Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral
Journal of Geology and Mineral Resources
Center for Geological Survey, Geological Agency, Ministry of Energy and Mineral Resources
Journal homepage: http://jgsm.geologi.esdm.go.id
ISSN 0853 - 9634, e-ISSN 2549 - 4759

Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Berbasis Inversi 3D Gayaberat untuk Identifikasi *Lead* Hidrokarbon di Subcekungan Majalengka, Jawa Barat, Indonesia

Subsurface Structure Modeling Based on 3D Gravity Inversion for Hydrocarbon Lead Identification in the Majalengka Sub-Basin, West Java, Indonesia

Nafis Ahmad Aziz[1*], Hidayat[2], Anggie Susilawati[1]

[1]Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Indonesia
[2]Pusat Survei Geologi, Bandung, Indonesia
*nafisahmadaziz@gmail.com

Submit: 6 February 2026, Revised: 13 May 2026, Approved: 19 May 2026, Online: 25 May 2026
DOI: https://doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v27i2.14090

Abstrak- Subcekungan Majalengka di Jawa Barat merupakan cekungan sedimen prospektif yang mengandung hidrokarbon, namun bagian selatan masih belum dipahami dengan baik akibat terbatasnya data bawah permukaan dan sedikitnya jumlah sumur eksplorasi. Studi ini bertujuan mengidentifikasi konfigurasi bawah permukaan cekungan menggunakan data gayaberat sebagai pendekatan non-seismik. Data *Complete Bouguer Anomaly* dianalisis dengan dekomposisi spektral menggunakan *Fast Fourier Transform* untuk memisahkan komponen regional dan residual, selanjutnya dilakukan inversi linear 3D untuk mengestimasi distribusi densitas dan geometri bawah permukaan. Metode dekonvolusi Euler 3D ditambahkan untuk memperjelas delineasi struktural geologi yang mungkin mengontrol migrasi hidrokarbon. Hasil inversi menghasilkan model bawah permukaan terintegrasi yang dapat dikorelasikan dengan data seismik 3D dan data *well top* yang tersedia sebagai validasi. Analisis menunjukkan kegunaan data gayaberat dalam mengidentifikasi cekungan dan jalur migrasi potensial di wilayah yang memiliki keterbatasan data seismik akibat adanya tutupan batuan vulkanik. Hasil akhir menunjukkan model yang akurat secara geologi serta mampu mengidentifikasi keberadaan *lead* hidrokarbon di area penelitian. Temuan yang didapat mendukung eksplorasi hidrokarbon lebih lanjut di bagian Subcekungan Majalengka yang belum banyak dieksplorasi.

Kata Kunci: Cekungan geologi, inversi gayaberat, permodellan, minyak dan gas.

Abstract- *The Majalengka Sub-Basin in West Java is considered a prospective hydrocarbon-bearing sedimentary basin, yet its southern sector remains poorly constrained due to limited subsurface data and sparse exploration wells. In this study we delineate the subsurface configuration of the basin using gravity data as a non-seismic approach. Complete Bouguer Anomaly data were analyzed through spectral decomposition using Fast Fourier Transform to separate regional and residual components, followed by 3D linearized inversion to estimate density distribution and subsurface geometry. In addition, 3D Euler deconvolution was applied to enhance the delineation of structural features that may control hydrocarbon migration. The inversion results provide an integrated subsurface model that can be correlated with available 3D seismic data and well tops for validation. The analysis highlights the usefulness of gravity data in identifying basin architecture and potential migration pathways in areas where seismic imaging is limited by volcanic cover. The final results show a geologically accurate model and are able to identify hydrocarbon leads in the research area. These findings support further hydrocarbon exploration in the underexplored parts of the Majalengka Sub-Basin*

Keywords: *Geological basin, gravity inversion, modeling, oil and gas.*

© JGSM. This is an open access article
under the CC-BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Subcekungan Majalengka merupakan salah satu subcekungan di Jawa Barat yang memiliki potensi hidrokarbon yang signifikan. Subcekungan ini merupakan bagian dari kompleks Cekungan Bogor yang terbentuk akibat proses subduksi Lempeng Indo-Australia di bagian selatan Pulau Jawa. Meskipun potensi hidrokarbon telah dibuktikan melalui beberapa sumur produksi seperti, sumur Pasir Randu, Akasia Bagus, Jatibarang, dan Gantar, akan tetapi karakterisasi potensi secara menyeluruh, khususnya di bagian selatan Subcekungan Majalengka, masih terbatas karena minimnya data bawah permukaan dan jumlah sumur eksplorasi. Secara tektonik, kompleks Cekungan Bogor merupakan cekungan busur belakang *(back-arc)* yang terbentuk akibat proses Penurunan di belakang busur magmatik Pulau Jawa. Proses tektonik ini menghasilkan tempat pengendapan sedimen yang diisi oleh endapan vulkanik muda yang berasal dari aktivitas vulkanik di sekitar Subcekungan Majalengka (Satyana dan Armandita, 2004). Perkembangan geologi Majalengka sejak zaman Tersier ditunjukkan oleh keberadaan Formasi Cinambo sebagai satuan tertua yang teridentifikasi di kawasan tersebut (Sunarta dkk., 2023), yang mengindikasikan potensi berkembangnya sistem petroleum aktif di wilayah ini.

Indikasi keberadaan sistem petroleum di Subcekungan Majalengka semakin diperkuat dengan adanya temuan rembesan minyak di beberapa lokasi antara lain, daerah Subang, Sumedang, Cirebon, dan Majalengka. Temuan tersebut menunjukkan bahwa sistem petroleum di kawasan tersebut telah matang serta memiliki jalur migrasi yang dibentuk oleh struktur geologi (Wardhana dkk., 2016). Hasil analisis geokimia menggunakan analisis *biomarker* menunjukkan adanya oleanane (OL) yang menunjukkan minyak dan gas berasal dari lingkungan pengendapan *fluvial-deltaic*, yang terendapkan pada masa Kapur-Eosen. Hal ini menunjukkan bahwa batuan induk di kawasan Subcekungan Majalengka berkembang pada satuan stratigrafi yang lebih tua dan lebih dalam dibandingkan Formasi Cinambo yang berumur Miosen Awal (Praptisih, 2018). Indikasi keberadaan sistem petroleum di Subcekungan Majalengka semakin diperkuat dengan adanya temuan rembesan minyak di beberapa lokasi antara lain, daerah Subang, Sumedang, Cirebon dan Majalengka.

Meskipun berbagai indikasi menunjukkan keberadaan sistem petroleum di Subcekungan Majalengka, konfigurasi dan geometri bawah permukaan cekungan, khususnya di bagian selatan, masih belum terdefinisikan secara memadai. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, dilakukan penelitian menggunakan metode geofisika gayaberat yang memanfaatkan variasi medan gravitasi bumi akibat perbedaan densitas batuan di bawah permukaan (Sarkowi, 2014). Metode ini efektif untuk menggambarkan perubahan struktur vertikal, seperti batas batuan dasar, keberadaan intrusi, dan struktur geologi. Selain itu, metode gayaberat banyak digunakan untuk memetakan kontras densitas antara lapisan sedimen dan batuan dasar pada suatu cekungan sedimen (Yalaoui dkk., 2025; Li dkk., 2025; Hidayat dkk., 2020).

Pada penelitian ini, pemodelan bawah permukaan dilakukan menggunakan metode *linearized inversion* berbasis data gayaberat berupa *Complete Bouguer Anomaly (*CBA). Algoritma inversi linier ini dipilih karena mampu menyederhanakan permasalahan non-linier menjadi serangkaian hubungan linier, sehingga proses iterasi dapat berjalan secara lebih stabil dan terkontrol (Jupp dan Vozoff, 1975).

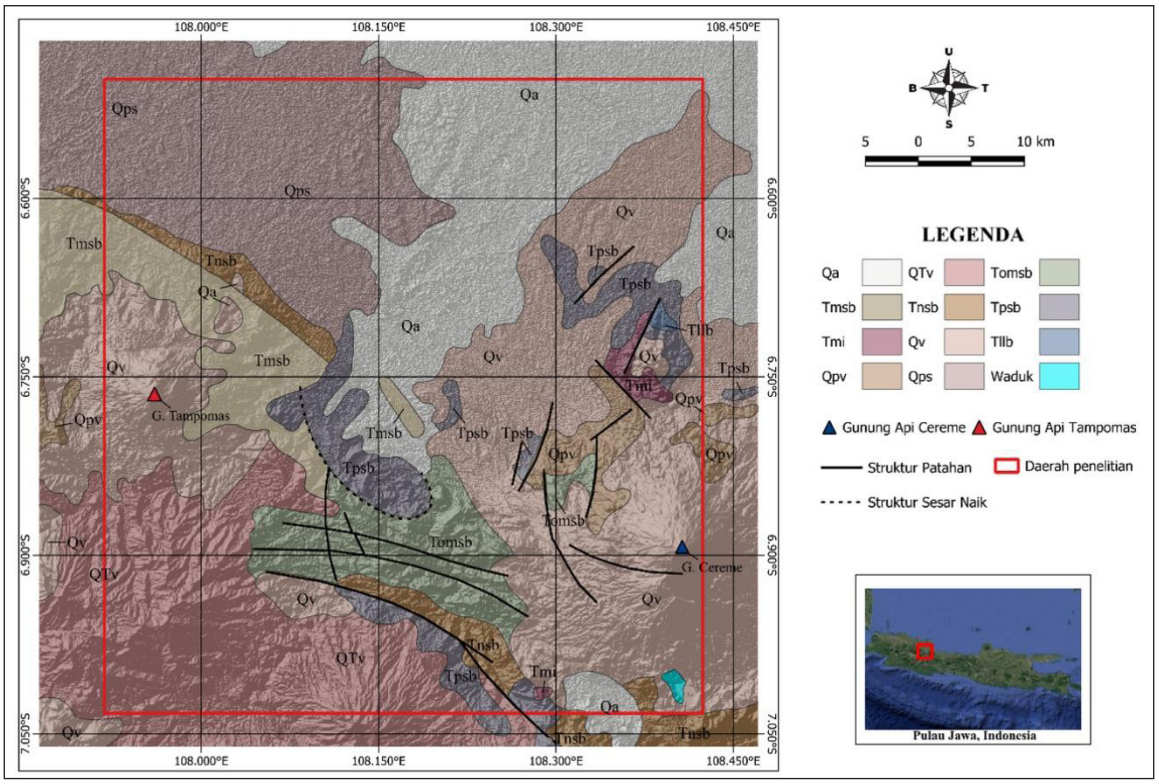
Melalui pendekatan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan konfigurasi struktur bawah permukaan di Subcekungan Majalengka. Hasil pemodelan dan interpretasi yang diperoleh diharapkan dapat memberikan gambaran awal mengenai keterkaitan *lead* hidrokarbon, khususnya pada bagian tengah daerah penelitian yang belum banyak tereksplorasi.

Geologi Daerah Penelitian

Daerah penelitian berada di Subcekungan Majalengka, Jawa Barat, merupakan salah satu cekungan geologi yang terbentuk akibat aktivitas subduksi Lempeng Indo-Australia terhadap Lempeng Sunda. Secara tektonik, wilayah ini termasuk ke dalam cekungan busur belakang (*back-arc*), yaitu cekungan yang terbentuk di bagian belakang busur magmatik akibat gaya regangan pada lempeng di belakang busur vulkanik pada periode Oligosen–Miosen. Subcekungan Majalengka merupakan bagian dari Kompleks Cekungan Bogor yang berkembang sebagai cekungan laut dalam sejak Zaman Tersier dan membentang dari Zona Bogor di bagian barat hingga Zona Kendeng di bagian timur. Secara fisiografi, jalur ini dikenal sebagai *Bogo* –

North, Serayu – Kendeng Deepwater Zone (Satyana dan Armandita, 2004).

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Jawa bagian barat yang dibuat oleh Ratman dan Gafoer (1998) dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (Gambar 1), litologi daerah penelitian didominasi oleh satuan batuan vulkanik Kuarter berupa produk gunung api berumur Plio–Plistosen (QTv) hingga Holosen (Qv). Kondisi ini berkaitan dengan keberadaan Gunung Tampomas dan Gunung Ciremai di sekitar daerah penelitian. Ke arah utara, mendekati wilayah pantai utara Pulau Jawa, satuan batuan berkembang menjadi endapan aluvial dan pantai (Qa). Secara stratigrafi, satuan tertua yang dikenali di Subcekungan Majalengka adalah Formasi Cinambo yang terendapkan pada lingkungan laut dalam dan tersusun atas dominasi batupasir dengan sisipan serpih (Sunarta dkk., 2023). Di atasnya, berkembang Formasi Parigi yang diperkirakan berperan sebagai satuan *reservoir* hidrokarbon, tersusun oleh karbonat berpori berupa batugamping yang berpotensi sebagai batuan *reservoir* (Labiib dkk., 2023). Terdapat juga struktur sesar disekitar daerah penelitian, yaitu sesar geser Pamanukan - Cilacap yang menerus dari Cekungan Banyumas yang memiliki arah penyebaran barat laut – tenggara (Purwasatriya dan Waluyo, 2010).



Gambar 1. Peta geologi daerah penelitian Subcekungan Majalengka berdasarkan modifikasi Peta Geologi Lembar Jawa bagian barat yang disusun oleh Ratman dan Gafoer (1998)

HASIL PENELITIAN

Metode

Pada penelitian ini digunakan data *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) yang dianalisis secara spektral menggunakan pendekatan *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk memisahkan komponen anomali regional dan residual, sehingga fitur yang berasal dari superposisi sumber dalam dan dangkal dapat diidentifikasi secara terpisah (Palupi dkk., 2021). Secara prinsip, analisis spektral mengubah data gayaberat dari domain spasial ke domain frekuensi, sehingga variasi anomali dapat diuraikan berdasarkan panjang gelombangnya. Melalui proses ini diperoleh grafik *power spectrum* yang menunjukkan distribusi amplitudo sebagai fungsi bilangan gelombang. Secara umum, amplitudo spektrum akan menurun secara eksponensial seiring dengan meningkatnya bilangan gelombang (k), yang mencerminkan efek peredaman sinyal akibat semakin dalamnya sumber anomali (Blakely, 1996).

Setelah informasi kedalaman dan pemisahan anomali diperoleh dari analisis spektral, dilakukan proses pemodelan 3D dengan *linearized inversion* untuk

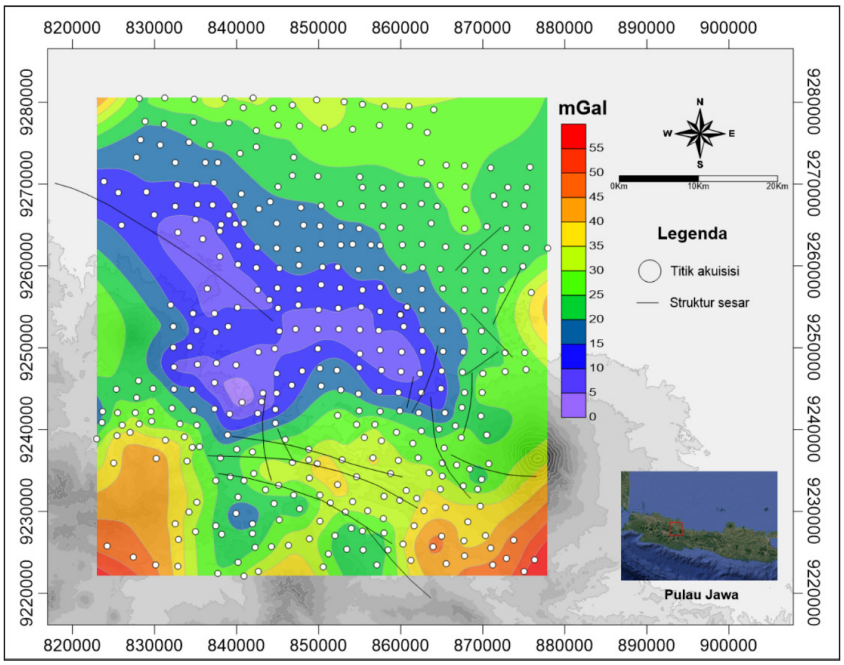
memperoleh informasi bawah permukaan (Jupp dan Vozoff, 1975). Pada tahap ini, keadaan bawah permukaan direpresentasikan sebagai model blok 3D, di mana hubungan antara variasi densitas atau geometri blok dan respon gravitasi dilinearisasi di sekitar model awal. Proses inversi dilakukan dengan meminimalkan selisih antara data gravitasi terukur) dan respon model), sehingga diperoleh distribusi densitas yang menunjukkan anomali. Pada *Software* Grablox, proses inversi diterapkan pada tiga jenis inversi utama, yaitu *base inversion* untuk optimasi parameter dasar anomali gravitasi, *density inversion* untuk menghitung nilai densitas tiap blok model 3D, dan *height inversion* untuk memperkirakan kedalaman atau ketebalan blok bawah permukaan. Digunakan juga pendekatan *occam inversion* sebagai bentuk regularisasi model untuk mengatasi sifat tidak unik dan ketidakstabilan solusi inversi (Pirttijarvi, 2008). Model 3D yang dihasilkan divalidasi keakuratannya secara kualitatif menggunakan penampang seismik 3D pada daerah yang sama, jika menunjukkan kontiunitas yang sama antara penampang seismik 3D dan model gayaberat 3D, model gayaberat 3D dapat diintegrasikan dengan data *well tops* untuk mengikat praduga lapisan *reservoir*, sehingga model 3D Menunjukkan gambaran sebenarnya dari kondisi bawah permukaan Subcekungan Majalengka.

Terakhir metode dekonvolusi euler 3D (3D ED) diterapkan untuk memperjelas delieniasi fitur geologi yang dapat menjadi praduga jalur migrasi hidrokarbon dari *source rock* menuju lapisan *reservoir*. 3D ED merupakan metode analisis medan potensial yang mengkombinasikan nilai medan dan komponen gradiennya untuk menentukan koordinat horizontal serta kedalaman dari sumber anomali bawah permukaan. Secara matematis, metode ini mengacu pada persamaan homogenitas, yang menyatakan hubungan antara suatu fungsi potensial f(x,y,z) dan turunannya terhadap koordinat (Thompson, 1982).

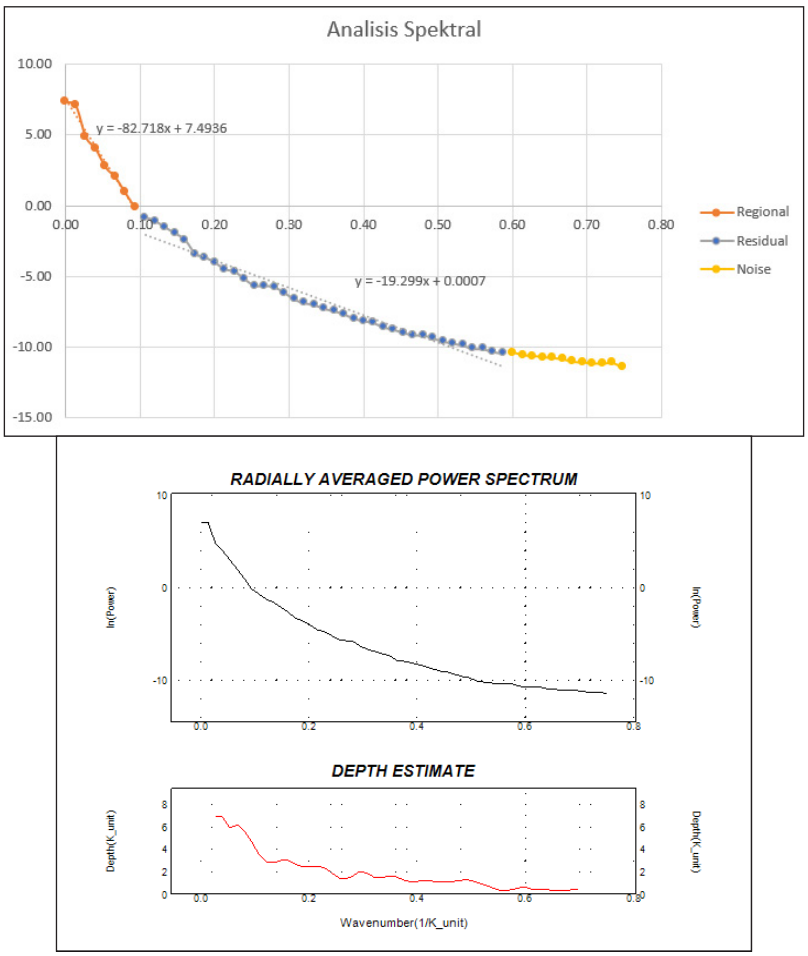
HASIL

Peta *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) adalah representasi anomali gayaberat yang sudah dikoreksi terhadap *tide, drift, tidal*, lintang, *free air,* dan *terrain*. Nilai anomali yang ditunjukkan peta CBA (Gambar 2) merupakan gambaran awal variasi distribusi densitas di bawah permukaan yang merepresentasikan superposisi dari sumber dalam (anomali regional) dan sumber dangkal (anomali residual). Berdasarkan data yang didapat dari Pusat Survei Geologi berupa 398 data yang terdiri atas koordinat dan nilai CBA, didapatkan peta CBA dengan nilai anomali berkisar 0 - 45 mGal. Peta CBA menunjukkan adanya zona anomali rendah kurang dari 15 mGal yang memanjang barat laut- tenggara di bagian tengah daerah penelitian yang dikelilingi zona dengan anomali yang relatif lebih tinggi. Zona anomali rendah dapat diinterpretasikan sebagai Subcekungan Majalengka yang menjadi tempat terakumulasinya sedimen berdensitas relatif rendah. Bagian selatan daerah penelitian menunjukkan adanya ketidakmenerusan anomali tinggi yang diduga merupakan Sesar Geser Pamanukan - Cilacap yang berpotensi berperan sebagai jalur migrasi hidrokarbon (Hidayat dkk., 2024).

Pemisahan anomali regional dan residual dilakukan menggunakan analisis spektral berbasis *Fast Fourier Transform* (FFT). Transformasi Fourier mengubah data dari domain spasial ke domain frekuensi, di mana setiap komponen medan gayaberat dinyatakan dalam bilangan gelombang (*wavenumber*) yang berhubungan dengan kedalaman sumber. Pemisahan ini perlu untuk dilakukan, dikarenakan CBA merepresentasikan komponen regional dan residual secara bersamaan sehingga, dilakukan pemisahan anomali untuk memperoleh gambaran geometri bawah permukaan yang lebih dangkal. Hasil analisis spektral (Gambar 3) menunjukkan adanya perubahan kemiringan pada grafik *log (power)* terhadap *wavenumber*, segmen pertama dengan kemiringan relatif landai yang ditunjukkan oleh warna oranye merepresentasikan sumber anomali regional, segmen dengan kemiringan lebih curam yang ditunjukkan oleh warna biru merepresentasikan sumber anomali residual, terakhir segmen dengan warna abu merepresentasikan *noise data*. Berdasarkan perubahan kemiringan ditentukan nilai *cut off* dengan nilai 16.700 menggunakan filter *butterworth* yang minim efek osilasi. Terdapat juga analisis *depth estimate* (Gambar 3) yang menunjukkan kedalaman data sekitar 7 km, yang nantinya informasi ini akan digunakan pada proses inversi sebagai model awal.

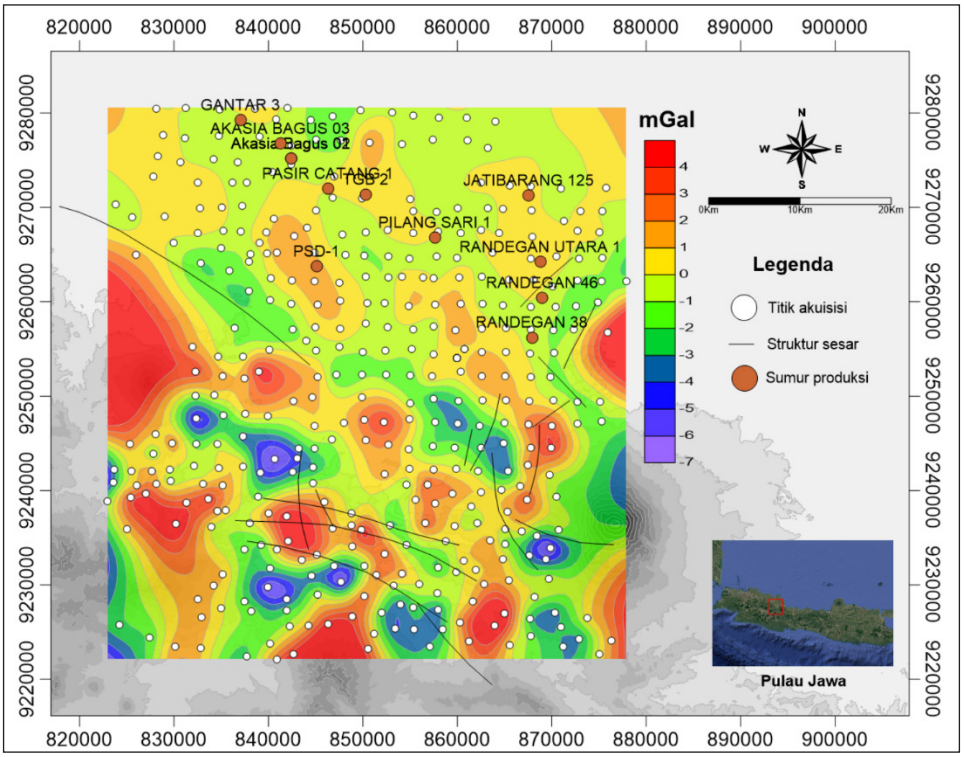


Gambar 2. Peta complete *bouger anomaly* (CBA) daerah penelitian menunjukkan zona depresi di bagian tengah daerah penelitian yang diinterpretasikan sebagai Subcekungan Majalengka



Gambar 3. *Radial averaged power spectrum* dan *depth estimate* hasil pemisahan analisis spektral dengan titik nilai *cutoff* berada di 16.700 dan kedalaman data hingga kurang lebih 7 km

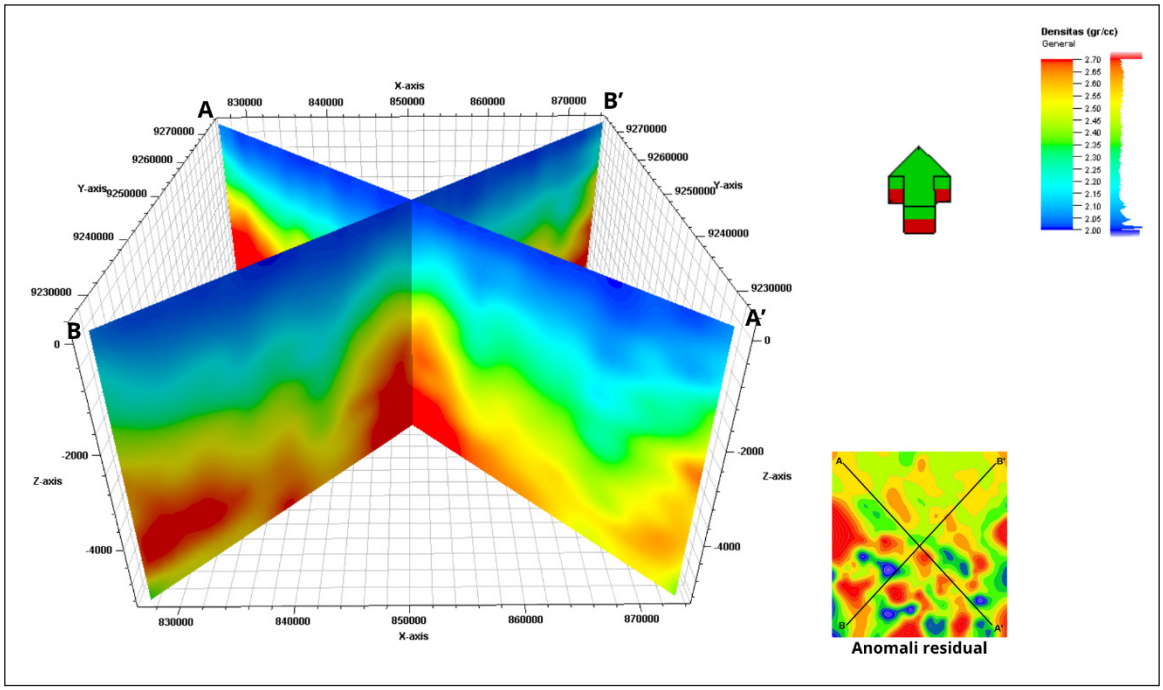
Proses pemisahan CBA menggunakan analisis spektral menghasilkan peta anomali residual yang menggambarkan fitur gayaberat yang berasal dari sumber anomali dangkal. Peta anomali residual (Gambar 4) menunjukkan rentang nilai relatif lebih kecil, namun dengan distribusi anomali yang lebih kompleks dan heterogen yang dibandingkan penyebaran CBA. Pada peta residual, zona anomali rendah yang diinterpretasikan sebagai Subcekungan Majalengka terlihat dipisahkan oleh struktur tinggian dengan anomali tinggi yang memiliki tren barat laut-tenggara sehingga menghasilkan dua zona depresi utama yaitu anomali rendah utara dan anomali rendah selatan. Dua zona ini, diinterpretasikan sebagai zona depresi yang memiliki kedalaman sedimen relatif lebih tebal dibandingkan area sekitarnya dan memungkinkan terbentuknya lingkungan pengendapan yang lebih dalam. Secara geologi, relief bawah permukaan tersebut memungkinkan terendapkannya *source rock* sehingga dua zona depresi tersebut dapat diduga sebagai area prospek pengendapan *source rock* di area studi. Terdapat sumur produksi yang sudah dikembangkan di sekitar Subcekungan Majalengka, dapat dilihat bahwa lokasi sumur produksi yang ditunjukkan (Gambar 4) cenderung berada pada zona anomali tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa struktur tinggian dengan anomali tinggi dapat berpotensi menjadi zona perangkap tempat terakumulasinya hidrokarbon berupa antiklin. Pola hubungan antara zona perangkap dan anomali tinggi ini bisa menjadi acuan dalam analisis identifikasi *lead* hidrokarbon khususnya pada daerah tengah daerah penelitian yang masih minim dilakukan eksplorasi.



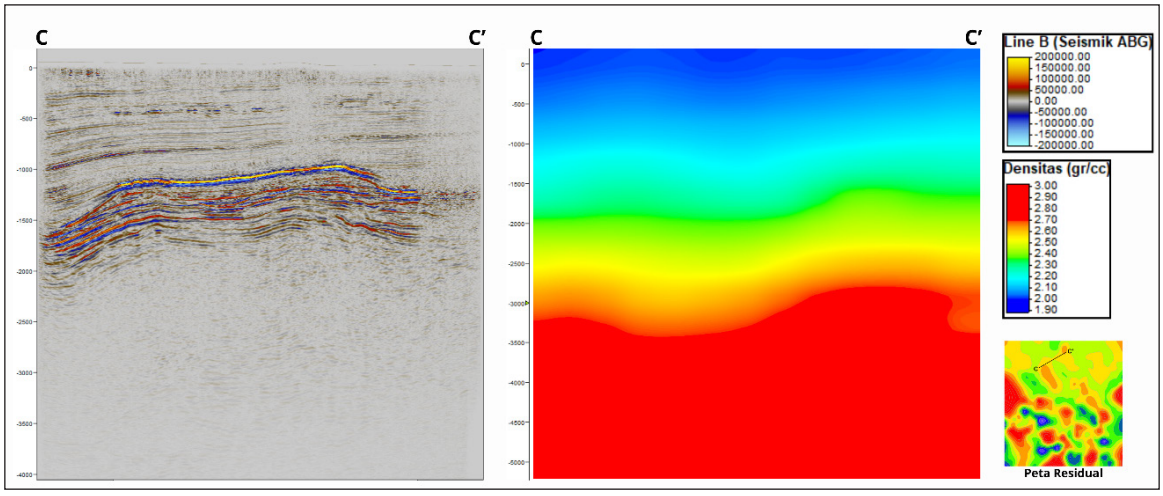
Gambar 4. Pola anomali residual hasil pemisahan analisis spektral dan lokasi sumur produksi, diidentifikasi dua zona depresi utama yaitu zona rendah utara dan zona rendah selatan

Pengolahan dilanjutkan pada inversi terhadap data gayaberat yang sudah dilakukan analisis spektral. Penerapan *linearized inversion* efektif dalam meningkatkan kestabilan solusi serta menghasilkan model gayaberat bawah permukaan yang lebih konsisten dengan data observasi. Data yang digunakan sebagai input dalam proses inversi adalah anomali residual, karena komponen ini merepresentasikan variasi densitas yang bersumber dari struktur geologi dangkal dan lokal, seperti cekungan sedimen dan *top basement*. Dalam penentuan model awal dipilih kedalaman model sebesar 5 km yang mengacu pada penelitian Sunarta dkk. (2023) dan didukung oleh grafik *depth estimate* hasil analisis spektral. Densitas awal sebesar 2,67 g/cc ditetapkan karena merepresentasikan wilayah Indonesia bagian barat yaitu *upper continental crust,* dengan range densitas 2,0 - 3,0 g/cc untuk mengakomodasi variasi litologi

yang ada pada stratigrafi cekungan yang ingin dimodelkan berdasarkan tabel densitas batuan oleh Telford dkk. (1990). Model densitas 3D yang dihasilkan merepresentasikan gambaran bawah permukaan Subcekungan Majalengka (Gambar 5). Validasi model dilakukan dengan membandingkan penampang gayaberat hasil inversi dengan penampang seismik 3D pada lintasan yang sama (Gambar 6). Berdasarkan analisis kualitatif kedua penampang menunjukkan kesesuaian dan kontinuitas struktur yang mirip. Walaupun parameter kedua penampang ini berbeda, namun keselarasan pola struktur ini dari model inversi cukup baik dan representatif dalam menggambarkan kondisi bawah permukaan, sehingga model gayaberat ini layak digunakan dalam identifikasi *lead* hidrokarbon.

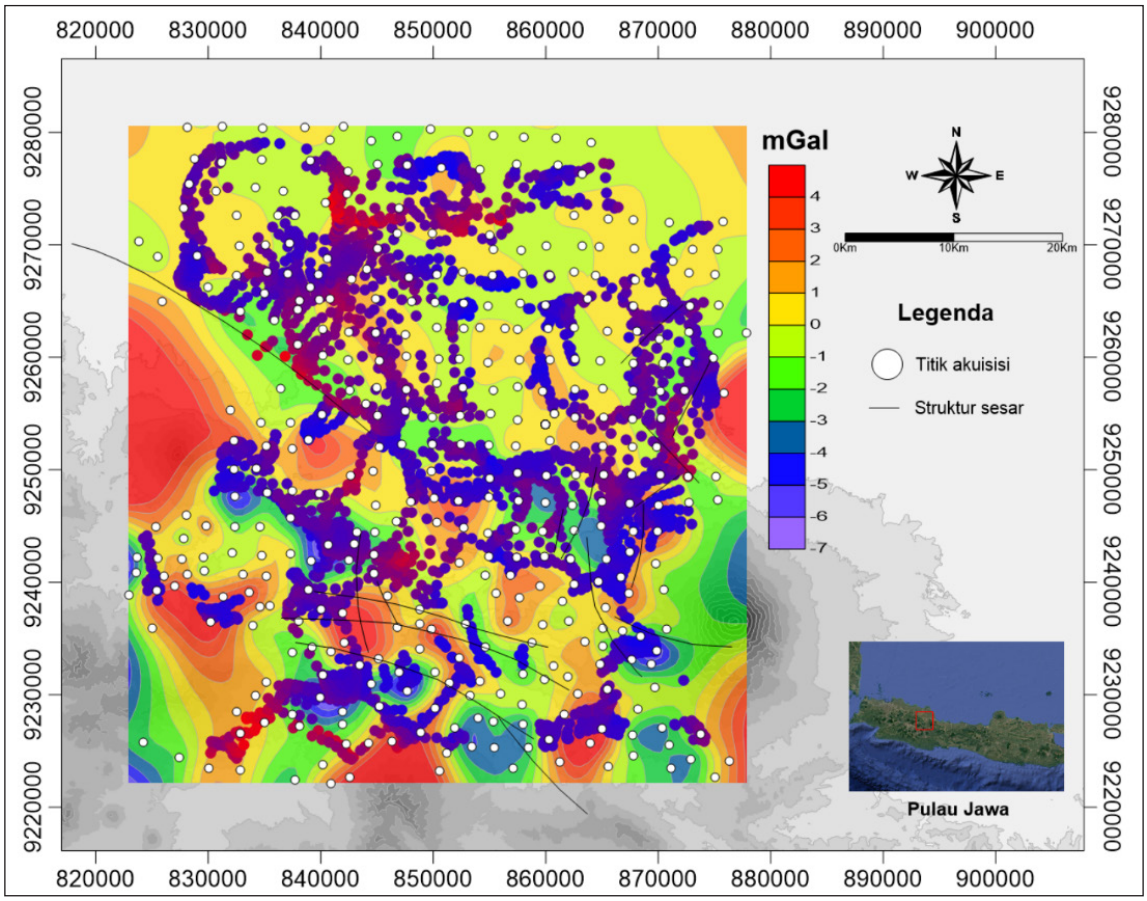


Gambar 5. Model gayaberat 3D Hasil inversi menggunakan Grablox daerah penelitian dengan input data anomali residual, didapatkan kedalaman model mencapai 5 km dan range nilai dari 2,1 – 2,9 g/cc



Gambar 6. Validasi model gayaberat 3D dengan metode seismik 3D yang berada pada daerah penelitian yang sama, hasil model gayaberat 3D yang dihasilkan memiliki kemenerusan delieniasi yang sama dengan model seismik 3D

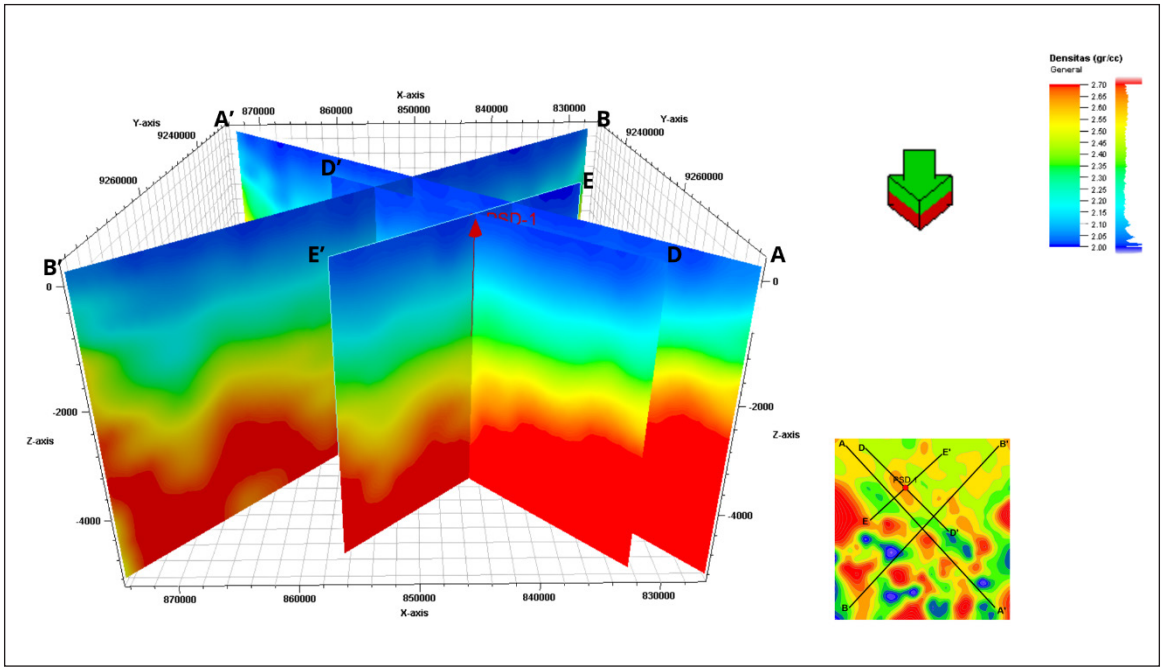
Untuk mendelieniasi struktur geologi minor yang tidak tampak pada model gayaberat karena keterbatasan resolusi, digunakan dekonvolusi euler 3D (3D ED) (Gambar 7). Digunakan anomali residual sebagai *input* data dan *structural index* bernilai 0 yang merepresentasikan kontak densitas atau diskontinuitas geologi seperti sesar. Pemilihan ini didasarkan pada karakter batuan yang mengalami perubahan densitas tajam apabila terdapatnya sesar. Hasil 3D ED kemudian dilakukan *overlay* dengan model gayaberat 3D. untuk membantu identifikasi jalur migrasi hidrokarbon dari *source rock* menuju *reservoir*.



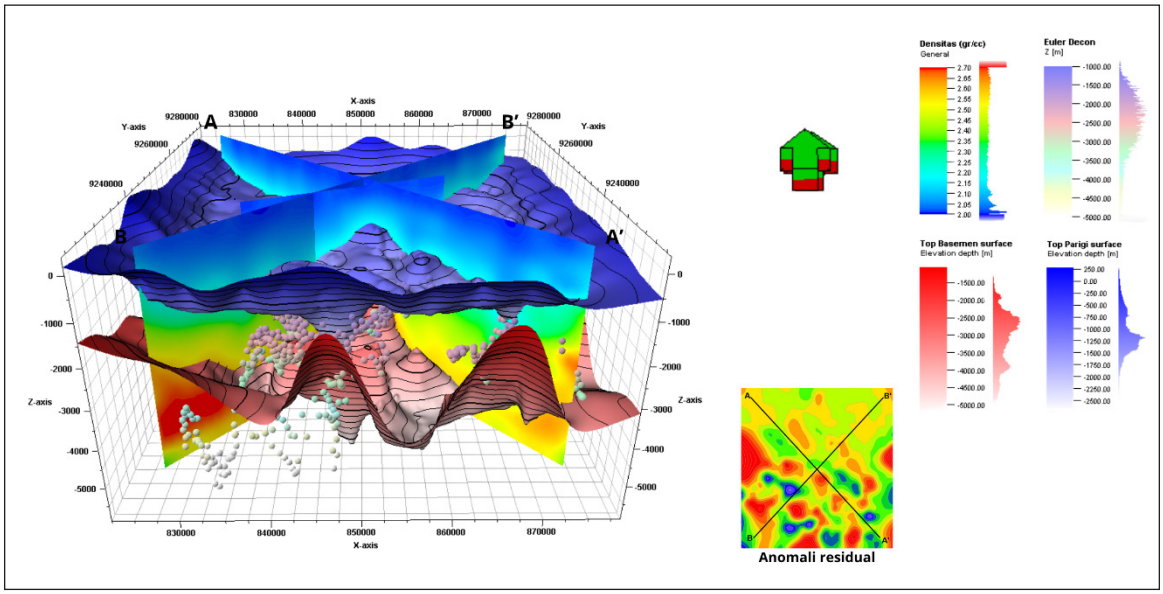
Gambar 7. Hasil dekonvolusi euler 3D daerah penelitian yang dilakukan *overlay* dengan pola anomali residual

DISKUSI

Hasil inversi gayaberat 3D yang telah divalidasi dengan data seismik 3D kemudian diinterpretasikan untuk menggambarkan konfigurasi struktur bawah permukaan dalam kaitannya dengan identifikasi *lead* hidrokarbon. Fokus analisis meliputi tiga komponen utama, yaitu depresi pada *top basement* sebagai indikasi zona pengendapan *source rock,* struktur antiklin pada *top reservoir* sebagai perangkap hidrokarbon, serta fitur geologi berupa sesar yang berperan sebagai jalur migrasi. Ketiga komponen tersebut menjadi kunci dalam penentuan *lead* hidrokarbon pada daerah penelitian. Sebelum dilakukan interpretasi lebih lanjut dilakukan *picking* lapisan *top basement* dan *top surface reservoir* untuk mempermudah tahap interpretasi (Gambar 9). Penentuan *top basement* didasarkan pada kontras densitas >2,6 g/cc yang mengindikasikan batuan beku, mengacu pada Wardhana dkk. (2016) dan tabel densitas Telford dkk. (1990). Sementara itu, *top reservoir* ditentukan dengan mengacu pada kedalaman Formasi Parigi yang mengacu pada data *well tops* PSD-1 yang dilakukan *overlay* ke dalam model (Gambar 8).



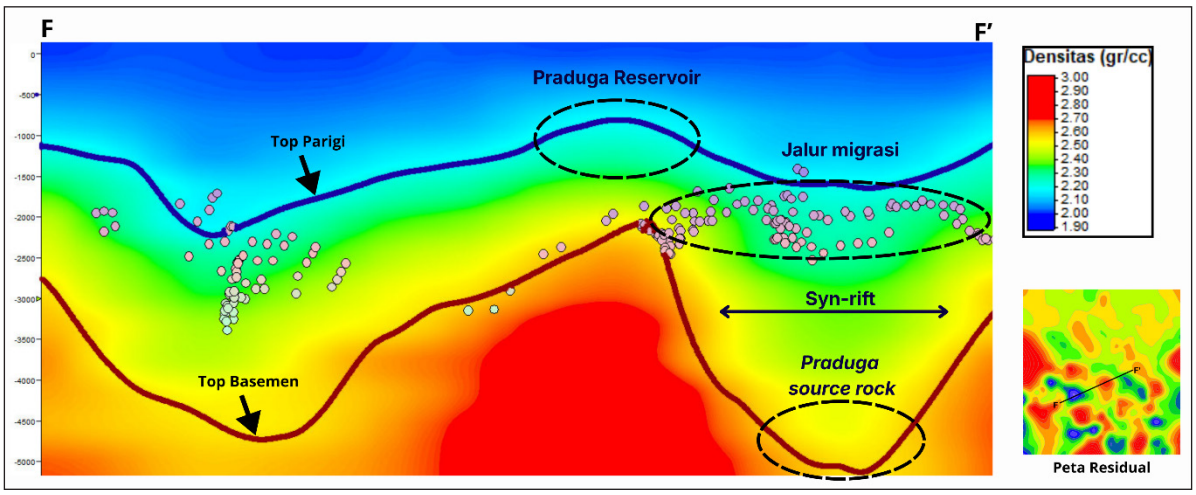
Gambar 8. *Overlay* sumur PSD-1 yang menjadi kontrol model untuk penentuan *picking top reservoir* pada daerah penelitian



Gambar 9. *Picking surface top* Parigi (*reservoir*) (biru), *top basement* (*source rock*) (merah), dan 3D ED

Dalam proses interpretasi dilakukan *slicing* pada lintasan F – F' (Gambar 10), teridentifikasi adanya depresi *basement* yang mencapai kedalaman lebih dari 4500 meter di bawah permukaan laut, yang direpresentasikan oleh garis *picking top basement* berwarna merah. Depresi ini diinterpretasikan sebagai area terakumulasinya endapan sedimen tebal yang berpotensi bertindak sebagai zona *source rock*. Interpretasi ini sejalan dengan penelitian Praptisih (2018) yang menyebutkan bahwa pembentukan hidrokarbon pada Subcekungan Majalengka berumur Kapur - Oligosen, yang berarti *source rock* memiliki lokasi yang lebih dalam. Berdekatan dengan zona depresi tersebut, sebaran hasil 3D ED memperlihatkan pola kemenerusan diagonal pada kedalaman 2000 – 2500 meter di atas area zona depresi *basement*. Pola kemenerusan titik 3D ED ini diinterpretasikan sebagai keberadaan zona sesar minor yang krusial sebagai jalur migrasi vertikal hidrokarbon dari zona *source rock* menuju formasi yang lebih dangkal. Hidrokarbon yang bermigrasi melalui zona sesar tersebut bergerak menuju area bertekanan rendah di bagian tengah penampang,

di mana terdapat tinggian *basement* dengan anomali densitas tinggi yang diikuti oleh pelengkungan *picking top reservoir* di atasnya yang ditunjukkan oleh garis biru. *Top reservoir* pada kedalaman sekitar 800 hingga 1000 meter ini membentuk struktur antiklin yang didukung oleh keberadaan fitur geologi di sekitar menjadikannya sangat ideal sebagai perangkap struktural hidrokarbon. Hal ini menjadikan daerah *slicing* F – F' zona identifikasi *lead* hidrokarbon utama pada area penelitian karena mengakomodasi siklus pematangan, migrasi, hingga akumulasi secara utuh.



Gambar 10. Penampang *slicing* F–F' daerah penelitian dengan *overlay* data model gayaberat, *picking surface reservoir* dan *source rock*, dan dekonvolusi euler, hasil *slicing* menunjukkan adanya *lead* hidrokarbon pada daerah penelitian.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan interpretasi data, penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan integratif yang menggabungkan analisis spektral, inversi gayaberat 3D, dan dekonvolusi euler 3D (3D ED) mampu memberikan gambaran kondisi bawah permukaan komprehensif dalam mengidentifikasi *lead* hidrokarbon. Analisis *Complete Bouguer Anomaly* (CBA) dan spektral mengindikasikan keberadaan Subcekungan Majalengka yang memanjang berarah barat laut–tenggara dan terbagi menjadi dua zona depresi utama, dengan kedalaman sekitar 5 km yang konsisten dengan hasil inversi 3D dan studi literatur. Interpretasi pada penampang *slicing* F–F' menunjukkan adanya depresi *basement* pada kedalaman lebih dari 4500 m dengan densitas >2,6 g/cc yang diinterpretasikan sebagai zona akumulasi *source rock*, diikuti oleh sebaran solusi 3D ED pada kedalaman 2000–2500 m yang membentuk pola linier sebagai indikasi jalur migrasi hidrokarbon, serta keberadaan lapisan *reservoir* pada kedalaman 800–1000 m dengan densitas 2,2–2,4 g/cc yang membentuk struktur antiklin sebagai perangkap hidrokarbon. Integrasi ketiga komponen sistem petroleum tersebut menunjukkan bahwa area pada lintasan *slicing* F – F' berpotensi sebagai *lead* hidrokarbon di Subcekungan Majalengka, meskipun hasil ini masih berada pada tahap identifikasi awal dan memerlukan validasi lebih lanjut menggunakan metode beresolusi lebih tinggi seperti data seismik dan *logging* sumur untuk meningkatkan keakuratan dan tingkat kepercayaan interpretasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung penyelesaian penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Survei Geologi dan Universitas Padjadjaran sebagai institusi yang menyediakan fasilitas dan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini. Selain itu, penulis turut mengapresiasi para *reviewer* atas saran dan masukan yang konstruktif dalam penyempurnaan penelitian ini.

ACUAN

Hidayat, Subagio dan Praromadani. 2020. Geo-resources interpretasi struktur geologi bawah permukaan berdasarkan updating data gaya berat Cekungan Banyumas, euler Tengah: Subsurface geological structure interpretation based on updating gravity data of Banyumas Basin, Central Java. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, *21(3)*. https://doi.org/10.33332/jgsm.geologi.21.3.111-118p

Hidayat, Shofie, Hawan dan Marjiyono. 2024. Pencitraan bawah permukaan Cekungan Majalengka: Analisis data gayaberat untuk eksplorasi hidrokarbon pada cekungan sedimen dengan tutupan vulkanik. *Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi, 58(1)*, 13–27. https://doi.org/10.29017/LPMGB.58.1.1611

Jupp, D. L. B., danVozoff, K. 1975. Stable iterative methods for the inversion of geophysical data. *Geophysical Journal International*, *42*(3), 957–976. https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1975.tb05898.x

Labiib, Yuniardi, Mohamad, dan Wibowo. 2023. *Distribusi dan pola pertumbuhan batuan karbonat pada Lapangan "Hal", Cekungan Jawa Barat Utara dengan mengintegrasikan data log sumur dan seismik*, 7(5).

Li, G., Chen, Q., Yuan, B., Tan, X., Chen, H., Huang, X. danPan, L. 2025. Application of different edge detection methods for faults identification in Anza Basin, Kenya. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 36(1). https://doi.org/10.1007/s44195-025-00085-x

Palupi, I.R., Raharjo, W. Dan Kiswanti, S. 2021. The role of 2D fast Fourier transform and high pass filter in regional and residual anomaly separation in gravity. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 873(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/873/1/012017

Pirttijärvi, M. 2008. *GRABLOX: Gravity interpretation and modeling software based on a 3-D block model (Version 1.6b) User's guide*. University of Oulu, Department of Physical Sciences.

Praptisih. 2018. *Karakteristik batuan induk hidrokarbon di Cekungan Bogor, Jawa Barat*. Jakarta: LIPI Press.

Purwasatriya, E.B. dan Waluyo, G. 2010. Studi stratigrafi pada rembesan minyak serta hubungannya dengan petroleum system di Cekungan Banyumas. In: *Proceedings PIT IAGI Lombok 2010: The 39th IAGI Annual Convention and Exhibition*.

Ratman, N. Dan Gafoer, S. 1998. *Peta Geologi Lembar Jawa bagian barat* (Edisi ke-2, Skala 1:500.000). Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Sarkowi. 2014. *Eksplorasi gaya berat*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Satyana, A. H., dan Armandita, C. 2004. Deepwater plays of Java, Indonesia: Regional evaluation on opportunities and risks. *Proceedings, Deepwater and Frontier Exploration in Asia dan Australasia Symposium* (pp. 1–21). Indonesian Petroleum Association.

Sunarta, J.A., Rochmana, Z., Wiwik, E. Dan Hastuti, D. 2023. Rekonstruksi sejarah geologi berdasarkan analisis stratigrafi di daerah Cengal dan sekitarnya, Kecamatan Maja, Kabupaten Majalengka, Jawa Barat., 7(2).

Telford, W. M, Geldart, L P, dan Sherif. R.E. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge University Press. Cambridge.

Thompson, D. T. 1982. EULDPH: A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data. *Geophysics*, *47*(1), 31–37. https://doi.org/10.1190/1.1441278

Wardhana, D.D., Kamtono, K. Dan Gaol, K.L. 2016. Struktur tinggian di Sub Cekungan Majalengka berdasarkan metode gayaberat. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 26(2), pp.85 https://doi.org/10.14203/risetgeotam2016.v26.278

Yalaoui, R., Ouyed, R., Idres, M., Samai, S. Dan Ouyed, M., 2025. 3D gravity modelling of the basement of the Mitidja Basin (Algeria): Approach and tectonic implications. *Tectonophysics*, 913. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2025.230892