

INTERPRETASI GEOLOGI BERDASARKAN HASIL PEMODELAN 2D DAN 3D BAWAH PERMUKAAN CEKUNGAN BILITON BERDASARKAN ANALISIS DATA GAYA BERAT

GEOLOGICAL INTERPRETATION OF SURFACE 2D AND 3D MODELING RESULTS BILITON BASIN BASED ON ANALYSIS OF GRAVITY DATA

Mu'amar Hafiz^{1*}, Imam Setiadi², Purwaditya Nugraha¹

¹ Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Lampung Selatan, 35365.

² Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan, Jl. Dr Djunjungan, No. 236, Bandung.

*muamarh3@gmail.com

Diterima : 16-05-2023 , Disetujui : 30-11-2023

ABSTRAK

Cekungan Biliton merupakan satu dari 128 cekungan sedimen di Indonesia yang diklasifikasikan sebagai cekungan prospek hidrokarbon, namun belum banyak pemahaman serta publikasi mengenai cekungan ini. Metode gayaberat digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui konfigurasi batuan dasar, mendelineasi subcekungan sedimen, dan mengetahui kondisi geologi bawah permukaan menggunakan *Lowpass filter* serta pemodelan 2D *forward modeling* dan 3D inversi. Hasil pemisahan anomali menunjukkan anomali regional memiliki rentang anomali 16.9 – 34.4 mGal dan anomali residual memiliki rentang anomali dari -5.8 – 4.7 mGal. Berdasarkan hasil analisis anomali residual dan *enhancement anomaly* dengan menggunakan filter *Tilt Derivative* (TDR), daerah penelitian memiliki enam subcekungan dengan pola tinggian yang berarah timur laut – barat daya. Hasil pemodelan 2,5D *forward modeling* dan 3D *inverse modeling* menunjukkan daerah penelitian terdiri atas tujuh lapisan, lapisan pertama adalah lapisan termuda yang merupakan Formasi Cisubuh ($\rho = 2$ gr/cc), Formasi Parang ($\rho = 2,1$ gr/cc), Formasi Baturaja ($\rho = 2,2$ gr/cc), Formasi Talang Akar ($\rho = 2,3$ gr/cc), Formasi Banuwati ($\rho = 2,4$ gr/cc), Formasi Jatibarang ($\rho = 2,5$ gr/cc), dan lapisan *basement* ($\rho = 2,67$ gr/cc).

Kata kunci: gayaberat, *Lowpass filter*, *Tilt Derivative* (TDR), pemodelan ke depan, pemodelan inversi

ABSTRACT

The Biliton Basin is one of 128 sedimentary basins in Indonesia which is classified as a hydrocarbon prospecting basin, but there is not much understanding and publication about this basin. The gravity method was used in this study to determine bedrock configuration, delineate sedimentary sub-basins, and determine subsurface geological conditions using a Lowpass filter as well as 2D forward modeling and 3D inversion. The results of the separation of the anomalies show that regional anomalies have an anomaly range of 16.9 – 34.4 mGal and residual anomalies have an anomaly range of -5.8 – 4.7 mGal. Based on the results of residual anomaly analysis and enhancement anomaly using Tilt Derivative (TDR) filters, the study area has six sub-basins with elevation patterns trending northeast - southwest. The results of 2.5D forward modeling and 3D inverse modeling show that the study area consists of seven layers, the first layer is the oldest layer which is the basement layer ($\rho = 2.67$ gr/cc), Jatibarang Formation ($\rho = 2.5$ gr/cc), Banuwati Formation ($\rho = 2.4$ gr/cc), Talang Akar Formation ($\rho = 2.3$ gr/cc), Baturaja Formation ($\rho = 2.2$ gr/cc). Parang Formation ($\rho = 2.1$ gr/cc), Cisibuh Formation ($\rho = 2$ gr/cc).

Keyword: gravity, *Lowpass filter*, *Tilt Derivative* (TDR), forward modeling, inverse modeling

PENDAHULUAN

Indonesia berada pada wilayah pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik. Proses konvergensi antar lempeng tersebut mengakibatkan terbentuknya cekungan sedimen. Cekungan sedimen merupakan depresi yang berperan sebagai tempat akumulasi endapan sedimen (Boogs, 2006). Berdasarkan data Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2022), Indonesia memiliki 128 cekungan sedimen dengan 42% (54 cekungan) telah dieksplorasi yang diklasifikasikan menjadi cekungan berproduksi, cekungan prospek, dan cekungan dengan penemuan. Cekungan Biliton merupakan salah satu cekungan dengan indikasi sistem perminyakan yang potensial dan termasuk dalam cekungan prospek hidrokarbon.

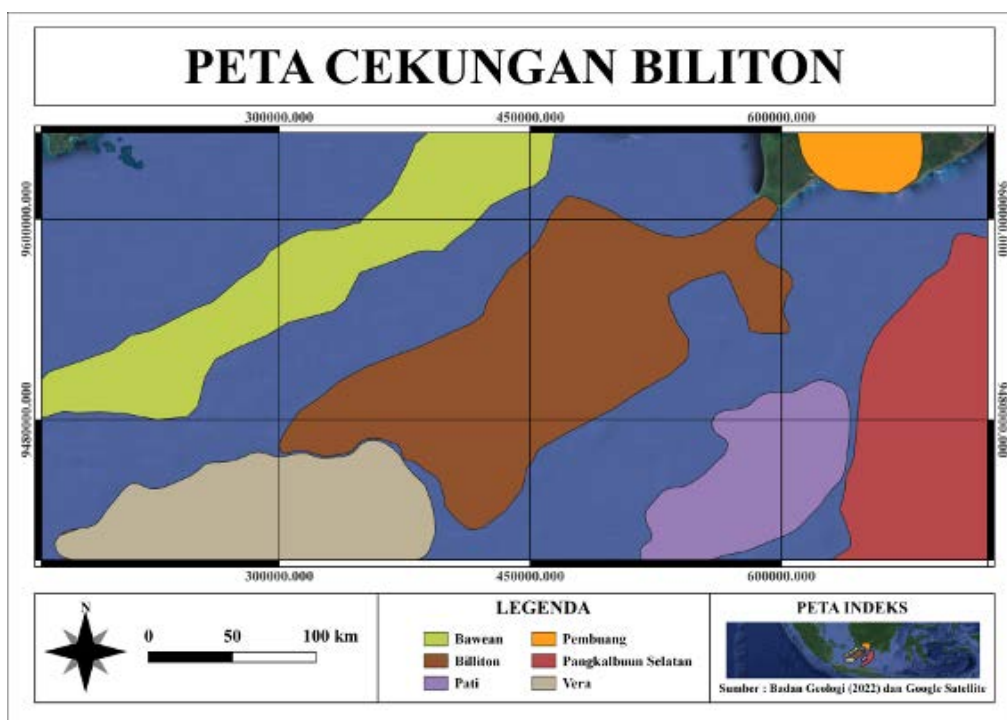
Secara geografis, Cekungan Biliton terletak 118.2° – 111.2° BT dan 3.5° – 5° LS. Cekungan Biliton merupakan salah satu cekungan Tersier yang terletak pada batas sebelah tenggara Kraton Sunda yang terbentuk selama periode utama ekstensional Eosen – Oligosen dan *sag* pada zaman Miosen (Atkinson dkk., 2004). Cekungan Biliton diklasifikasikan sebagai cekungan prospek, namun belum banyak studi mengenai delineasi subcekungan dan interpretasi geologi bawah permukaan Cekungan Biliton. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai Cekungan Biliton. Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan dalam tahap eksplorasi untuk mengidentifikasi pola subcekungan maupun litologi adalah metode gayaberat.

Metode gayaberat dapat digunakan dalam survei pendahuluan dengan area penelitian yang cukup besar atau bersifat regional. Metode gayaberat digunakan dalam

penelitian kali ini untuk mengidentifikasi subcekungan sedimen dengan memanfaatkan sifat heterogen komponen penyusun bawah permukaan. Kondisi tersebut menyebabkan variasi densitas secara lateral atau yang biasa disebut dengan anomali gayaberat (Sarkowi, 2014). Pada umumnya, nilai anomali gayaberat di daerah cekungan akan bernilai negatif karena memiliki densitas yang relatif lebih kecil dari 2,67 gr/cc (densitas rata-rata kerak bumi). Hal tersebut disebabkan oleh proses konvergensi yang berasosiasi dengan peluruhan batuan induk dan terbentuknya batuan sedimen klastik (Setyanta & Setiadi, 2009).

Dalam proses analisis metode gayaberat digunakan beberapa teknik, salah satunya adalah analisis spektral. Analisis spektral dapat diaplikasikan untuk memperoleh lebar *window* atau nilai *cutoff* optimum yang digunakan dalam pemisahan anomali *Bouguer* serta estimasi kedalaman yang membatasi batuan sedimen dengan batuan dasar (*basement*) (Karunianto dkk., 2017).

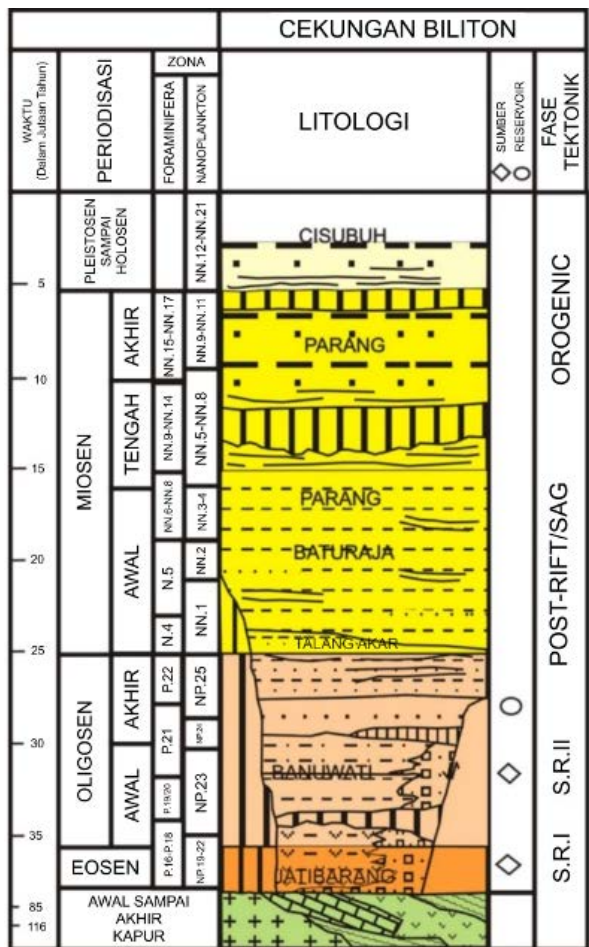
Pada penelitian kali ini, akan digunakan *Lowpass filter* untuk memisahkan anomali regional dan residual. Selain itu, dilakukan anomali *enhancement* dengan filter *Tilt Derivative* (TDR) untuk mempertegas daerah kontras anomali pada daerah penelitian, sehingga dapat dilakukan delineasi subcekungan pada Cekungan Biliton. Interpretasi kondisi bawah permukaan akan dilakukan menggunakan 2,5D *forward modeling* dan 3D *inverse modeling*. Dari hasil penelitian ini diharapkan mampu memisahkan anomali regional dan residual, mengetahui pola subcekungan, dan memodelkan bawah permukaan dengan harapan mampu memberikan informasi dan publikasi mengenai kondisi subcekungan dan interpretasi kondisi geologi Cekungan Biliton.



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian (Dimodifikasi dari Badan Geologi, 2022)

Stratigrafi Daerah Penelitian

Stratigrafi Cekungan Biliton memiliki komposisi



Gambar 2. Stratigrafi Cekungan Biliton (Dimodifikasi dari Atkinson dkk., 2004)

berupa batuan dasar yang disusun oleh batuan beku dan metamorf Kapur atau lebih tua (Cater, 1981). Stratigrafi pada masa Pra-Miosen meliputi Formasi Jatibarang (*Syn-Rift I*) dan Formasi Banuwati (*Syn-Rift II*). Stratigrafi *Post-Miosen* dibagi menjadi Formasi Talang Akar, Formasi Baturaja, Formasi Parang, dan Formasi Cisubuh. Berikut merupakan stratigrafi umum dari Cekungan Biliton (Gambar 2).

Suksesi Pra-Miosen di Cekungan Biliton dapat dibagi menjadi Formasi Jatibarang (*Syn-Rift I*) dan Formasi Banuwati (*Syn-Rift II*). Formasi Jatibarang merupakan suksesi kontinental berumur Paleosen/Eosen terdiri dari sedimen klastik lakustrin, vulkanik ekstrusi (lava dan tufa), dan volkanoklastik terendapkan pada *graben* yang terisolasi selama fase *Syn-Rift I*.

Formasi Banuwati (*Syn-Rift II*) mengandung suksesi tebal berlapis, konglomerat, dan serpih terendapkan di atas batuan dasar. Formasi ini ekuivalen dengan Formasi Banuwati di Cekungan Sunda dan Asri, formasi ini berada di bawah Formasi Talang Akar. Formasi Banuwati di Cekungan Biliton mengandung suksesi berlapis batupasir, lanau, dan batulempung berbintik.

Suksesi Pasca-Miosen di area Biliton dapat dibagi menjadi empat unit, yaitu Formasi Talang Akar, Formasi

Baturaja, Formasi Parang, dan Formasi Cisubuh. Formasi Talang Akar mengandung batupasir, serpih, batulanau, dan batubara yang diendapkan tidak selaras dengan Formasi Banuwati. Formasi ini ekuivalen dengan Formasi Talang Akar Cekungan Sunda dan Asri dan Formasi Talang Akar Atas Cekungan Arjuna. Volume hidrokarbon terakumulasi di formasi ini di sepanjang sekitar Cekungan Sunda, Asri, dan Arjuna.

Formasi Baturaja di Cekungan Biliton didominasi oleh serpih dengan lapisan batugamping, dolomit, dan batubara. Data mikropaleontologi membuktikan umur Miosen dan menunjukkan endapan lingkungan litoral – sublitoral.

Formasi Parang pada Cekungan Biliton didominasi serpih karbonatan berwarna hijau-kecoklatan dengan sedikit batugamping, dolomit, batubara, dan batupasir berbutir halus. Formasi Parang Cekungan Biliton ekuivalen dengan Formasi Gumai Cekungan Asri dan Sunda yang disebut sebagai *Main/Massive* Formasi Parigi. Formasi Parang menunjukkan perkembangan karbonat yang lebih sedikit dikarenakan kehadiran suplai sedimen klastik.

Formasi Cisubuh di Cekungan Biliton mengandung suksesi *unconsolidated* yang terdiri dari pasir, lanau, dan lignit. Data mikropaleontologi menunjukkan kisaran umur yang lebih luas yaitu Miosen Atas – Resen pada lingkungan pengendapan sublitoral. Kontak antara Formasi Cisubuh dengan formasi di atasnya berupa ketidakselarasan bersudut.

METODE

Data yang digunakan adalah data satelit *Topex* di daerah Cekungan Biliton. Menurut koordinat geografis, daerah penelitian terletak diantara 9450000-9560000 mT dan 388000-510000 mU pada sistem koordinat UTM zona 49S dengan ukuran 13.420 km² yang terdiri atas 530 titik pengukuran dengan spasi antar titik 1,3 km. Data gayaberat akan dianalisis menggunakan analisis spektral, *enhancement anomaly*, pemodelan 2,5D *forward modeling*, dan 3D *inverse modeling*.

Analisis spektral merupakan proses estimasi lebar *window* untuk pemisahan anomali regional dan residual serta untuk mengestimasi kedalaman dari anomali gayaberat. Analisis spektral akan dilakukan dalam domain frekuensi, maka dari itu digunakan transformasi *fourier* untuk mengkonversi data dari domain spasial menjadi domain frekuensi (Karunianto dkk., 2017). Dalam prosesnya, analisis spektral akan memanfaatkan hubungan antara $\ln A$ (amplitudo) dengan K (bilangan gelombang). Setelah itu, dilakukan analisis nilai *cutoff* atau nilai yang memisahkan antara zona residual dan regional, sehingga proses pemisahan anomali dan estimasi kedalaman dapat dilakukan.

Anomali *enhancement* dilakukan untuk mempertegas batas-batas anomali. Pada penelitian kali ini, digunakan filter *Tilt Derivative* (TDR) untuk merepresentasikan batas subcekungan pada Cekungan Biliton. *Tilt Derivative* (TDR) mampu mempertegas batas

anomali untuk identifikasi target yang diinginkan (Putri dkk., 2019). Filter TDR merupakan *highpass filter*, sehingga filter ini akan menghasilkan anomali yang berasosiasi dengan kedalaman dangkal.

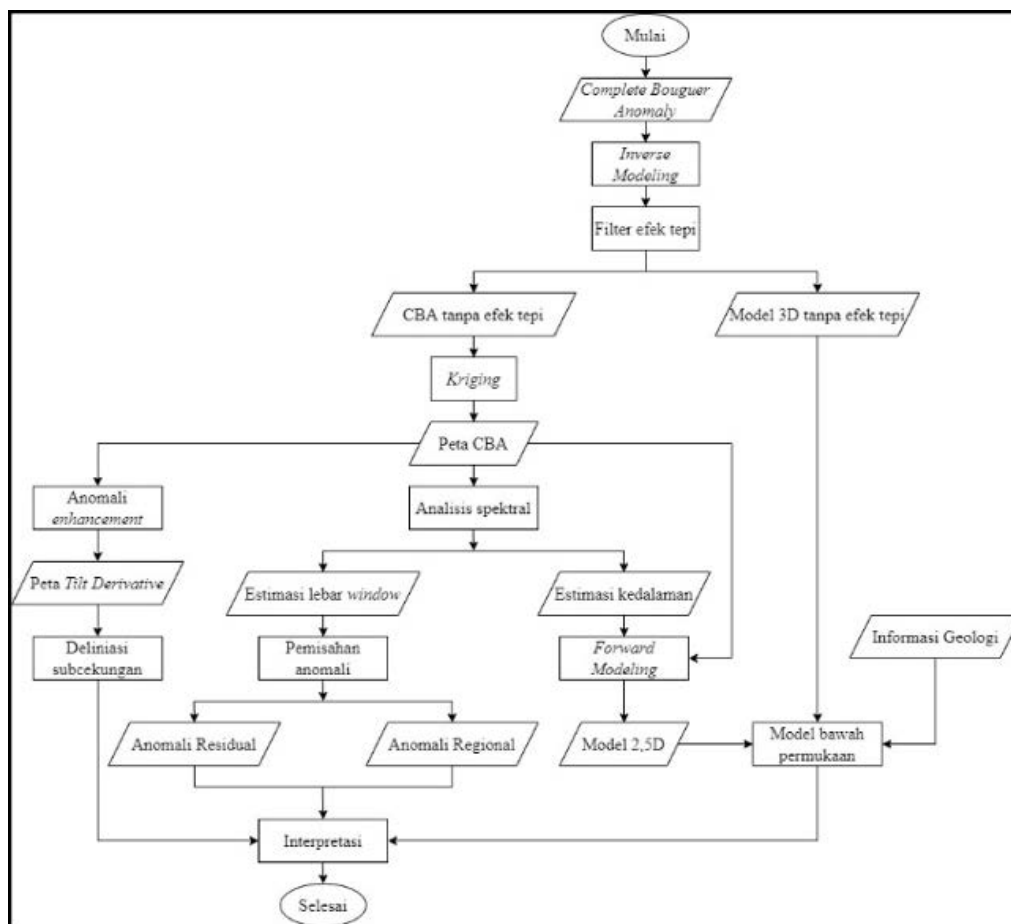
Selanjutnya, pada penelitian ini dilakukan pemodelan untuk memperoleh model bawah permukaan. Pemodelan dalam geofisika dapat dikatakan mewakili kondisi bawah permukaan apabila diperoleh respon model

Metodologi penelitian selengkapnya dapat dilihat pada diagram penelitian seperti ditampilkan pada Gambar 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Complete Bouguer Anomaly

Peta *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) mengandung informasi mengenai persebaran anomali

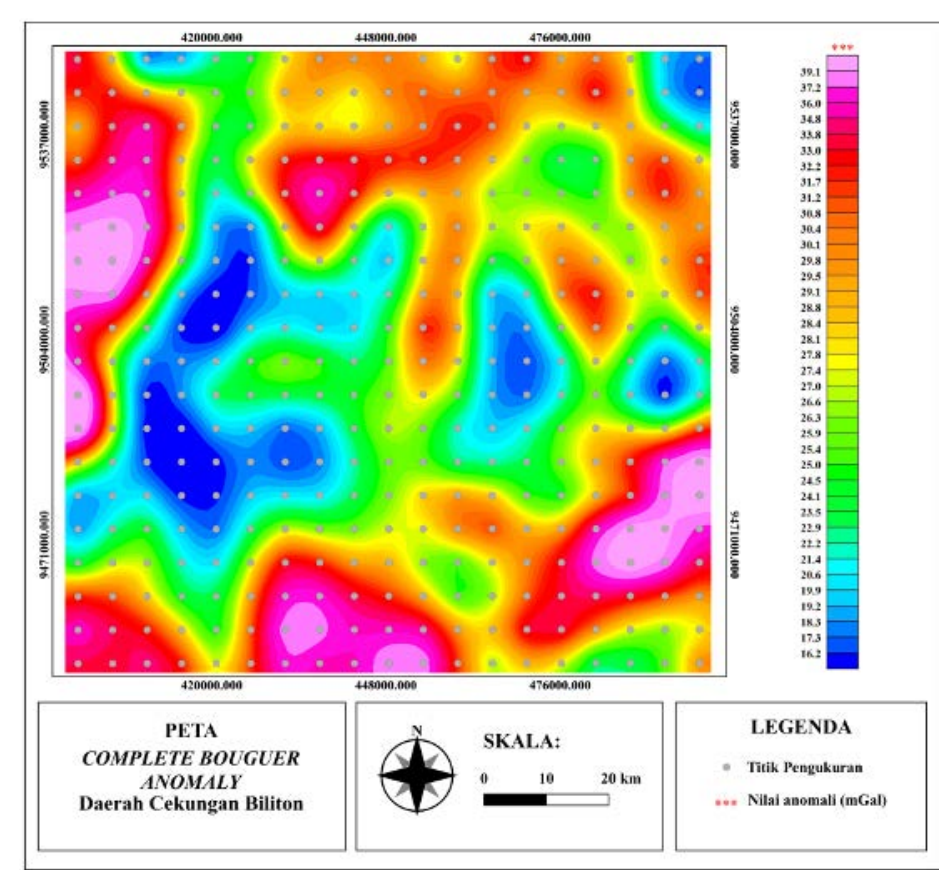


Gambar 3. Diagram alir penelitian Cekungan Biliton

yang sesuai antara data teoritis dan data observasi. Pada *forward modeling*, penyesuaian antara data teoritis dan data observasi dilakukan secara *trial and error* dengan cara mengubah harga parameter model secara manual hingga memperoleh respon model yang cocok dengan data observasi (Grandis, 2009). Sementara itu, penyesuaian antara data teoritis dan data observasi pada *inverse modeling* dilakukan dengan operasi matematis.

Pada penelitian kali ini, dilakukan *forward modeling* yang didasarkan pada metode poligon Talwani, dimana akan dibuat model yang mendekati benda anomali dengan poligon pada koordinat kartesian dan parameter model dihitung berdasarkan komponen vertikal dan horizontal (Talwani dkk., 1959). Selain itu, pada penelitian ini digunakan inversi *Occam* untuk memodelkan kondisi bawah permukaan dalam 3D dan *Singular Value Decomposition* (SVD) untuk menghindari terbentuknya matriks singular dalam proses inversi.

gayaberat pada daerah pengukuran seperti pada Gambar 4. Berdasarkan hasil yang diperoleh, daerah penelitian memiliki rentang anomali mulai dari 16,2 – 37,2 mGal yang digambarkan dengan warna biru tua hingga merah muda. Persebaran anomali *Bouguer* memperlihatkan bahwa daerah pengukuran sebagian besar memiliki nilai anomali tinggi dengan arah timur laut – barat daya. Daerah tersebut memiliki rentang anomali 27,4 – 37,2 mGal yang direpresentasikan dengan warna kuning hingga merah muda. Kondisi ini mengindikasikan daerah tersebut tersusun dari batuan dengan nilai densitas yang tinggi. Daerah dengan anomali rendah ditandai dengan warna hijau – biru tua dengan nilai 16,2 – 27,4 mGal. Daerah dengan anomali rendah sebagian besar terdapat pada bagian tengah daerah pengukuran yang mengindikasikan daerah tersebut tersusun dari batuan dengan nilai densitas rendah yang berasosiasi dengan lingkungan pengendapan sedimen.



Gambar 4. Peta Complete Bouguer Anomaly (CBA)

Analisis Spektral

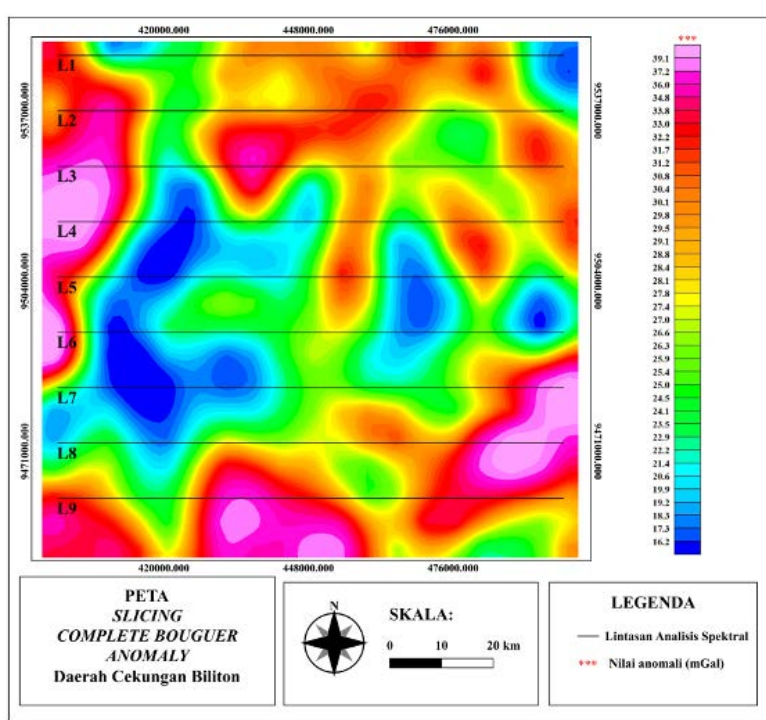
Peta *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) merupakan superposisi atau gabungan dari anomali regional, residual, dan *noise*. Pemisahan anomali perlu dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai target berdasarkan kedalamannya dengan analisis spektral. Dilakukan *slicing* pada peta CBA yang masih dalam domain waktu untuk memperoleh nilai jarak dan anomali *Bouguer* pada jarak tersebut. Pada penelitian ini dilakukan analisis spektral pada 9 lintasan hasil *slicing* dengan arah lintasan barat – timur seperti yang terlihat pada Gambar 5.

Proses transformasi *fourier* dilakukan pada data hasil *slicing* untuk mendapatkan nilai $\ln A$ (amplitudo) dan k (bilangan gelombang) yang akan ditampilkan dalam sebuah grafik dengan sumbu x berupa k (bilangan gelombang) dan sumbu y berupa $\ln A$ (amplitudo). Selanjutnya, dilakukan analisis untuk memisahkan zona regional, residual, dan *noise* dengan memperhatikan kemenerusan serta tingkat kecuraman pada grafik yang telah ditampilkan. Batas antara zona regional dan residual akan digunakan untuk menentukan lebar *window* yang akan digunakan pada proses pemisahan anomali. Estimasi kedalaman diperoleh dengan memanfaatkan hubungan linier antara $\ln A$ (amplitudo) dan k (bilangan gelombang) di mana nilai kedalaman diperoleh dari gradien pada persamaan garis lurus antara $\ln A$ (amplitudo) dan k (bilangan gelombang) seperti pada Gambar 6.

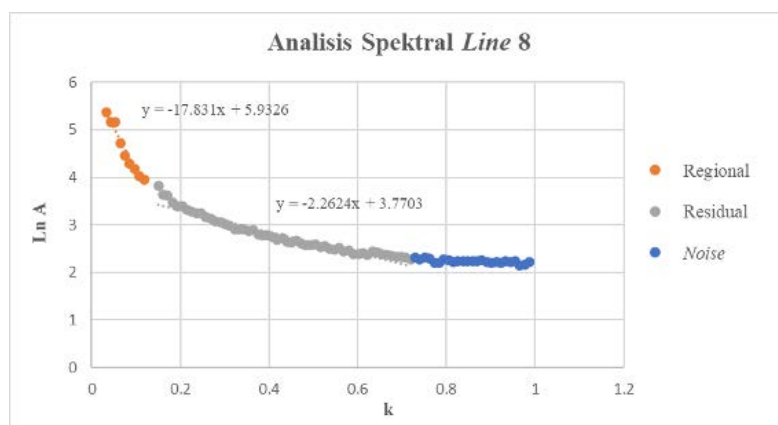
Setelah analisis spektral dilakukan pada semua lintasan, akan diperoleh estimasi kedalaman zona regional dan zona residual serta nilai *cutoff* dan *window* hasil perataan setiap lintasan seperti yang ada pada Tabel 1. Hasil analisis spektral pada lintasan ke-8 (Gambar 6) menunjukkan nilai kedalaman zona regional adalah 17,831 km dan kedalaman zona residual adalah 2,2624km. Batas antara zona regional dan residual yang digunakan sebagai nilai *cutoff* adalah sebesar 0,150290598. Pemisahan anomali dilakukan dengan menggunakan *Lowpass filter* dengan *input* peta *Complete Bouguer Anomaly* dan lebar *window* optimum hasil analisis spektral. Nilai lebar *window* optimum yang diperoleh dari proses analisis spektral adalah 14.

Anomali Regional

Anomali regional diperoleh dari hasil pemisahan anomali menggunakan *Lowpass filter*. *Lowpass filter* akan meloloskan sinyal dengan frekuensi rendah dan menyaring sinyal dengan frekuensi tinggi. Dengan demikian, diperoleh hasil proses *filtering* berupa peta anomali regional yang berasosiasi dengan respon dari objek bawah permukaan yang relatif dalam. Berdasarkan hasil yang diperoleh (Gambar 7), didapatkan pola persebaran anomali rendah relatif berada pada tengah daerah pengukuran yang ditunjukkan dengan warna biru tua – hijau dengan nilai 16,9 – 27,4 mGal dan anomali tinggi relatif berada pada batas daerah penelitian dengan



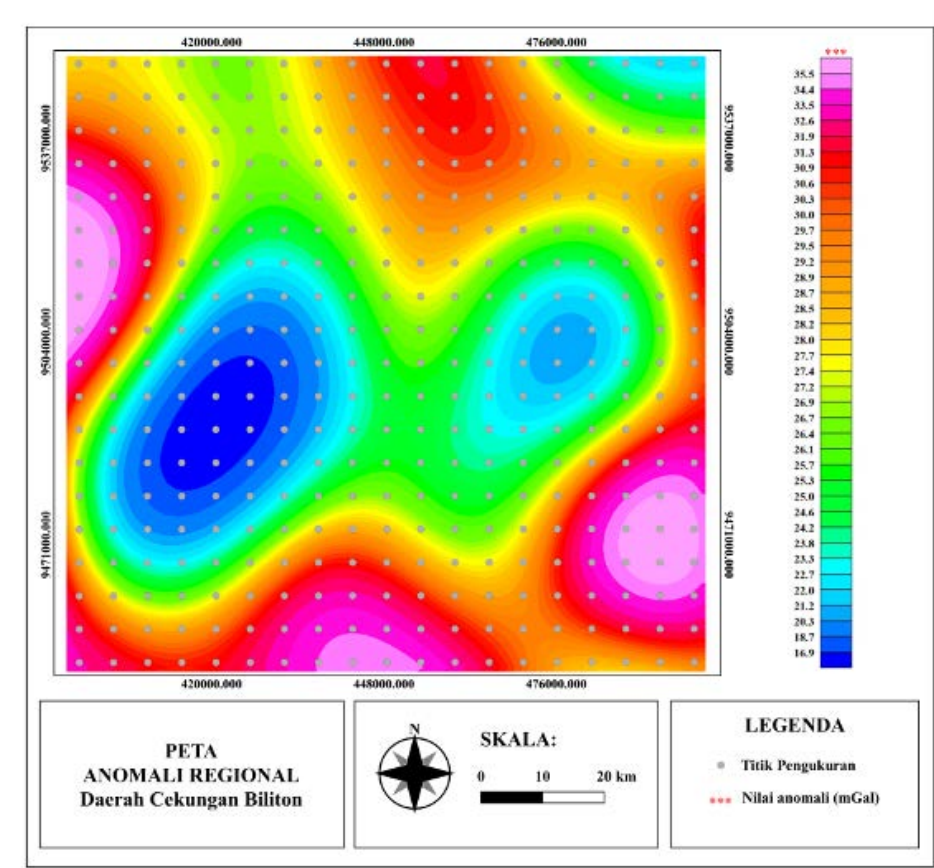
Gambar 5. Peta Slicing Complete Bouguer Anomaly (CBA) untuk analisis spektral



Gambar 6. Grafik analisis spektral pada line ke-8

Tabel 1. Batas bilangan gelombang antara zona regional dan residual (kc), lebar $window$ (n), serta estimasi kedalaman zona regional dan residual

Lintasan	kc	n	Regional (km)	Residual (km)
1	0,128163265	16,334	16,997	2,21
2	0,14952381	14	16,697	2,2203
3	0,160204082	13,067	17,483	2,1872
4	0,14952381	14	16,939	2,1613
5	0,160204082	13,067	17,077	2,154
6	0,160204082	13,067	17,077	2,154
7	0,128163265	16,34	17,883	2,1363
8	0,150290598	13,92	17,831	2,2624
9	0,160204082	13,067	17,828	2,0362
Rata-Rata	0,149609008	14,09	17,312	2,169



Gambar 7. Peta Anomali Regional

nilai anomali 27,4 – 34,4 mGal yang ditunjukkan dengan warna kuning – merah muda.

Anomali Residual

Hasil pemisahan anomali dengan *Lowpass filter* akan menghasilkan anomali regional dan nilai *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) merupakan gabungan dari anomali regional dan anomali residual. Oleh karena itu, dilakukan pengurangan antargrid *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) dengan *grid* anomali regional yang menghasilkan *grid* anomali residual (Gambar 8). Anomali residual dapat menggambarkan anomali dengan frekuensi tinggi yang berasosiasi dengan respon dari objek bawah permukaan yang relatif dangkal. Pada peta anomali residual, didapatkan hasil berupa daerah pengukuran memiliki pola persebaran anomali rendah ke tinggi yang berkisar dari -5,8– 4,7 mGal. Daerah dengan anomali rendah direpresentasikan oleh warna biru tua – hijau dengan rentang anomali antara -5,8– 0,0 mGal, sedangkan daerah dengan anomali tinggi direpresentasikan oleh warna kuning – merah muda dengan rentang anomali 0,0 – 4,7 mGal.

Berdasarkan interpretasi yang dilakukan pada peta anomali regional dan anomali residual, bagian tengah daerah penelitian memiliki anomali rendah pada kedalaman dangkal (residual) yang menerus hingga kedalaman regional. Berdasarkan hal tersebut, maka bagian tengah pada daerah penelitian diindikasikan sebagai daerah pengendapan sedimen dan untuk mempertegas daerah anomali akan digunakan metode

enhancement anomaly menggunakan filter *Tilt Derivative* (TDR).

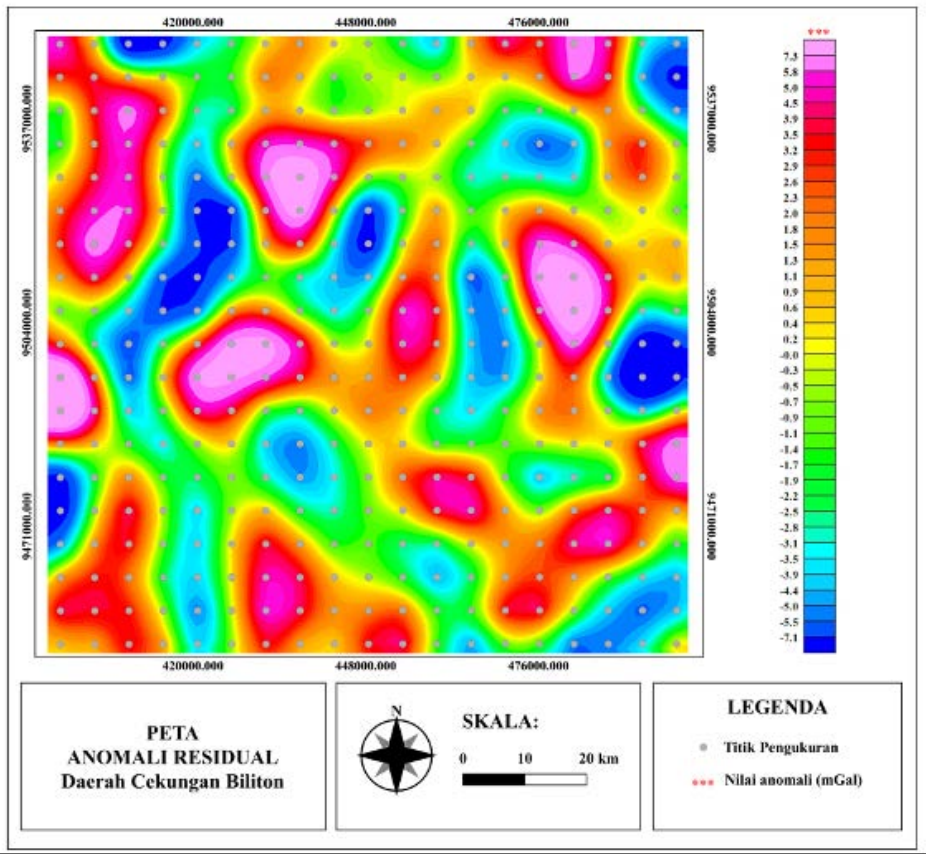
Tilt Derivative (TDR)

Filter *Tilt Derivative* (TDR) akan diterapkan pada peta *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) untuk mempertegas batas subcekungan dengan memanfaatkan kontras densitas batuan. Nilai *Tilt Derivative* (TDR) bernilai nol untuk tepi yang diasumsikan sebagai kontras patahan, kemiringan, dan densitas batuan. Berdasarkan Gambar 9, sebaran nilai *tilt derivative* berkisar antara -1,3 – 1,3rad dan hasil tersebut menunjukkan anomali *enhancement* dengan filter TDR mampu mempertegas batas-batas subcekungan pada Cekungan Biliton.

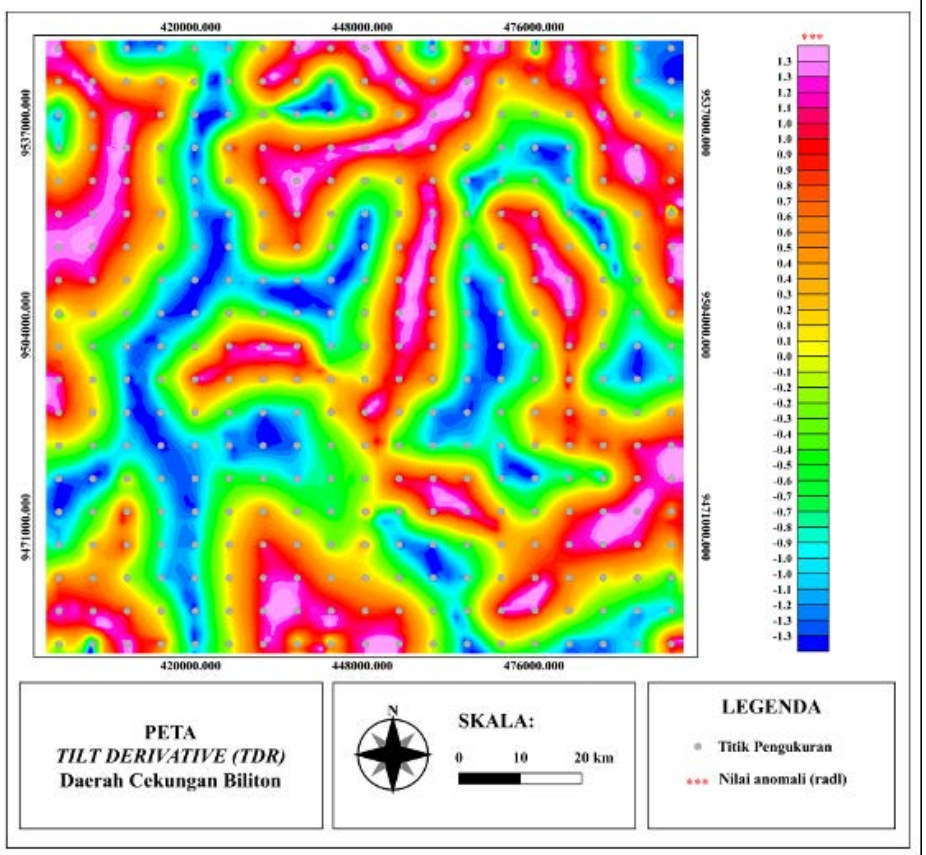
Pendugaan Batas Subcekungan

Analisis pendugaan batas subcekungan pada Cekungan Biliton dilakukan dengan analisis peta *Tilt Derivative* (TDR). Peta TDR mengindikasikan subcekungan dengan daerah anomali rendah yang direpresentasikan dengan warna biru tua – hijau dan batas subcekungan direpresentasikan dengan daerah kontras anomali (anomali nol) yang digambarkan dengan warna kuning.

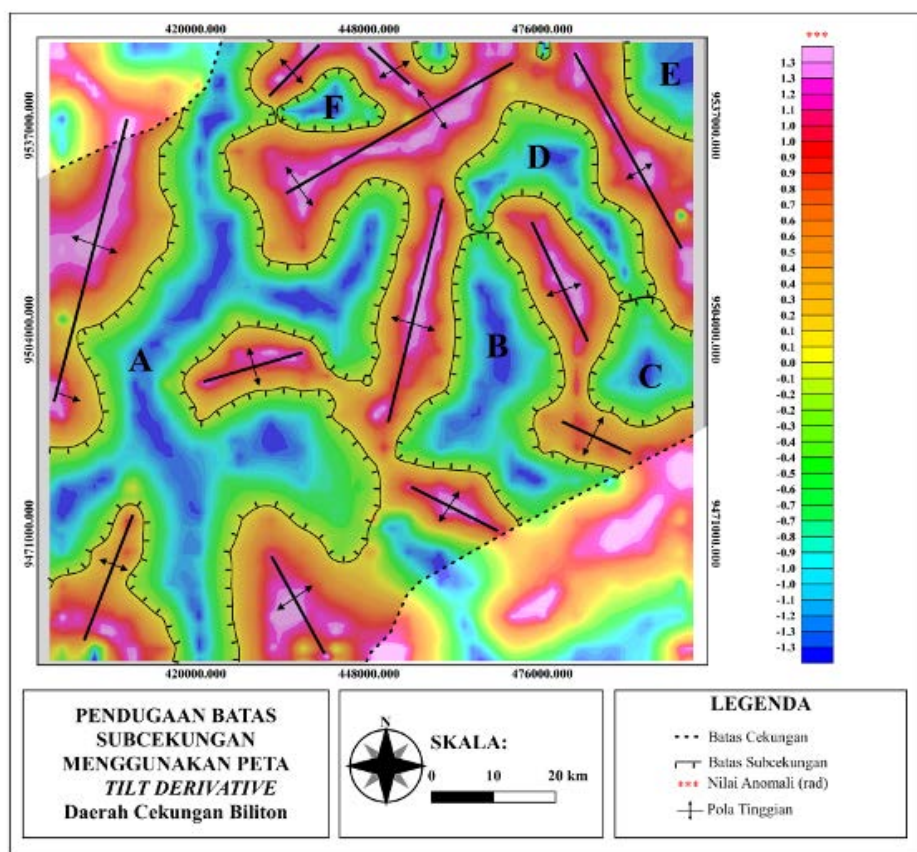
Berdasarkan hasil yang diperoleh, daerah penelitian memiliki enam subcekungan yang tersebar di daerah penelitian (Gambar10). Subcekungan yang berada di daerah penelitian relatif berarah utara – selatan yang dibentuk oleh pola tinggian yang relatif berarah timur laut – barat daya. Arah tinggian pada Cekungan Biliton dipengaruhi oleh arah sesar meratus. Sesar meratus



Gambar 8. Peta Anomali Residual



Gambar 9. Peta Tilt Derivative (TDR)



Gambar 10. Pendugaan batas subcekungan dengan analisis peta TDR

memberikan pengaruh dalam pembentukan cekungan di *Northwest Java Basin* (NJB) yang terlihat dari beberapa cekungan (Cekungan Vera dan Biliton) yang searah dengan tinggian Karimunjawa berarah timur laut – barat daya yang menerus hingga Pegunungan Meratus. Selain pola meratus, *Northwest Java Basin* (NJB) memiliki pola struktur utama berarah utara – selatan (arah sunda) dan timur – barat (arah jawa) (Hamilton, 1979).

Forward Modeling

Forward modeling dilakukan pada daerah yang terindikasi sebagai subcekungan. Pada penelitian kali ini, pemodelan difokuskan pada daerah subcekungan A sebagai subcekungan paling besar di Cekungan Biliton. *Forward modeling* dilakukan pada dua buah lintasan, yaitu lintasan A-A' berarah barat laut – tenggara dengan panjang lintasan 95 km dan lintasan B-B' berarah timur laut – barat daya dengan panjang lintasan 80 km. Setelah dilakukan pemodelan dan interpretasi diketahui bahwa Lintasan A-A' dan B-B' tersusun dari tujuh lapisan seperti pada Tabel 2.

Lintasan A-A' dibuat tegak lurus terhadap arah Subcekungan A. Model geologi bawah permukaan Lintasan A-A' (Gambar 11) menunjukkan terdapat struktur berupa *graben* yang membatasi Subcekungan A. Struktur *graben* pada Subcekungan A

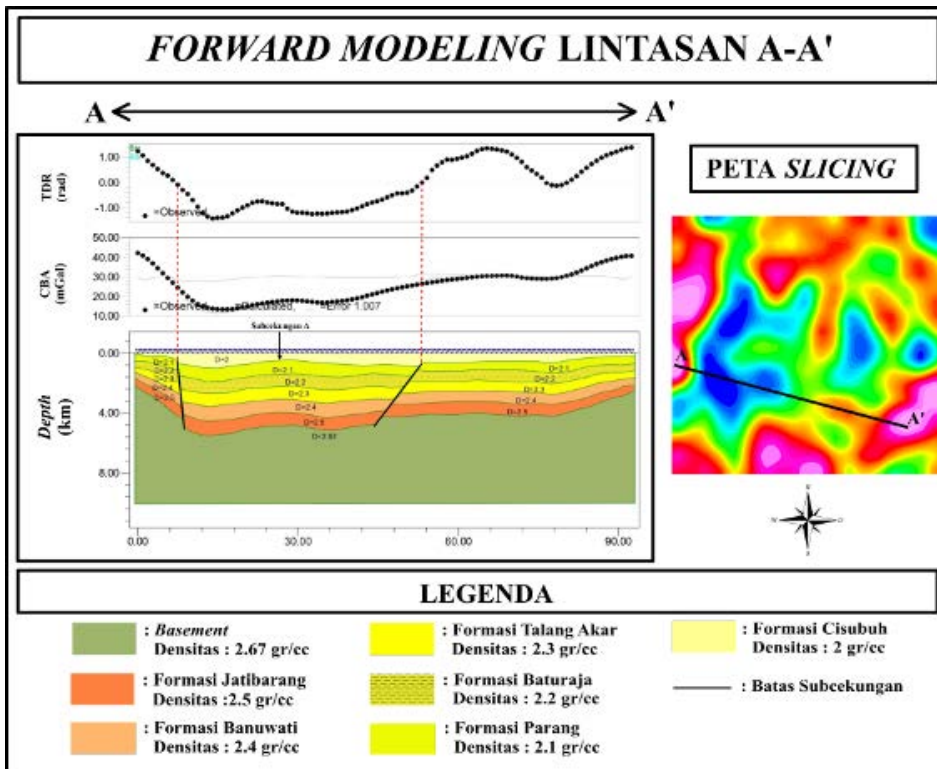
teridentifikasi dari respon anomali nol pada anomali TDR. Berdasarkan sistem petroleum pada Cekungan Biliton, Formasi Talang Akar pada lintasan A-A' yang terdiri dari batupasir, serpih, batulanau, dan batubara akan berperan sebagai reservoir.

Lintasan B-B' berarah timur laut – barat daya dibuat memotong Subcekungan A. *Forward modeling* pada lintasan B-B' menghasilkan model geologi bawah permukaan seperti yang ada pada Gambar 12. Pada lintasan B-B' diperoleh struktur berupa *graben* yang membatasi Subcekungan A. Hal tersebut diidentifikasi melalui nilai anomali nol pada anomali TDR. Selain itu, pada lintasan B-B' terdapat tinggian yang membatasi daerah Subcekungan A yang diidentifikasi berdasarkan

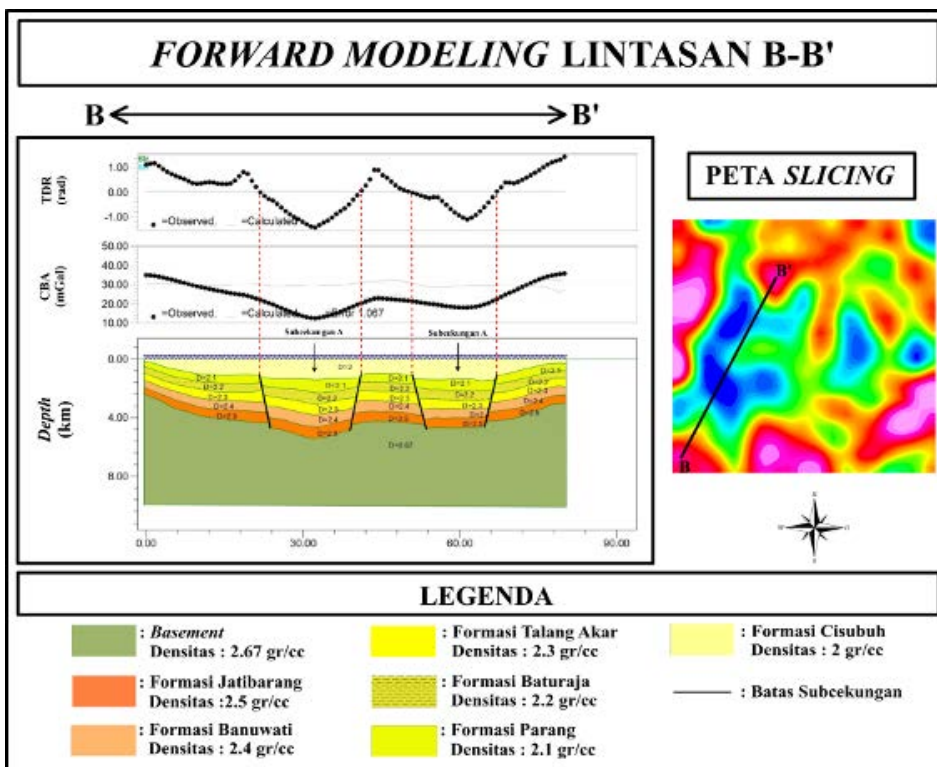
Lapisan pada lintasan A-A' dan B-B' berturut-turut dari lapisan termuda hingga tertua

Tabel 2.

No	Lapisan	Umur	Nilai Densitas (gr/cc)
1	Formasi Cisubuh	Pleistosen	2
2	Formasi Parang	Miosen	2,1
3	Formasi Baturaja	Miosen	2,2
4	Formasi Talang Akar	Miosen	2,3
5	Formasi Banuwati	Oligosen	2,4
6	Formasi Jatibarang	Oligosen	2,5
7	<i>Basement</i>	Pra-Tersier	2,67



Gambar 11. Model bawah permukaan hasil *forward modeling* pada lintasan A-A'

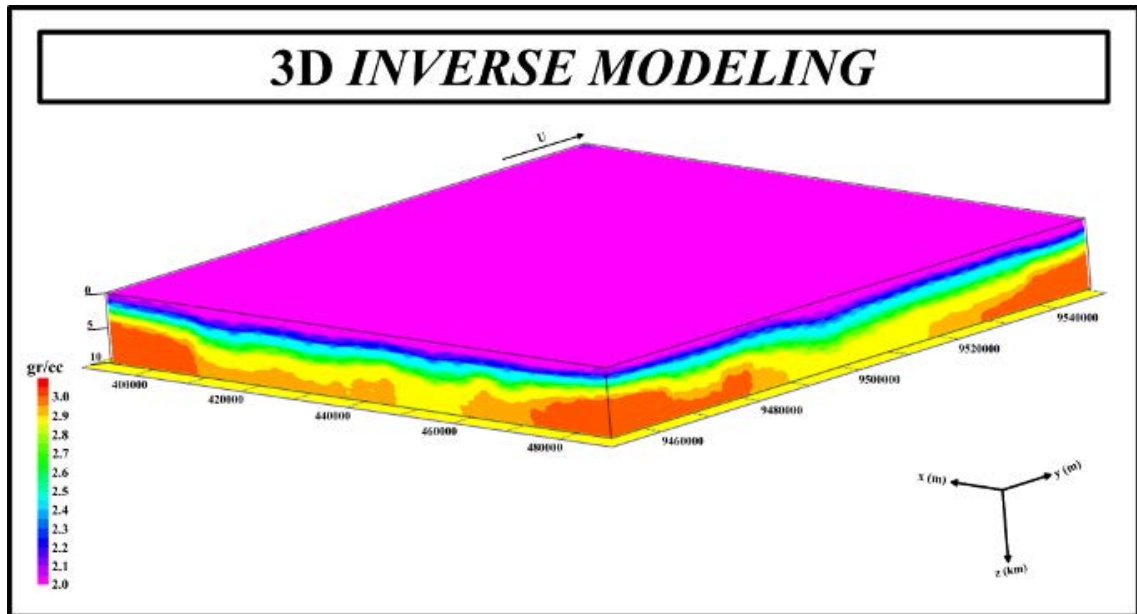


Gambar 12. Model bawah permukaan hasil *forward modeling* pada lintasan B-B'

analisis anomali TDR. Berdasarkan sistem petroleum pada Cekungan Biliton, Formasi Talang Akar pada lintasan B-B' yang terdiri dari batupasir, serpih, batulanau, dan batubara akan berperan sebagai reservoir.

Inverse Modeling

Inverse modeling dilakukan untuk mendapatkan persebaran densitas bawah permukaan dengan inputan berupa data *Complete Bouguer Anomaly*. Persebaran densitas bawah permukaan tersebut akan divisualisasikan, sehingga menghasilkan persebaran densitas bawah permukaan seperti Gambar 13. Berdasarkan hasil inversi



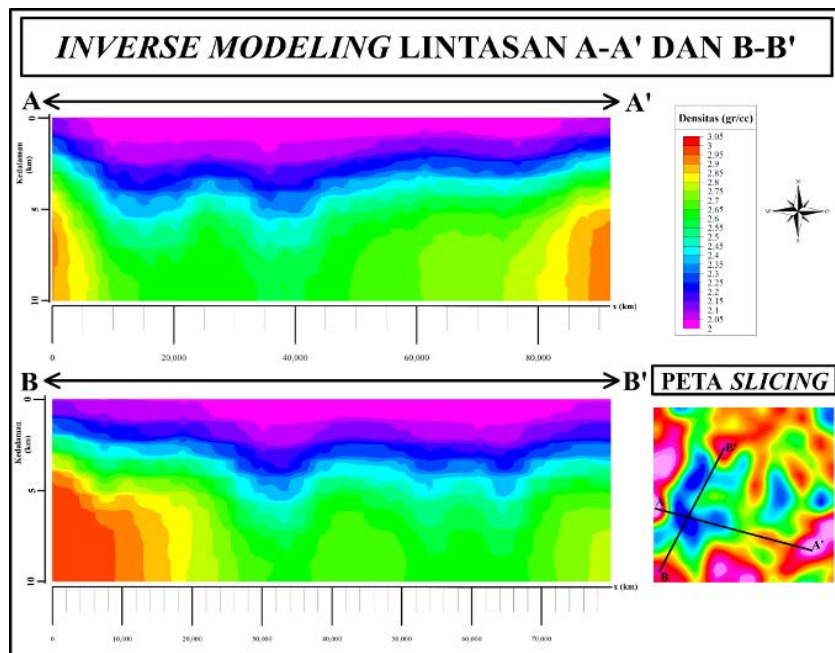
Gambar 13. Model 3D bawah permukaan hasil *inverse modeling*

yang diperoleh, daerah penelitian memiliki rentang nilai densitas 2.0 – 3,05 gr/cc dengan kedalaman sebesar 10 km. Rentang tersebut dapat diklasifikasikan menjadi lapisan sedimen dan lapisan *basement*. Lapisan sedimen pada daerah penelitian memiliki rentang nilai densitas 2 – 2,5 gr/cc yang direpresentasikan dengan warna ungu sampai hijau. Lapisan *basement* pada daerah penelitian memiliki rentang nilai densitas 2,5 – 3,05 gr/cc yang direpresentasikan dengan warna hijau sampai merah.

Pada pemodelan 3D dilakukan *slicing* untuk memperoleh model 2D bawah permukaan. Proses *slicing* yang dilakukan berada pada lintasan yang sama dengan *forward modeling*. Gambar 14 merupakan model 2D bawah permukaan pada lintasan A-A' dan lintasan B-B'. Persebaran densitas model 2D lintasan A-A' dan B-B'

berada pada rentang 2 – 3,05 gr/cc. Berdasarkan rentang tersebut, persebaran densitas lapisan sedimen pada lintasan A-A' dan B-B' berada pada rentang 2 – 2,5 gr/cc yang direpresentasikan dengan warna ungu sampai hijau. Selanjutnya, persebaran densitas lapisan *basement* pada lintasan A-A' dan B-B' berada pada rentang 2,5 – 3,05 gr/cc yang direpresentasikan dengan warna hijau sampai merah. Dalam proses analisis lanjutan, akan dilakukan perbandingan model 2D bawah permukaan hasil *inverse modeling* dengan model bawah permukaan hasil *forward modeling*.

Setelah diperoleh model bawah permukaan hasil *forward modeling* dan *inverse modeling*, dilakukan analisis perbandingan antara kedua model tersebut pada lintasan yang sama. Analisis dilakukan untuk melihat

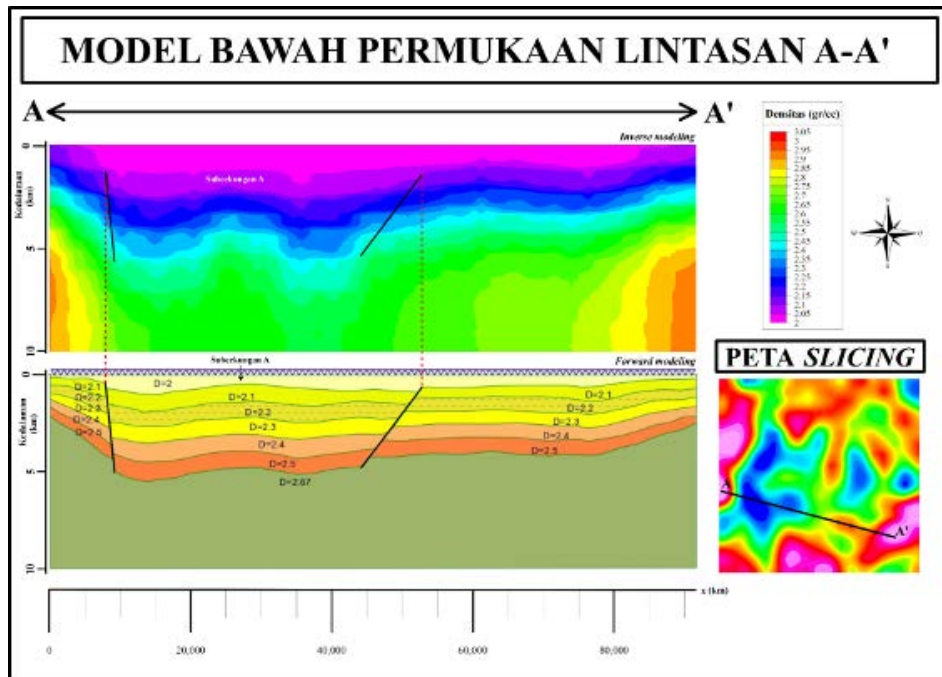


Gambar 14. Model 2D bawah permukaan hasil *inverse modeling*

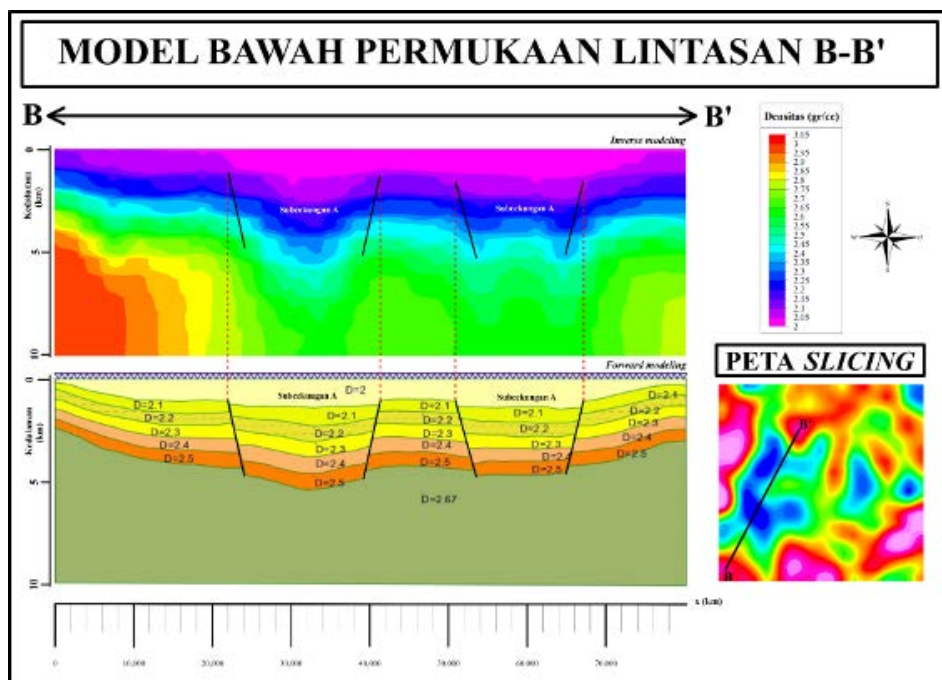
perbedaan ketebalan lapisan sedimen yang dihasilkan pada *forward modeling* dan *inverse modeling*. Perbandingan hasil *forward modeling* dan *inverse modeling* pada lintasan A-A' dapat dilihat pada Gambar 15. Berdasarkan hasil yang diperoleh, lintasan A-A' pada *forward modeling* memiliki ketebalan sedimen maksimum berada pada Subcekungan A dengan ketebalan sebesar 5,52 km dan ketebalan sedimen rata-rata sebesar 3,9 km. Hasil *inverse modeling* menunjukkan lintasan A-A' memiliki ketebalan sedimen maksimum berada pada Subcekungan A dengan ketebalan sebesar 5,83 km dan ketebalan sedimen rata-rata 4,1 km. Hal tersebut

menunjukkan pada lintasan A-A' diperoleh perbedaan ketebalan sedimen maksimum sebesar 0,31 dan ketebalan sedimen rata-rata sebesar 0,2 km.

Gambar 16 merupakan perbandingan hasil *forward modeling* dan *inverse modeling* pada lintasan B-B'. Berdasarkan hasil yang diperoleh, lintasan B-B' pada *forward modeling* memiliki ketebalan sedimen maksimum berada pada Subcekungan A dengan ketebalan sebesar 5,47 km dan ketebalan sedimen rata-rata sebesar 4,1km. Hasil *inverse modeling* menunjukkan lintasan B-B' memiliki ketebalan sedimen maksimum berada pada Subcekungan A dengan ketebalan sebesar 5,9 km dengan



Gambar 15. Perbandingan model bawah permukaan *forward modeling* dan *inverse modeling* pada lintasan A-A'



Gambar 16. Perbandingan model bawah permukaan *forward modeling* dan *inverse modeling* pada lintasan B-B'

Tabel 3. Perbandingan ketebalan sedimen antara *forward modeling* dan *inverse modeling*

Line	Subcekungan	Ketebalan maksimum (km)		Selisih ketebalan (km)	ketebalan rata-rata (km)		Selisih ketebalan (km)
		Forward	Inverse		Forward	Inverse	
A-A'	A	5,52	5,83	0,31	3,9	4,1	0,2
B-B'	A	5,47	5,9	0,43	4,1	4,3	0,2

ketebalan sedimen rata-rata 3,9km. Hal tersebut menunjukkan pada lintasan A-A' diperoleh perbedaan ketebalan sedimen maksimum sebesar 0,43 km dan ketebalan sedimen rata-rata sebesar 0,2km.

Berdasarkan hasil analisis kedalaman yang dilakukan, model bawah permukaan *forward modeling* dan *inverse modeling* secara umum memiliki pola dan ketebalan sedimen yang sama. Model bawah permukaan hasil *inverse modeling* secara umum memiliki ketebalan maksimum yang lebih dibanding dengan *forward modeling*. Berikut adalah tabel perbandingan antara ketebalan *forward modeling* dan *inverse modeling*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemisahan anomali regional dan anomali residual menggunakan *Lowpassfilter* menunjukkan persebaran anomali dari daerah penelitian. Pada anomali regional, didapatkan pola persebaran anomali berada pada rentang 16,9 – 34,4 mGal. Kemudian, pada peta anomali residual diperoleh rentang anomali daerah penelitian berkisar antara -5,8 – 4,7 mGal. Hasil analisis dan identifikasi pola subcekungan pada Cekungan Biliton dengan analisis peta *Tilt Derivative* (TDR) menunjukkan bahwa daerah penelitian terdiri atas tujuh subcekungan. Selanjutnya, berdasarkan model bawah permukaan hasil 2,5D *forward modeling* dan 3D *inverse modeling* diperoleh bahwa lintasan A-A' dan B-B' tersusun dari tujuh lapisan, lapisan pertama merupakan lapisan termuda yang merupakan Formasi Cisubuh berumur Pleistosen ($\rho = 2 \text{ gr/cc}$), lapisan kedua merupakan Formasi Parang berumur Miosen ($\rho = 2,1 \text{ gr/cc}$), lapisan ketiga merupakan Formasi Baturaja berumur Miosen ($\rho = 2,2 \text{ gr/cc}$), lapisan keempat merupakan Formasi Talang Akar berumur Miosen ($\rho = 2,3 \text{ gr/cc}$) yang berperan sebagai reservoir, lapisan kelima merupakan Formasi Banuwati berumur Oligosen ($\rho = 2,4 \text{ gr/cc}$), lapisan keenam merupakan Formasi Jatibarang berumur Oligosen ($\rho = 2,5 \text{ gr/cc}$), dan lapisan ketujuh merupakan lapisan tertua berupa lapisan *basement* berumur kapur ($\rho = 2,67 \text{ gr/cc}$).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan (BBSPGL), dan semua pihak yang telah membantu mulai dari

menyiapkan data, pengolahan data, serta dalam penyusunan penulisan, sehingga dapat terselesaikannya karya ilmiah ini.

DAFTAR ACUAN

- Atkinson, C., Renolds, M., Clarke, A., & Sampurno, S. 2004. *Why Look In Deepwater When Elephants Prefer The Shallow? The Biliton Basin Revisited*. IPA-AAPG Deepwater and Frontier Symposium.
- Boogs, J. S. 2006. *Principle of Sedimentology and Stratigraphy fourth edition*. Pearson Education, inc.
- Cater, M. C. 1981. *Stratigraphy Of The Offshore Area South of Kalimantan, Indonesia*. 10th Annual Convention Proceeding.
- Geologi, B. 2022. *Peta Cekungan Sedimen Indonesia*.
- Grandis, H. 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI).
- Hamilton, W. 1979. *Tectonics of The Indonesian Region*. U.S. Geological Survey Professional Paper.
- Karunianto, A. J., Haryanto, D., Hikmatullah, F., & Laesanpura, A. 2017. *Penentuan Anomali Gayaberat Regional dan Residual Menggunakan Filter Gaussian Daerah Mamuju Sulawesi Barat*. Eksplorium, 38(2), 89. <https://doi.org/10.17146/eksplorium.2017.38.2.3921>
- Putri, D. R., Nanda, M., Rizal, S., Idroes, R., & Ismail, N. 2019. *Interpretation of Gravity Satellite Data to Delineate Structural Features Connected to Geothermal Resources at Bur Ni Geureudong Geothermal Field*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 364(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/364/1/012003>
- Sarkowi, M. 2014. *Eksplorasi Gaya Berat*. Graha Ilmu.
- Setyanta, B., & Setiadi, I. 2009. *Pola Struktur Dan Geodinamika Cekungan Bula, Berdasarkan Anomali Gaya Berat*. Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral, 20(1), 41–55. <https://jgsm.geologi.esdm.go.id/index.php/JGSM/article/view/161>
- Talwani, M., Worzel, J. L., & Landisman, M. 1959. *Rapid Gravity Computations for Two-Dimensional*

*Bodies with Application to the Mendocino
Submarine Fracture Zone.* Journal of Geophysical

Research, 64, 49–59. [http://dx.doi.org/10.1029/
JZ064i001p00049](http://dx.doi.org/10.1029/JZ064i001p00049)