

**STUDI POLA SUB-CEKUNGAN HIDROKARBON MENGGUNAKAN
ANALISIS SPECTRAL DECOMPOSITION, PEMODELAN 2D DAN
PEMODELAN 3D BERDASARKAN DATA GAYABERAT
DAERAH LONGIRAM, KALIMANTAN TIMUR**

Dicky Febriyansyah¹, Nandi Haerudin¹, Suharno¹, Imam Setiadi²

¹Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Universitas Lampung

²Pusat Survei Geologi

Jl Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

Jurusan Teknik Geofisika, FT UNILA

Email: febriyansyahdicky@gmail.com

ABSTRAK

Daerah Longiram merupakan wilayah yang memiliki kontak langsung dengan Cekungan Kutai, Kalimantan Timur. Keberadaan struktur geologi yang berupa struktur patahan berarah relatif Timur Laut-Barat Daya menyebabkan daerah penelitian ini memiliki beberapa sub-cekungan dan tinggian *basement*. Untuk mengetahui pola stuktur dan batas lapisan batuan dasar yang menyebabkan terbentuknya sub-cekungan berpotensi hidrokarbon ini, dapat dilakukan dengan menggunakan data gayaberat. Pengolahan data gayaberat dengan menggunakan analisis spektrum untuk menentukan batas lapisan sedimen dengan batuan dasar dan *spectral decomposition* untuk mendapatkan informasi mengenai pola struktur geologi perkedalaman yang terdapat pada daerah penelitan. Untuk memperkecil ambiguitas dalam penelitian ini, dilakukan pula analisis FHD (*First Horizontal Derivative*) dan SVD (*Second Vertical Derivative*) yang dilakukan untuk mengestimasi keberadaan patahan sebagai pola pembentuk sub-cekungan. Dari hasil pemodelan 2D dan 3D didapatkan bahwa daerah penelitian memiliki potensi hidrokarbon. Hal ini bisa dilihat dari hasil pengolahan data gayaberat, dimana diperoleh tiga sub-cekungan yang menjadi tempat pembentukan dan pematangan hidrokarbon. Pada daerah penelitian ini juga terdapat tinggian yang berpotensi sebagai perangkap, serta terdapat beberapa patahan yang berfungsi sebagai jalur migrasi hidrokarbon.

ABSTRACT

Longiram is an area which has direct contact with the Kutai Basin, East Kalimantan. The existence of a geologic structure in the form of a relatively EastSouthwest oriented fault structure led to the study area having several sub-basins and basements. To determine the structure pattern and boundary layer of bedrock that causing the formation of hydrocarbon potential sub-basin can be identified by using gravity data. Gravity data processing by using spectrum analysis to determine the border of sedimentary layers with bedrock and spectral decomposition to obtain information about the pattern of geological structures in the study area. To minimize the ambiguity in this study, FHD (*First Horizontal Derivative*) and SVD (*Second Vertical Derivative*) analysis were conducted to estimate the existence of the fracture as a sub-basin pattern. From the result of 2D and 3D modeling, the research area has hydrocarbon potential. It is analyzed from gravity data processing result, there are three sub-basins which become the area of formation and maturation of hydrocarbons. This area also has high area which has potential as trap and there are several fault as a pathway for the hydrocarbons migration.

Keyword: *gravity, spectrum analysis, spectral decomposition, forward modeling, inverse modeling.*

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah pertemuan tiga lempeng, yaitu Lempeng Pasifik, Lempeng Indo-australia, dan Lempeng Eurasia, dimana lempeng-lempeng tersebut terus aktif bergerak sampai sekarang. Pertemuan lempeng-lempeng tersebut menyebabkan terbentuknya jalur pegunungan hampir di seluruh pulau-pulau yang ada di Indonesia dan pada bagian belakang atau depan jalur pegunungan ini terbentuk suatu cekungan yang berfungsi sebagai tempat pengendapan sedimen. Keberadaan cekungan-cekungan sedimen ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara dengan potensi hidrokarbon terbesar di dunia (Tryono, 2015).

Kalimantan Timur merupakan salah satu daerah dengan prospek hidrokarbon yang cukup besar di Indonesia. Hal ini dibuktikan dengan terdapatnya beberapa cekungan sedimen yang berada pada daerah Kalimantan Timur ini, salah satu cekungan hidrokarbon tersebut adalah Cekungan Kutai. Berdasarkan letaknya cekungan ini dibagi menjadi dua, yaitu Cekungan Kutai bawah dan Cekungan Kutai atas. Cekungan Kutai bawah berada pada bagian Timur Cekungan, sedangkan Cekungan Kutai atas berada pada bagian Barat Cekungan. Lokasi penelitian adalah daerah Longiram yang merupakan bagian dari Cekungan Kutai bagian atas (Satyana dkk., 1999).

Metode Gayaberat merupakan metode yang sangat peka terhadap perubahan ke arah lateral maupun vertikal, oleh karena itu metode ini sering digunakan untuk mempelajari struktur geologi, batuan dasar, intrusi batuan, cekungan sedimen, endapan sungai purba dan lain-lain (Sarkowi, 2014). Keberadaan suatu sistem sub-cekungan hidrokarbon tidak lepas dari adanya struktur geologi, seperti patahan, antiklin dan lain-lain. Analisis *spectral decomposition* dapat digunakan untuk mengetahui pola struktur geologi berupa patahan yang dapat menjadi pendukung terbentuknya sub-cekungan hidrokarbon. Analisis *spectral decomposition* ini dibantu dengan analisis *derivative* guna

mengurangi ambiguitas dalam proses interpretasi. Dengan melakukan penelitian menggunakan metode gayaberat disertai beberapa analisis pendukung yang dilakukan pada proses pengolahan data, diharapkan dapat diketahui pola sub-cekungan, batas lapisan sedimen dengan batuan dasar, pola tinggian dan struktur bawah permukaan agar bisa digunakan untuk tahap awal menemukan potensi-potensi hidrokarbon yang baru.

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menggambarkan pola anomali gayaberat daerah Longiram, Kalimantan Timur.
2. Mengestimasi kedalaman zona regional dan residual dari anomali bouguer lengkap dengan menggunakan analisis spektrum.
3. Menentukan pola struktur patahan daerah Longiram, Kalimantan Timur berdasarkan analisis spectral decomposition terhadap anomali residual gayaberat.
4. Mendeliniasi pola sub-cekungan dari anomali residual.
5. Menginterpretasi struktur geologi bawah permukaan daerah penelitian melalui pemodelan 2D dan 3D.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Lokasi daerah penelitian berada pada koordinat $0^{\circ}00'-1^{\circ}00'$ LS dan $115^{\circ}30'-116^{\circ}30'$ BT, wilayah penelitian ini termasuk ke dalam bagian dari Cekungan Kutai, Kalimantan Timur. Daerah penelitian memiliki hubungan erat dengan keberadaan Cekungan Kutai, baik struktur geologi maupun stratigrafinya. Antiklinorium Samarinda yang berada pada bagian Tenggara-Timur Cekungan Kutai, mempengaruhi terbentuknya pola struktur pada Cekungan Kutai yang berarah Timur Laut-Barat Daya (NE-SW). Antiklinorium Samarinda berkarakteristik terlipat kuat dan pada beberapa bagiannya dibatasi oleh sinklin-sinklin yang terisi oleh sedimen silisiklastik Miosen (Satyana dkk., 1999).

III. TEORI DASAR

3.1. Metode Gayaberat

Adanya perbedaan densitas dan jenis batuan bawah permukaan, adanya perbedaan jarak pusat bumi ke permukaan serta adanya perbedaan topografi dipermukaan bumi inilah yang menyebabkan terjadinya variasi atau perbedaan nilai medan gayaberat di bumi. Keberadaan kontak intrusi, struktur geologi, endapan sungai purba, lubang di dalam tanah dapat dipelajari menggunakan metode gayaberat, hal ini dikarenakan metode gayaberat ini cukup peka terhadap perubahan yang bersifat vertikal ataupun lateral. Dalam upaya awal untuk menemukan struktur yang menyebabkan terbentuknya cekungan hidrokarbon dalam upaya eksplorasi hidrokarbon dapat dilakukan dengan menggunakan metode gayaberat ini (Sarkowi, 2014).

3.2. Anomali Bouguer

Anomali bouguer adalah selisih antara nilai gravitasi pengamatan atau gravitasi observasi dengan nilai gravitasi teoritis atau gravitasi normal. Perbedaan rapat massa yang terdapat pada suatu daerah dengan daerah sekelilingnya secara lateral maupun ke arah vertical direfleksikan oleh nilai selisih tersebut. Setelah data percepatan gayaberat hasil pengukuran di koreksi, maka akan diperoleh persamaan anomali percepatan gayaberat (Blakely, 1996), yaitu :

- 1) Anomali Bouguer Sederhana (ABS)

$$ABS=(G_{ob}-G_n)+KUB-KB$$

- 2) Anomali Bouguer Lengkap (ABL)

$$ABL=(G_{ob}-G_n)+KUB-KB+KM$$

dimana Δg (ABS/ABL) adalah anomali bouguer, G_{obs} adalah percepatan gayaberat teramati, G_n adalah nilai percepatan gayaberat setelah koreksi lintang, KUB adalah koreksi udara bebas, KB adalah koreksi bouguer dan KM adalah koreksi medan.

3.3. Spectral Decomposition

Analisis *spectral decomposition* atau dekomposisi spektral ini ditujukan untuk mendapatkan informasi mengenai keberadaan struktur geologi yang perkedalaman yang sudah ditentukan. Untuk menghitung spektrum amplitudo masing-masing window yang meliputi zona interest, dalam hal ini dibantu dengan transformasi fourier pada *Spectral Decomposition*. Satuan geologi yang terdapat pada kedalaman setiap jendela yang digunakan akan mengontrol nilai dari spektrum amplitudo yang dihasilkan. Dengan kata lain, apabila dekomposisi sinyal tersebut dihitung untuk seluruh jejak pada data awal dan ditampilkan dalam bentuk peta, maka peta tersebut menampilkan variasi secara vertikal ataupun lateral (Fitriah, 2009).

3.4. First Horizontal Derivative

First Horizontal Derivative (FHD) atau *Horizontal Gradient* adalah turunan mendatar pertama yang dapat menunjukkan tepian dari suatu bodi anomali pada data gayaberat (Zaenudin dkk, 2013). Untuk menentukan batas kontak kontras densitas dari suatu anomali target secara horizontal terhadap daerah sekitarnya dapat digunakan metode *horizontal gradient* (Cordell, 1979).

3.5. Second Vertical Derivative

Dalam menginterpretasikan struktur bawah permukaan dapat menggunakan metode *Second Vertical Derivative*. Turunan vertikal orde dua yang bersifat sebagai *high pass filter* atau meninggikan anomali dengan panjang gelombang pendek terhadap anomali residual yang berasosiasi dengan struktur dangkal. SVD digunakan untuk analisis model dengan melihat nilai maksimum dan minimum nilai turunan keduanya.

IV. METODOLOGI PENELITIAN

Data Anomali Bouguer Lengkap (ABL) dilakukan analisis spektral yang berfungsi

untuk memperkirakan kedalaman suatu benda anomali gayaberat di bawah permukaan. Metode analisis spektrum menggunakan *Transformasi Fourier* yang berguna untuk mengubah suatu fungsi dalam jarak atau waktu menjadi suatu fungsi dalam bilangan gelombang atau frekuensi. Selanjutnya dilakukan analisis *spectral decomposition*. Proses pemisahan dilakukan dengan metode *Spectral Decomposition* ini digunakan dengan menentukan beberapa kedalaman anomali residual yang diinginkan. Penentuan kedalaman anomali residual ini dilakukan secara berurutan dari kedalaman yang lebih dangkal ke kedalaman yang lebih dalam.

Penentuan kedalaman ini dilakukan dengan menggunakan grafik hubungan antara $\ln A$ dan k , dengan cara mengatur garis linier agar nilainya sesuai dengan nilai kedalaman yang dicari. Setelah kedalaman ditentukan, selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap nilai bilangan gelombang *cut off* yang nantinya akan digunakan dalam parameter input untuk menghasilkan peta anomali regional dan residual untuk masing-masing kedalaman. Pada penelitian ini, kedalaman yang digunakan untuk mencari nilai *cut off* masing-masingnya ialah kedalaman 1 km, 2 km, 3 km dan 4 km.

Setelah semua peta anomali diperoleh, kemudian anomali tersebut dianalisis menggunakan *First Horizontal Derivative* dan *Second Vertical Derivativ (SVD)* untuk mengetahui diskontinuitas dari suatu struktur bawah permukaan. Pemodelan kedepan 2D (*Forward Modeling*) dibuat berdasarkan data residual. Yang terakhir adalah pembuatan model ke belakang (*Inverse Modeling*) 3D data data anomali residual dan lakukan Interpretasi model bawah permukaan daerah penelitian.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Anomali Bouguer Lengkap

Data anomali bouguer lengkap tersebut dilakukan pengolahan dengan menggunakan

software Oasis Montaj untuk membuat *gridding* sehingga didapat peta Anomali Bouguer daerah penelitian (**Gambar 1**). Hasil pada peta Anomali Bouguer menunjukkan rentang anomali 0 mGal sampai dengan 59 mGal yang merupakan respon variasi densitas batuan pada daerah penelitian. Dimana anomali rendah tersebar pada bagian Timur dan Barat, Anomali sedang tersebar di bagian tengah peta yang berorientasi Tenggara ke Baratlaut serta Anomali Tinggi yang tersebar pada bagian Utara dan Selatan.

5.2. Analisis Spektral

Pada peta anomali Bouguer daerah Longiram dibuat 6 penampang lintasan yang membentang dari Utara ke Selatan (**Gambar 2**). Pemilihan lintasan ditujukan pada keenam lintasan dikarenakan pola kontur anomali Bouguer tinggi yang kontras yaitu menunjukkan *trend* rendah-tinggi-rendah yang kontras. Pada penampang-penampang lintasan dilakukan proses digitasi, hal ini bertujuan untuk mengkonversi data analog ke dalam format digital. Hasil proses digitasi tersebut diproses dengan menggunakan *software Microsoft Excel* sehingga didapat jarak dan nilai anomalinnya.

Dari hasil proses digitasi keenam penampang lintasan diolah dengan menggunakan spasi (Δx) sebesar 6 km, kemudian dianalisis spektral untuk mengetahui kedalaman bidang diskontinuitas, dalam hal ini adalah nilai kemiringan (gradien) dari *log power spectrum* (\ln amplitudo) terhadap frekuensi (k). Nilai kedalaman bidang diskontinuitas yang menunjukkan bidang dalam dan dangkal keenam lintasan tersebut telah dirata-ratakan dan ditunjukkan pada **Tabel 1**.

5.3. Anomali Regional dan Residual

Pada peta anomali regional hasil *filtering* dapat dilihat nilai anomali berkisar antara 9 mGal sampai 54 mGal (**Gambar 3**). Anomali tinggi yang terdapat di bagian Utara dan Selatan diduga mengindikasikan kedalaman

batuan dasar yang mendangkal dan diperkirakan sebagai batas basement dari cekungan. Berdasarkan hasil *filtering* didapatkan anomali residual yang mempunyai rentang anomali antara -12 mGall sampai 11 mGall (**Gambar 4**). Anomali rendah pada peta anomali sisa (warna biru) memperlihatkan adanya batuan dengan kontras rapat massa yang lebih rendah (batuan sedimen) yang kemungkinan sebagai cekungan sedimen dan menempati daerah Penelitian.

5.4. Spectral Decomposition

Pada analisis *spectral decomposition* ini dilakukan penghitungan nilai *cut off* dari hasil *Transformasi Fourier* pada enam lintasan yang telah dibuat sebelumnya pada proses analisis spektral. Proses *spectral decomposition* ini dilakukan dengan menentukan terlebih dahulu kedalaman anomali residual yang diperoleh dari grafik *gradient* garis. Pada penelitian ini kedalaman anomali residual yang di pilih untuk analisis *spectral decomposition* ini ialah 1 km, 2 km, 3 km dan 4 km. Dari hasil penentuan besar bilangan gelombang *cut off* pada lintasan 1 sampai lintasan 6 (**Gambar 2**), lalu dihitung nilai lebar jendela yang akan digunakan dalam proses selanjutnya, yaitu penapisan atau *filtering*. Nilai bilangan gelombang *cut off* dan lebar jendela pada tiap lintasan untuk kedalaman 1 km, 2 km, 3 km dan 4 km dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Berdasarkan peta anomali residual pada kedalaman 1 km, 2 km, 3 km dan 4 km (**Gambar 5**) dapat dilihat bahwa semakin ke atas anomali akan semakin kompleks dan semakin kedalaman anomali akan semakin homogen, hal ini sejalan dengan teori yang mengatakan bahwa semakin dalam denitas batuan bawah permukaan akan semakin homogen.

5.5. Pola Tinggian dan Sub-cekungan

Pola-pola tinggian yang dapat ditarik dari anomali residual gaya berat dapat dilihat pada (**Gambar 6**). Pola tinggian

memanjang dari arah Baratdaya ke Selatan dan Utara. Pola tinggian yang terdapat pada daerah penelitian ini diakibatkan oleh gejala pengangkatan tektonik, sebagian akibat dari pembalikan endapan Miosen bagian bawah pada saat Paleogen deposenter.

Berdasarkan analisis anomali residual dan pola tinggian yang memisahkan sub-cekungan satu dengan yang lainnya, secara kualitatif pola sub-cekungan (**Gambar 6**) dapat ditarik, penulis menginterpretasi jumlah sub-cekungan sedimen yang muncul berdasarkan analisis gayaberat sebanyak tiga sub-cekungan sedimen, yaitu sub-cekungan 1 terletak didaerah Kiak dan Ponak, sub-cekungan 2 yang terletak didaerah Muarapahu dan sub-cekungan 3 terletak di daerah Kubu.

5.6. Penentuan Jenis dan Arah Patahan Berdasarkan Analisis *Derivative*

Untuk membuktikan jenis dan arah patahan terhadap data hasil analisis *derivate* (*first horizontal derivative* dan *second vertical derivative*) dapat dilakukan dan dibuktikan dengan menggunakan model sintetik 2D. dalam penelitian ini dibuat beberapa model sintetik yang mengindikasikan jenis patahan turun dan naik. Disetiap jenis patahan turun dan naik ini, dibuat dua model setiap masing-masing patahan dengan arah yang berlawanan, yaitu Model Sintetik Patahan Turun dengan Arah NE-SW (**Gambar 7**), Model Sintetik Patahan Turun dengan Arah SE-NW (**Gambar 8**), Model Sintetik Patahan Naik dengan Arah SE-NW (**Gambar 9**) dan Model Sintetik Patahan Naik dengan Arah NE-SW (**Gambar 10**).

Berdasarkan empat model sintetik diatas yang dilengkapi dengan turunan pertamanya (FHD) dan turunan keduanya (-SHD=SVD), dapat diketahui bahwa:

- a) Pada kurva FHD (*first horizontal derivative*), keberadaan patahan akan ditunjukkan dengan nilai maksimum atau minimum.
- b) Pada kurva SVD (*second vertical derivative*), keberadaan patahan akan

- ditunjukkan dengan nilai 0 (nol).
- c) Untuk menentukan jenis patahan turun dan patahan naik dapat dilihat pada nilai $|SVD_{maks}|$ dan $|SVD_{min}|$. Nilai $|SVD_{maks}|$ ini adalah nilai puncak kurva positif yang berada disamping titik nol, sedangkan Nilai $|SVD_{min}|$ ini adalah nilai puncak kurva negatif yang berada disamping titik nol. Berdasarkan model sintetik yang telah dibuat, jenis patahan turun ditunjukkan apabila nilai $|SVD_{maks}| > |SVD_{min}|$, sedangkan patahan naik ditunjukkan apabila nilai $|SVD_{maks}| < |SVD_{min}|$.
 - d) Untuk menentukan arah patahan dapat dilihat pada kemiringan garis kurva SVD (*second vertical derivative*) yang berada pada titik nol dan memotong titik nol tersebut. Untuk patahan turun, arah patahannya relatif akan mengikuti arah kemiringan garis kurva SVD yang memotong titik nol. Sedangkan untuk patahan naik, arah patahannya akan berlawanan dengan dengan arah kemiringan garis kurva SVD yang memotong titik nol.

5.7. Forward Modelling

Pada penelitian ini membuat 3 penampang lintasan pada anomali residual (**Gambar 11**), yaitu lintasan 1 (A-A'), lintasan 2 (B-B') dan lintasan 3 (C-C') untuk mengetahui pola patahan, lapisan dan sub-cekungan secara umum. Lintasan-lintasan tersebut memotong sub-cekungan yang sudah diidentifikasi sebelumnya (**Gambar 12**). Berdasarkan hasil pemodelan 2D *forward modelling* yang dibantu dengan teknik *Spectral Decomposition* serta analisis *First Horizontal Derivative* dan *Second Vertical Derivative* dapat diketahui keberadaan struktur geologi di setiap kedalaman 1 km, 2 km, 3 km dan 4 km.

Pada model 2D lintasan A-A' (**Gambar 13**) penentuan batas basement pemodelan 2D menggunakan data analisis spektrum yang memperlihatkan kedalaman rata-rata bidang anomali residual sekitar 3,7 km. Dan

untuk penentuan pola patahan atau sesar menggunakan hasil analisis *spectral decomposition*. Hal ini dilakukan agar dapat diketahui informasi keberadaan patahan di setiap kedalaman 1 km, 2 km, 3 km dan 4 km. Pada model 2D tersebut terdapat delapan lapisan berdasarkan data stratigrafi daerah penelitian. Lapisan Pertama merupakan lapisan Aluvium yg merupakan lapisan-lapisan sedimen berumur Quarter dengan nilai densitas 1,9 gr/cc. Lapisan kedua merupakan lapisan yang merupakan Formasi Kampungbaru memiliki densitas 2,0 gr/cc dengan komposisi pasir kuarsa dengan sisipan batu lanau, serpih dan lempung. Lapisan ketiga merupakan lapisan yang merupakan Formasi Balikpapan memiliki densitas 2,1 gr/cc dengan komposisi pasir kuarsa dan lempung dengan sisipan serpih batu lanau dan batubara. Lapisan keempat merupakan lapisan yang merupakan Formasi Pulubalang memiliki densitas 2,15 gr/cc dengan komposisi batupasir kuarsa dan grewak. Lapisan kelima merupakan lapisan yang merupakan Formasi Pamaluan memiliki densitas 2,2 gr/cc dengan komposisi batupasir kuarsa dengan sisipan serpih, lanau dan lempung. Lapisan keenam merupakan lapisan yang merupakan Formasi Tuyu memiliki densitas 2,3 gr/cc dengan komposisi gamping, napal dan batu lempung. Lapisan ketujuh merupakan lapisan yang merupakan Formasi Tanjung memiliki densitas 2,35 gr/cc dengan komposisi batupasir bersisipan serpih dan grewak. Lapisan terakhir merupakan batuan dasar atau *basement* dengan densitas 2.7 gr/cc yang merupakan batuan beku metamorf.

Dari analisis *spectral dekomposisi* terdapat tiga buah patahan yang terlihat pada kedalaman 1 km, dua buah patahan yang terlihat pada kedalaman 2 km, 3 km dan 4 km. Berdasarkan hasil pemodelan 2D untuk lintasan A-A' ini dapat dilihat bahwa keberadaan patahan pada daerah tersebut berfungsi sebagai jalur migrasi hidrokarbon dari batuan induk ke reservoir. Yang berfungsi sebagai batuan induk disini ialah formasi dengan litologi batugamping yang merupakan batuan karbonat yang dapat

menjadi tempat pematangan hidrokarbon. Sedangkan reservoir hidrokarbon berupa formasi yang memiliki litologi batupasir dan serpih yang terdapat pada Formasi Tuyu, Pamaluan dan Pulubalang yang dapat berfungsi sebagai tempat terakumulasinya hidrokarbon setelah mengalami migrasi. Keberadaan perangkap struktur berupa patahan dan antiklin serta perangkap stratigrafi dapat mengakibatkan hidrokarbon bisa terakumulasi dengan baik pada reservoir.

Pada model 2D lintasan B-B' (**Gambar 14**) memiliki susunan lapisan batuan yang relatif sama dengan model lintasan A-A'. Dari analisis *spectral dekomposisi* terdapat satu buah patahan yang terdapat pada kedalaman 1 km, dua buah patahan yang terlihat pada kedalaman 2 km, 3 km 4 km. Berdasarkan hasil pemodelan 2D untuk lintasan B-B' ini dapat dilihat bahwa keberadaan patahan pada daerah tersebut berfungsi sebagai jalur migrasi hidrokarbon dari batuan induk ke reservoir. Yang berfungsi sebagai batuan induk disini ialah formasi dengan litologi batugamping yang merupakan batuan karbonat yang dapat menjadi tempat pematangan hidrokarbon. Sedangkan reservoir hidrokarbon berupa formasi yang memiliki litologi batupasir dan serpih yang terdapat pada Formasi Tuyu, Pamaluan dan Pulubalang yang dapat berfungsi sebagai tempat terakumulasinya hidrokarbon setelah mengalami migrasi. Keberadaan perangkap struktur berupa patahan dan antiklin serta perangkap stratigrafi dapat mengakibatkan hidrokarbon bisa terakumulasi dengan baik pada reservoir.

Pada model 2D lintasan C-C' (**Gambar 15**) memiliki susunan lapisan batuan yang relatif sama dengan model lintasan A-A' dan lintasan B-B'. Dari analisis *spectral dekomposisi* terdapat dua buah patahan yang terlihat pada kedalaman 1 km dan 2 km, satu buah patahan yang terlihat kedalaman 3 km dan 4 km. Berdasarkan hasil pemodelan 2D untuk lintasan C-C' ini dapat dilihat bahwa keberadaan patahan pada daerah tersebut berfungsi sebagai jalur migrasi hidrokarbon dari batuan induk ke reservoir.

Yang berfungsi sebagai batuan induk disini ialah formasi dengan litologi batugamping yang merupakan batuan karbonat yang dapat menjadi tempat pematangan hidrokarbon. Sedangkan reservoir hidrokarbon berupa formasi yang memiliki litologi batupasir dan serpih yang terdapat pada Formasi Tuyu, Pamaluan dan Pulubalang yang dapat berfungsi sebagai tempat terakumulasinya hidrokarbon setelah mengalami migrasi. Keberadaan perangkap struktur berupa patahan dan antiklin serta perangkap stratigrafi dapat mengakibatkan hidrokarbon bisa terakumulasi dengan baik pada reservoir.

5.8. Inverse Modelling

Pemodelan jenis ini sering disebut pencocokan data karena pada prosesnya dicari parameter model yang menghasilkan respon yang cocok dengan data pengamatan. Untuk melakukan proses pemodelan 3D ini, dibantu dengan perangkat lunak *GraBlox*. Hasil inversi 3D dapat dikorelasikan dengan tiga lintasan yang digunakan dalam pemodelan 2D sebelumnya. Korelasi ini bertujuan untuk mempertegas kesamaan pola lapisan yang terdapat pada pemodelan 2D dan hasil inversi 3D. Hasil inversi 3D dapat digunakan untuk melihat keberadaan zona tinggian dan sub-cekungannya. Section hasil inversi 3D (**Gambar 16, 17 dan 18**), menunjukkan profil lintasan 1 (A-A'), lintasan 2 (B-B') dan lintasan 3 (C-C') pada model hasil inversi 3D.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Daerah penelitian memiliki rentang anomali Bouguer 0 sampai dengan 59 mGal yang merupakan respon variasi densitas batuan pada daerah penelitian. Anomali rendah yang memiliki nilai anomali sebesar 0 sampai 22 mGal tersebar pada bagian Timur dan Barat, Anomali sedang yang memiliki nilai

densitas 23 sampai 43 mGal yang tersebar di bagian tengah peta yang berorientasi Tenggara ke Barat laut serta Anomali Tinggi yang memiliki nilai densitas 44 sampai 59 mGal yang tersebar pada bagian Utara dan Selatan.

2. Dari analisis spektrum diperoleh kedalaman rata-rata bidang diskontinuitas dangkal (residual) sebesar 3,7 km dan kedalaman rata-rata dari bidang diskontinuitas dalam (regional) sebesar 33,2 km. Hal ini menunjukkan bahwa bidang batas antara batuan dasar (*basement*) dan batuan sedimen terdapat pada kedalaman rata-rata 3,7 km.
3. Berdasarkan analisis *spectral decomposition*, pada daerah penelitian terdapat beberapa struktur sesar permukaan dan beberapa sesar dalam yang berfungsi sebagai jalur migrasi hidrokarbon. Hasil analisis pada anomali residual, diketahui bahwa jumlah subcekungan sedimen yang dapat diinterpretasi adalah 3 subcekungan.
4. Penentuan jenis patahan turun, naik ataupun geser dapat dilakukan dengan cara memperhatikan nilai kurva SVD maksimum dan SVD minimum. Sedangkan dalam menentukan arah patahan dilakukan dengan melihat kemiringan garis kurva SVD (*second vertical derivative*) yang berada pada titik nol dan memotong titik nol tersebut. Untuk patahan turun, arah patahannya relatif akan mengikuti arah kemiringan garis kurva SVD yang memotong titik nol. Sedangkan untuk patahan naik, arah patahannya akan berlawanan dengan dengan arah kemiringan garis kurva SVD yang memotong titik nol.
5. Dari hasil pemodelan 2D dan 3D dapat diketahui bahwa daerah penelitian ini masih memiliki potensi hidrokarbon, hal ini dikarenakan adanya beberapa subcekungan pada daerah ini yang berfungsi sebagai tempat pembentukan dan pematangan hidrokarbon. Pada daerah ini juga memiliki tinggian yang bisa berpotensi sebagai perangkap dan zona reservoir serta terdapat beberapa

patahan yang berguna untuk jalur migrasi hidrokarbon.

6.2. Saran

Adapun saran yang diberikan oleh penulis ialah perlu dilakukan penelitian dengan data geofisika lainnya, seperti data seismik atau data sumur untuk mengontrol atau sebagai titik ikat dalam pemodelan bawah permukaan daerah penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Imam Setiadi, S.Si., M.T. sebagai pembimbing penelitian di Pusat Survei Geologi, Bapak Dr. Nandi Haerudin S.Si., M.Si. dan Bapak Prof. Drs. Suharno, B.Sc., M.S., M.Sc., Ph.D., IPU. yang telah memberikan saran dan bimbingan dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Blakely, R.J. 1996. *Potensial Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cordell, L. 1979. Gravimetric Expression of Graben Faulting in Santa Fe Country and The Espanola Basin. *Geol. Soc. Guidbook, 30th Field Conf.*, 59-64. New Mexico: New Mexico.
- Fitriah, N. 2009. *Aplikasi Dekomposisi Spektral Untuk Peningkatan Resolusi Data Seismik Pada Lapisan Tipis Batubara*. (Tesis) Program Pascasarjana Fisika Kekhususan Geofisika Reservoir. Depok: Universitas Indonesia.
- Sarkowi, M. 2014. *Eksplorasi Gaya Berat*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Satyana, A.H, Nugroho D., dan Surantoko I. 1999. Tectonic Control On The Hydrocarbon Habitats of The Barito, Kutai, and Tarakan Basins, Eastern Kalimantan, Indonesia, Major, Dissimilatories In Adjoining Basins.

Journal of Asian Earth Science Special Issue Vol. 17, No. 1-2, Elsevier Science, Oxford 99-120.

Suwana, N., dan Apandi, T. 1992. *Peta Geologi Lembar Longiram, Kalimantan Timur*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Tryono, Y.F.X. 2015. Peranan Geologi Dalam Sistem Hidrokarbon Serta Potensi dan Tantangan Eksplorasi Migas di Indonesia. *Jurnal Forum Teknologi Vol. 06, No. 2.*

Zaenudin, A., Sarkowi, M., dan Suharno. 2013. *Pemodelan Sintetik Gradien Gayaberat Untuk Identifikasi Sesar*. Lampung: Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Teknik, UNILA.

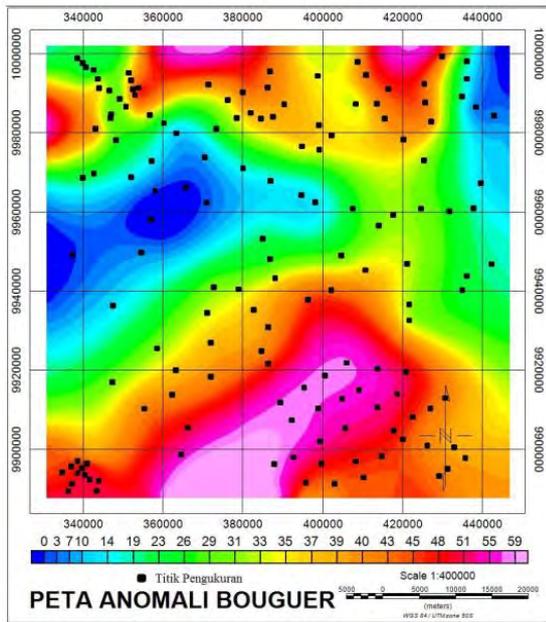
LAMPIRAN

Tabel 1. Data Hasil Analisis Spektral

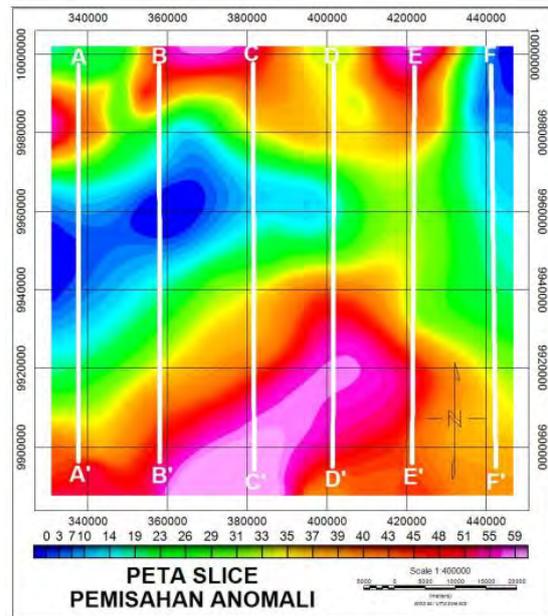
No	Lintasan	Kedalaman Bidang Anomali Dalam (km)	Kedalaman Bidang Anomali Dangkal (km)	Bilangan Gelombang (kc)	Lebar Jendela (N)
1	Lintasan 1	33,7	3,9	0,085	12,3
2	Lintasan 2	35,4	3,8	0,1	10,5
3	Lintasan 3	33,6	3,8	0,09	11,6
4	Lintasan 4	37,9	3,6	0,085	12,3
5	Lintasan 5	33,3	3,6	0,08	13,1
6	Lintasan 6	31,2	3,7	0,075	13,9
	Rata-rata	33,2	3,7	0,086	12,3

Tabel 2. Data Kc dan N kedalaman 1 km, 2 km, 3 km dan 4 km

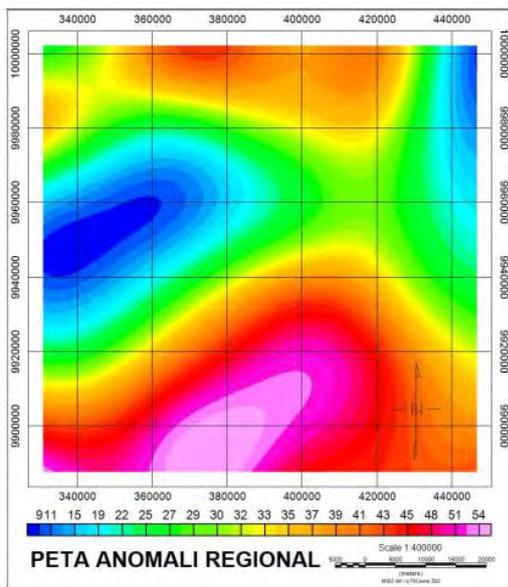
No	Lintasan	Kedalaman 1 km		Kedalaman 2 km		Kedalaman 3 km		Kedalaman 4 km	
		Bilangan Gelombang (kc)	Lebar Jendela (N)						
1	Lintasan 1	0,25	4,2	0,17	6,16	0,125	8,37	0,074	14,14
2	Lintasan 2	0,26	4,03	0,17	6,16	0,13	8,05	0,09	11,63
3	Lintasan 3	0,26	4,03	0,17	6,16	0,125	8,37	0,07	14,95
4	Lintasan 4	0,26	4,03	0,18	5,82	0,11	9,02	0,073	14,34
5	Lintasan 5	0,27	3,9	0,18	5,82	0,125	8,37	0,074	14,14
6	Lintasan 6	0,28	3,9	0,17	6,16	0,115	9,1	0,07	14,95
	Rata-rata	0,26	4,02	0,17	6,05	0,122	8,55	0,075	14,025



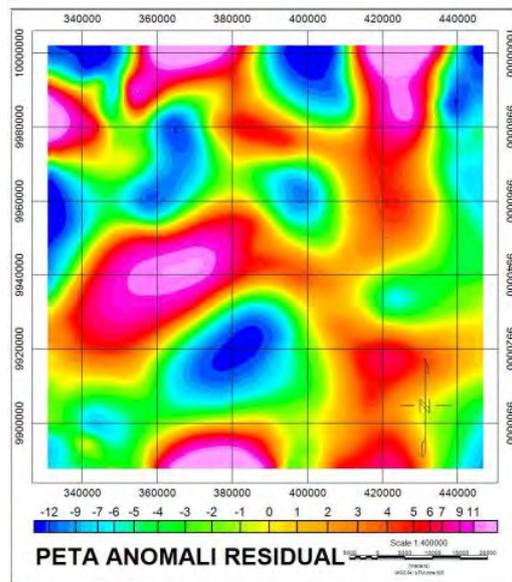
Gambar 1. Peta Anomali Bouguer



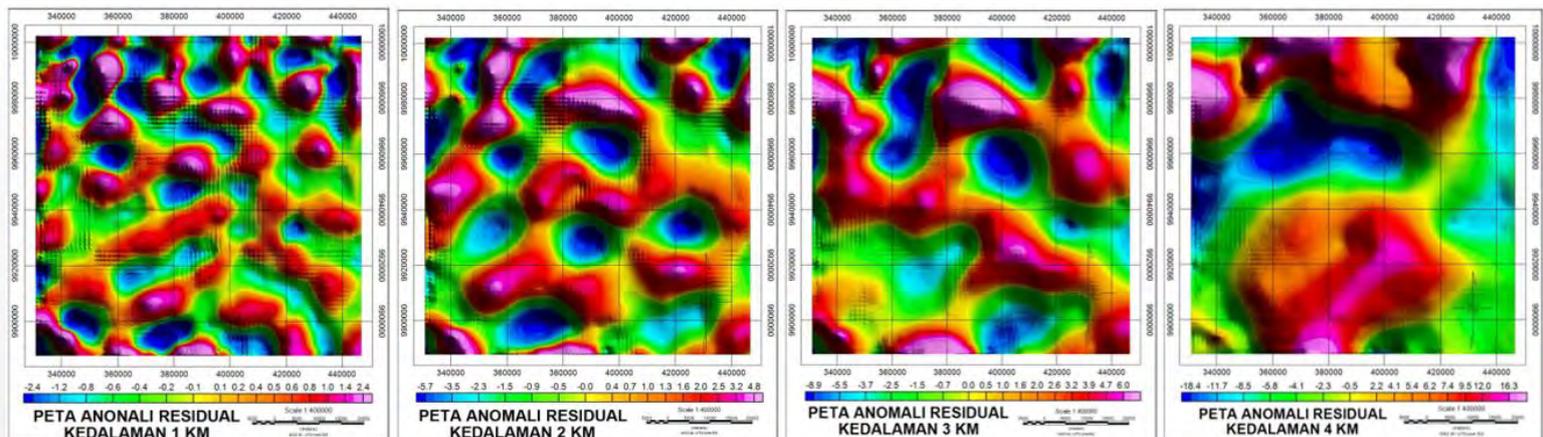
Gambar 2. Lintasan Analisis Spektral



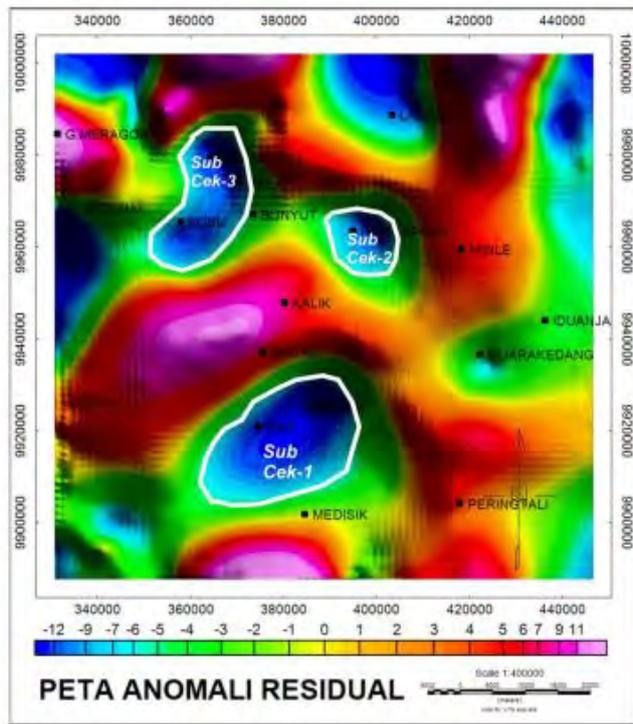
Gambar 3. Peta Anomali Regional



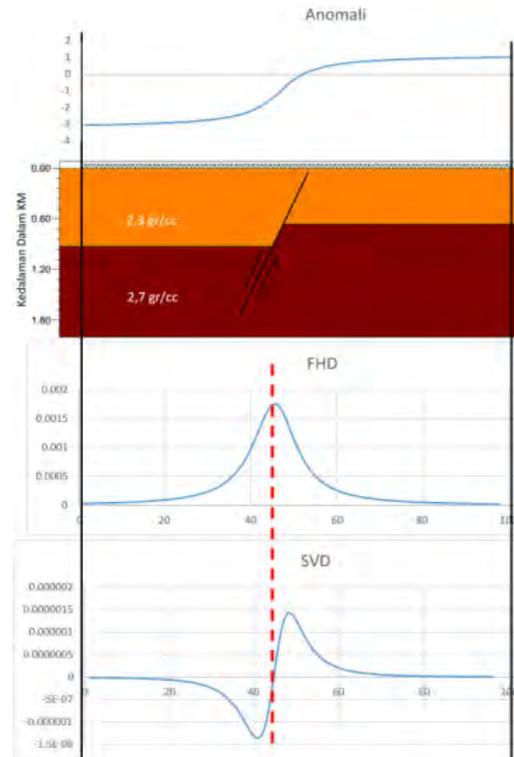
Gambar 4. Peta Anomali Residual



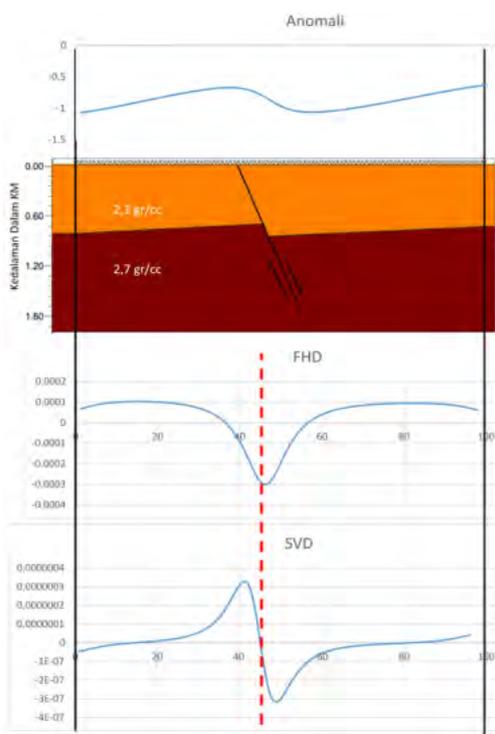
Gambar 5. Anomali Residual kedalaman 1 km, 2 km, 3 km dan 4



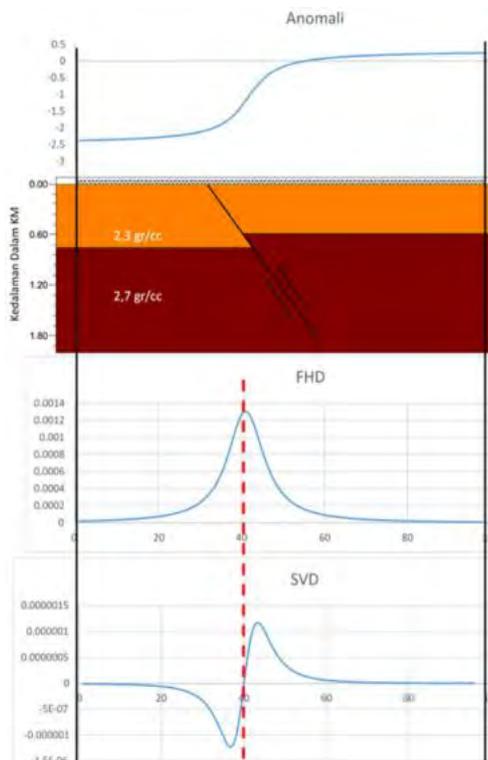
Gambar 6. Pola Tinggian dan Sub-cekungan



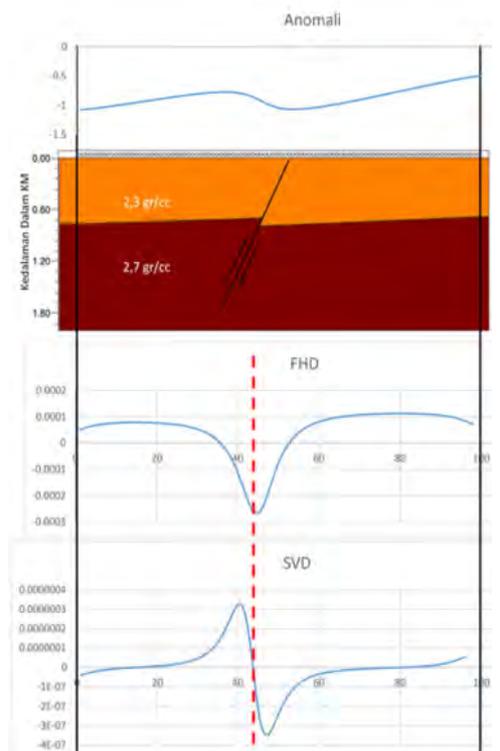
Gambar 7. Model Sintetik Patahan Turun dengan Arah NE-SW



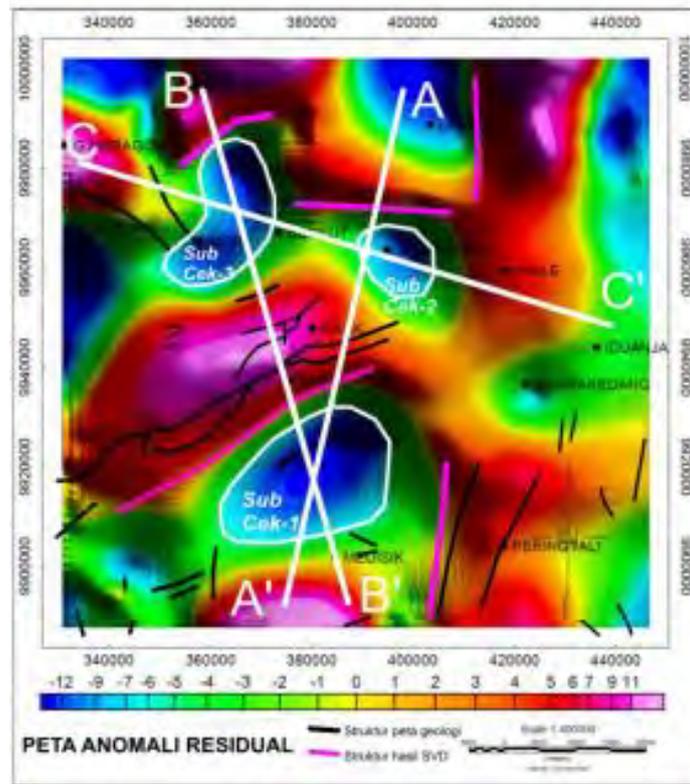
Gambar 8. Model Sintetik Patahan Turun dengan Arah SE-NW



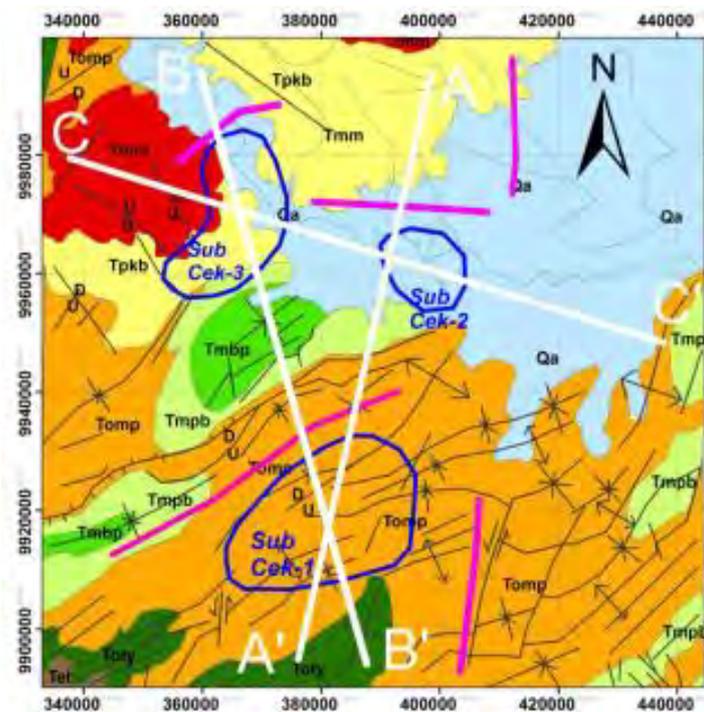
Gambar 9. Model Sintetik Patahan Naik dengan Arah SE-NW



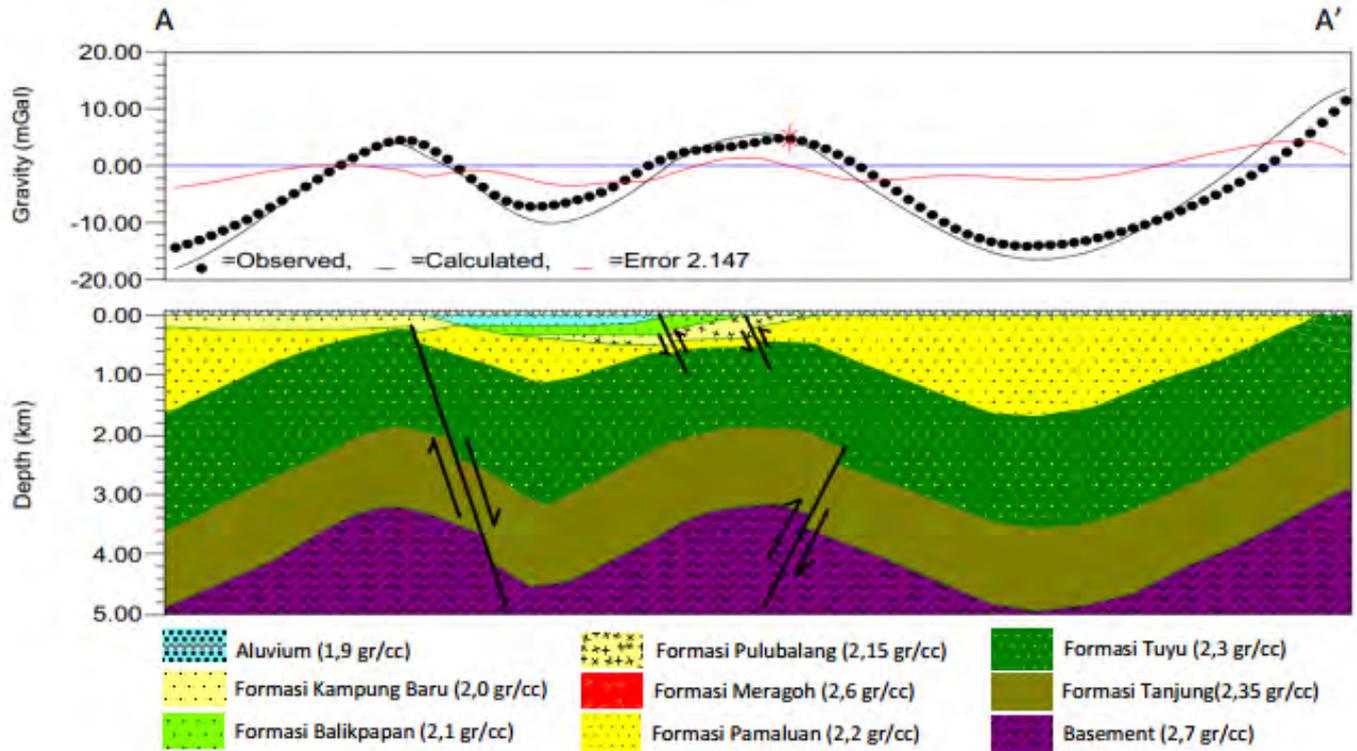
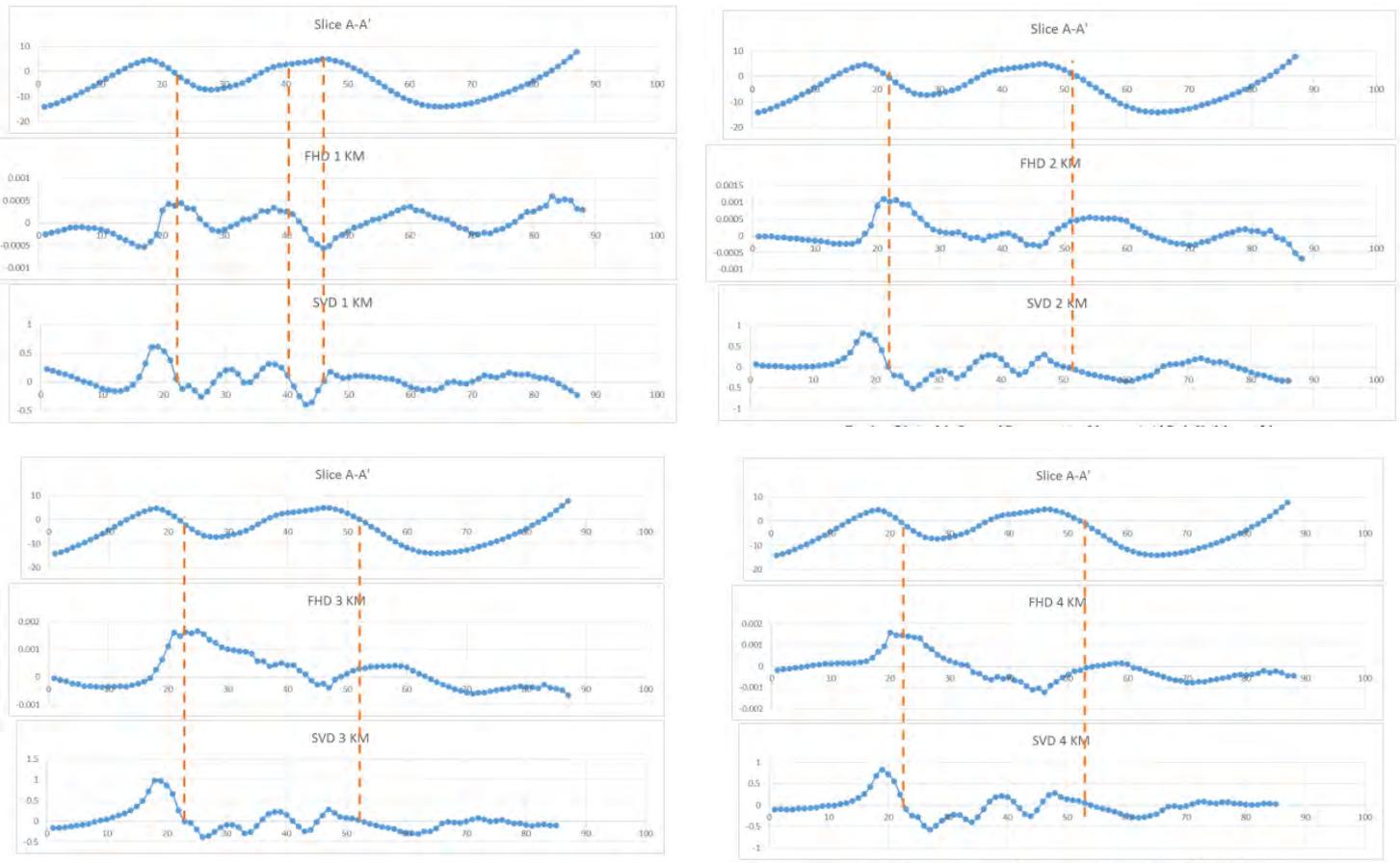
Gambar 10. Model Sintetik Patahan Naik dengan Arah NE-SW



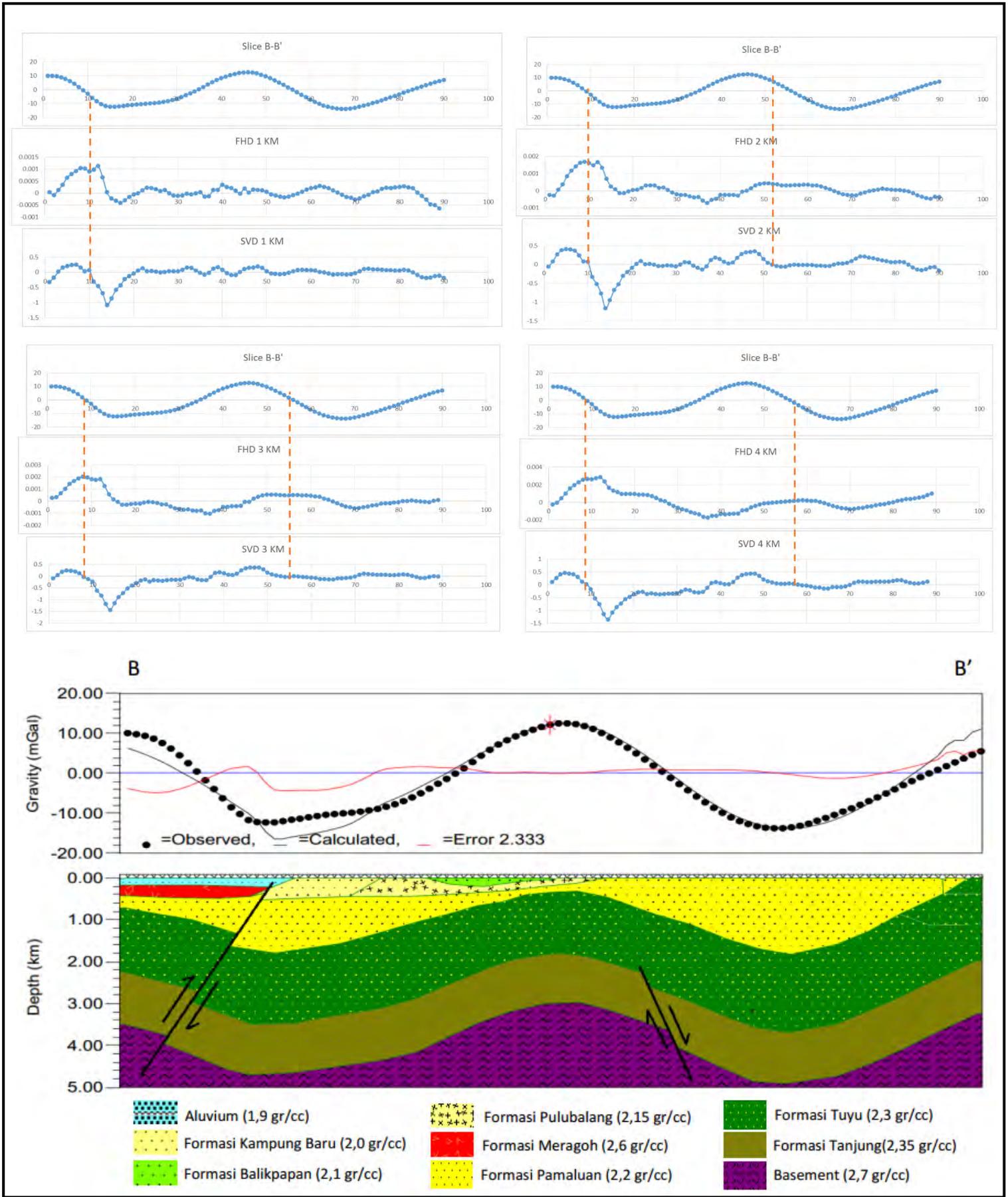
Gambar 11. Lintasan *Forward Modelling* pada Anomali Residual



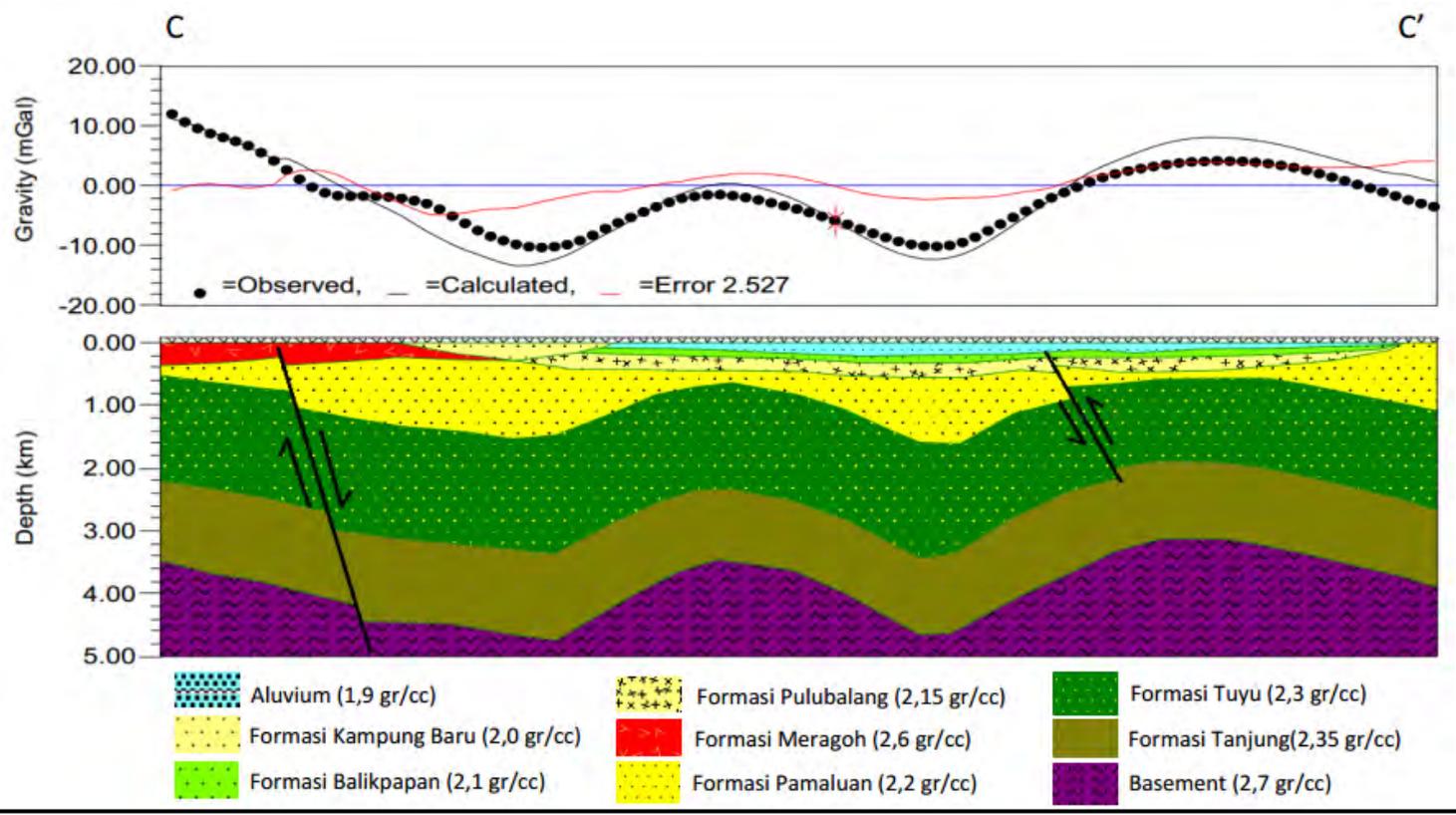
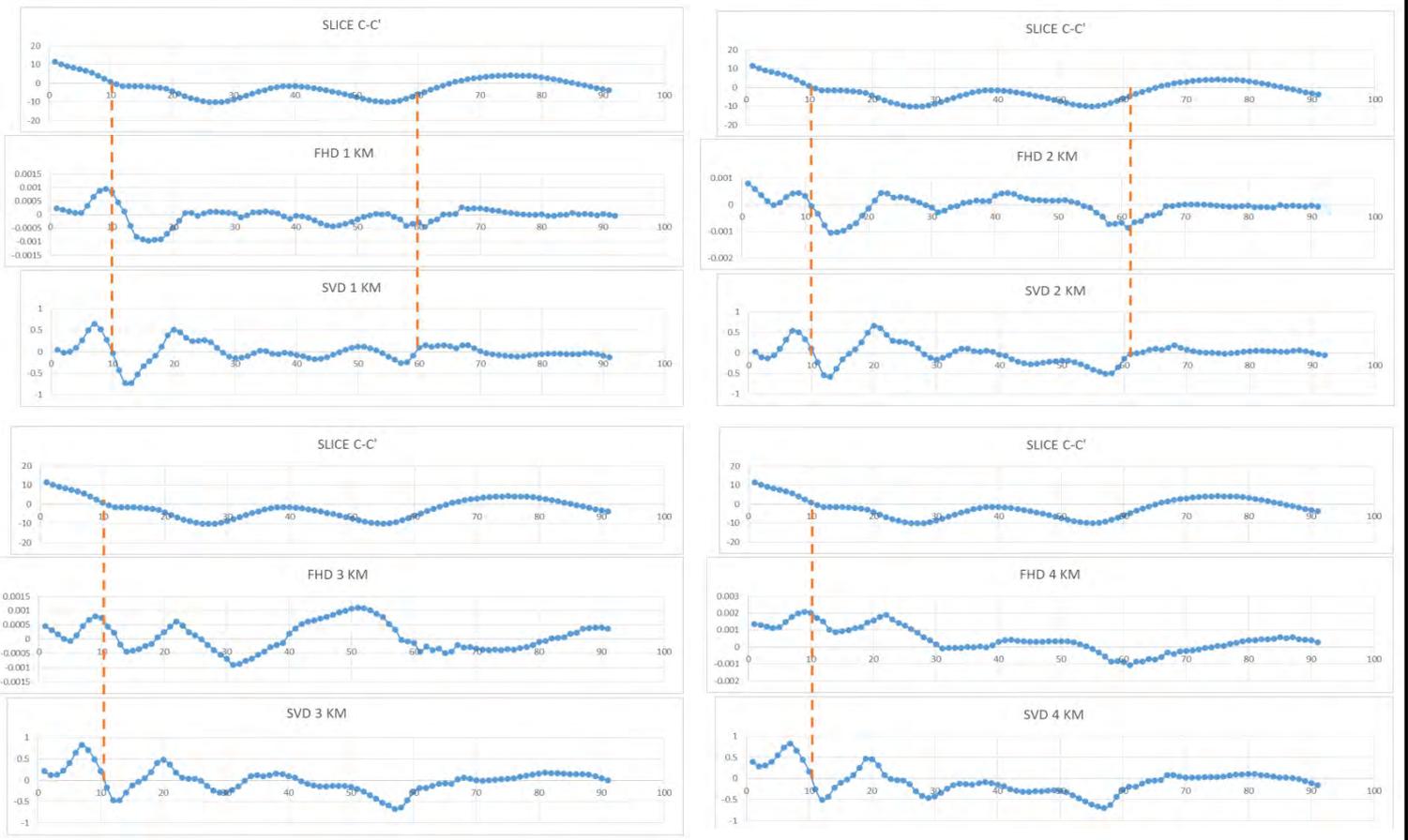
Gambar 12. Lintasan *Forward Modelling* pada Peta Geologi



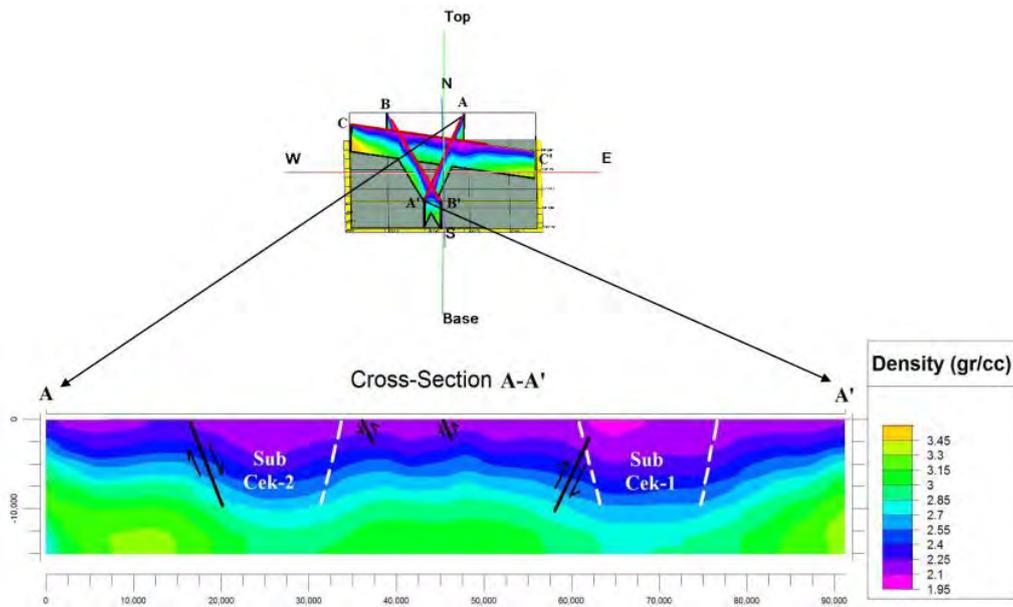
Gambar 13. Model 2D Lintasan A-A'



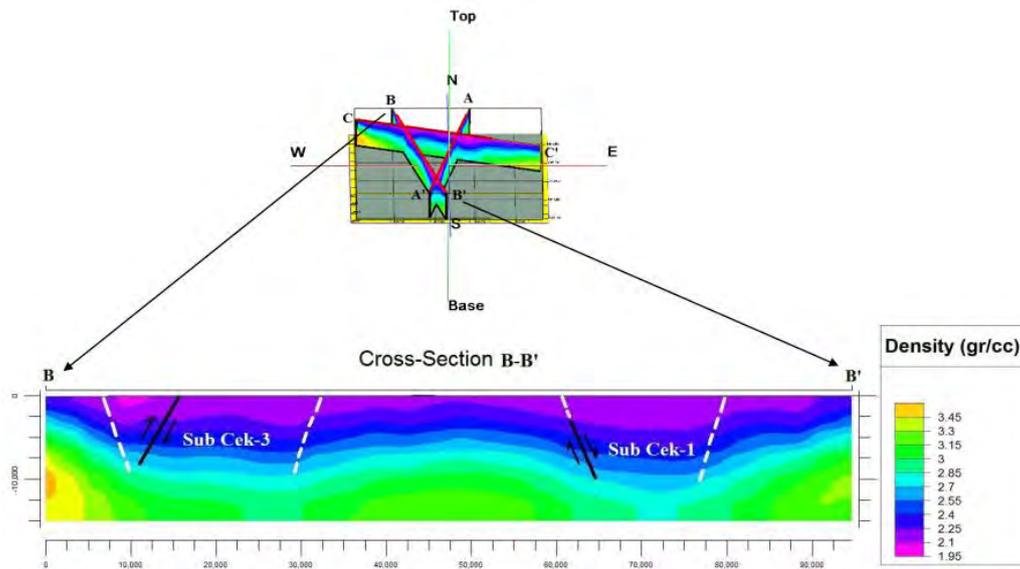
Gambar 14. Model 2D Lintasan B-B'



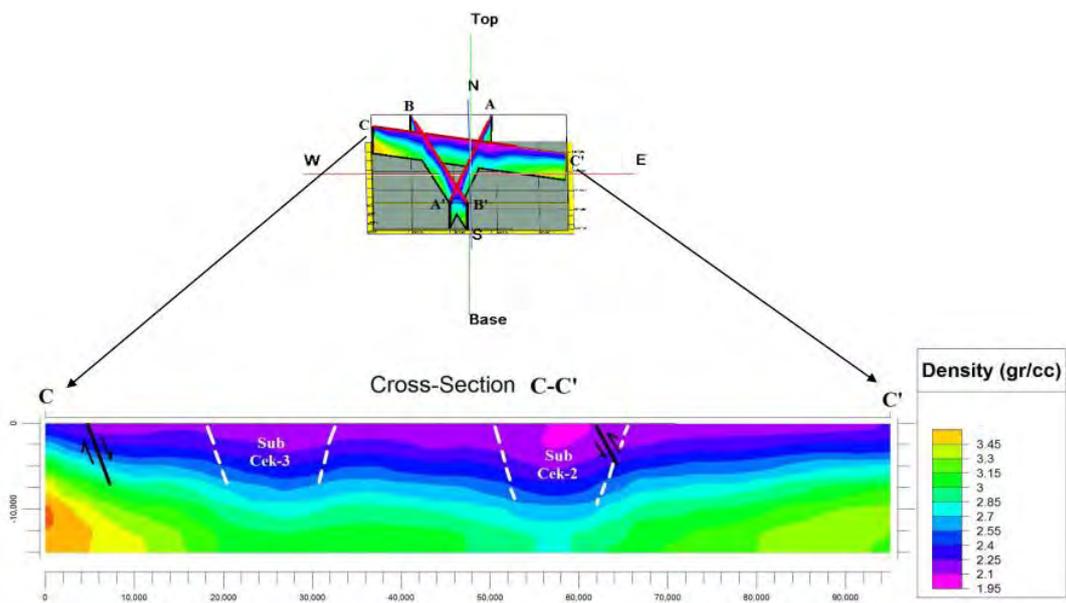
Gambar 15. Model 2D Lintasan C-C'



Gambar 16. Section Lintasan A-A' Hasil Inversi 3D



Gambar 17. Section Lintasan B-B' Hasil Inversi 3D



Gambar 18. Section Lintasan C-C' Hasil Inversi 3D