanic Basin in Borneo During the Late Cretaceous to Palaeogene. *Journal- Geological Society London* 155:509-524.

- Muller, J. 1968. Palynology of the Pedawan and Plateau Sandstone Formations (Cretaceous-Eocene) in Sarawak, Malaysia. *Micropaleontology* 14: 1-37
- Rusmana, E., dan Pieters, P.E., 1993. *Peta Geologi Lembar Sambas/Siluas, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Supriatna, S., Margono, U., Sutrisno, Pieters, P.E., dan Langford, R.P., 1993. *Peta Geologi Lembar Sanggau, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Suwarna, N., dan Langford, R.P., 1993. *Peta Geologi Lembar Singkawang, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Suyono, 2013. Stratigraphy and Tectonics of the East Ketungau Basin, West Kalimantan during Paleogene. *Indonesia Journal of Geology, Vol.8 (4)* : 205-214.
- Setiadi, I., Aryanto, N.D., Nurdin, N., 2021, Delineasi Batuan Granit dan Sedimen Daerah Bintan dan Sekitarnya, Kepulauan Riau Berdasarkan Analisis Data Gayaberat, *Jurnal Geologi dan Sumber Daya Mineral*, Vol. 22 No. 3 Agustus 2021 hal. 22 (3)143-152.
- Talwani, M. 1959. *Rapid Gravity Computations for Two-Dimensional Bodies with Application to the Mendocino Submarine Fracture Zone*. New York: Columbia University.
- Tate, D. 1981. Nomenclature of the Upper Cretaceous - Tertiary Molasse Deposits in West Sarawak. *Malaysia Geol. Survey Ann. Rept*, p. 348-355.
- Van de Weerd A. and Armin, R.A., 1992, Origin and Evaluation of the Tertiary Hydrocarbon Bearing Basins in Kalimantan (Borneo), Indonesia, *AAPG Bulletin*, 76(11):1778-1803.
- Zajuli, M.H., dan Suyono, 2011. Organic Geochemistry and Rock-Eval Pyrolysis of Eocene Fine Sediments, East Ketungau Basin, West Kalimantan, *Jurnal Geologi Indonesia*, 6(2):95 – 104.
- Zajuli, M.H., 2016. Laporan Kegiatan Penelitian Sistem Petroleum Pratersier, Singkawang, Kalimantan Barat, Bidang Sumber Daya Minyak dan Gas Bumi, Pusat Survei Geologi, Bandung.