

Dzakiya dan Sismanto, *Pemodelan Tiga Dimensi*

Pemodelan Tiga Dimensi (3D) Lapisan Bawah Permukaan Bumi di Subcekungan Jambi pada Lapangan “Zuhro” Berdasarkan Analisis Data Anomali Gravitasi

Subsurface Three Dimensional (3-D) Modelling of the Jambi Sub-basin in "Zuhro" Field based on Analysis of Gravity Data Anomaly

Nurul Dzakiya¹, dan Sismanto²
IST Akprind, Yogyakarta¹
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia²
nurul.dzakiya@mail.ugm.ac.id

Abstrak

Lapangan “Zuhro” berada di Subcekungan Jambi merupakan daerah yang dikenal memiliki sedimen tebal. Sedimen ini prospek untuk sumber daya alam khususnya minyak dan gas bumi. Keberadaan sumber daya alam tersebut berhubungan dengan struktur geologi di bawah permukaan bumi. Studi bawah permukaan di daerah tersebut telah dilakukan dengan menganalisis data gravitasi Anomali Bouguer Lengkap (ABL) yang telah direduksi ke bidang datar. Anomali lokal dan regionalnya dipisahkan dengan metode kontinuasi ke atas. Anomali regional dimodelkan 3D dengan menggunakan *software Grablox* dan *Bloxer*, sehingga kondisi lapisan bawah permukaan dapat digambarkan dari nilai densitas batuan sebagai fungsi kedalaman. Anomali rendah (118-130) mgal diduga disebabkan oleh densitas yang sebesar (1,95-2,55) g/cm³ dengan tebal sekitar (5-6) km berupa batuan sedimen Kuartar. Anomali tinggi (132-140) mgal disebabkan oleh densitas batuan Tersier (2,67-2,75) g/cm³ yang berupa batu granit dengan tebal sekitar (5-10) km dan (2,85-2,95) g/cm³ berupa batu andesit dengan tebal lebih dari 10 km. Keduanya diidentifikasi sebagai kerak atas dan kerak bawah yang semakin menebal ke Utara. Sedangkan untuk densitas lebih dari 3,00 g/cm³ berupa batu basal di kedalaman lebih dari 25 km diidentifikasi sebagai mantel.

Kata kunci: Pemodelan 3D, Subcekungan Jambi, anomali gravitasi, *Grablox*, *Bloxer*

Abstract

"Zuhro" (not the real name) field locates in the Jambi sub basin where the sediments are thick. These sediments are resources for petroleum and gas. These petroleum and gas resources are correlates with the geological structure in the subsurface. This subsurface study was used complete Bouguer anomaly data. Local and regional anomalies were separated using up ward continuation. 3D regional anomaly was modelled using *Grablox* and *Bloxer*, thus subsurface condition can be imaged by density and depth.

Low anomaly (118-130 mgal) is predicted caused by high density (1.95-2.55 gr/cc³) with thicknes of 5-6 km as quaternary sediment. High anomaly (132-140 mgal) is caused by tertiary rocks with density of 2.67-2.75 gr/cc³ as granite with thickness of 5-10 km and high anomaly with density of 2.85-2.95 gr/cc³ as andesite with thickness of 10 km. Both rocks could be identified as upper crust and lower crust whick thickening to the north. While density more than 3 gr/cc³ could be basaltic rocks at depth more than 25 km and could be identified as mantle.

Key words: 3D modelling, Jambi sub basin, gravity anomaly, *Grabox*, *Bloxer*

1. Pendahuluan

Bagian dalam daerah Subcekungan Jambi terdapat daerah tinggian batuan dasar Pra-Tersier dan berbagai depresi. Perbedaan relief dalam batuan dasar ini diperkirakan karena adanya patahan. Gerakan diferensial dari patahan tersebut mengendalikan sedimentasi, fasies, dan pelipatan pada lapisan Tersier di atasnya. Metode gravitasi digunakan untuk studi bawah permukaan Bumi yang dalam dengan memanfaatkan anomali gravitasi regional. Anomali ini disebabkan adanya kontras densitas lapisan batuan yang merepresentasikan zona lapisan bawah permukaan dari nilai percepatan gravitasi. Interpretasi anomali gravitasi melalui pemodelan menggambarkan keadaan geologi penyebab anomali gravitasi di permukaan.

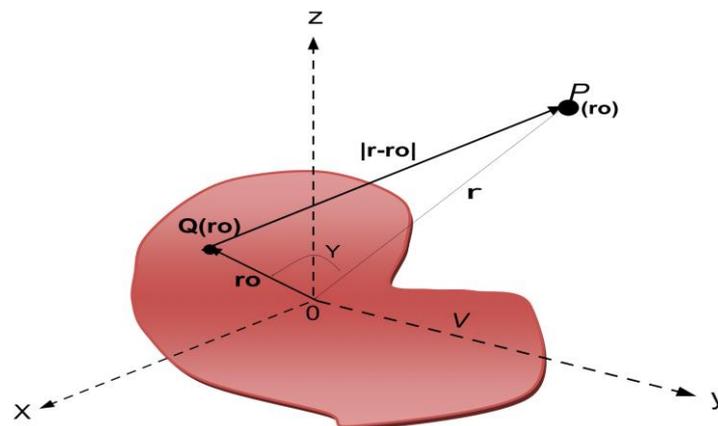
2. Medan gravitasi

Konsep metode medan gravitasi mengacu pada hukum Newton tentang medan gravitasi universal terhadap dua buah massa partikel m dan m_0 yang dipisahkan sejauh r . Grant and West (1965) merumuskannya dengan:

$$F(r) = -G \frac{m m_0}{r^2} \tag{1}$$

gaya per satuan massa pada sebuah partikel di titik P dengan jarak r dari m_0 didefinisikan sebagai medan gravitasi (Gambar 1) dan dirumuskan pada persamaan (2).

$$\mathbf{F}(\mathbf{r}) = -G \frac{m_0}{|\mathbf{r}|^3} \mathbf{r} \tag{2}$$



Gambar 1. Potensial gravitasi pada distribusi massa kontinyu dalam dimensi ruang (Grant and West, 1965).

Karena medan gravitasi bersifat konservatif yang didapatkan dari fungsi potensial skalar $U(r)$, maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\mathbf{F}(\mathbf{r}) = -\nabla U(\mathbf{r}) \tag{3}$$

dengan $U(\mathbf{r}) = -Gm_0/r$ adalah potensial gravitasi pada massa m_0 . Potensial medan gravitasi yang disebabkan oleh distribusi massa kontinyu dituliskan dengan persamaan:

$$U_P(\mathbf{r}) = -G \int_V \frac{\rho(\mathbf{r}_0) d^3 r_0}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}_0|} \quad (4)$$

Nilai percepatan gravitasi tergantung pada distribusi massa di bawah permukaan bumi yang ditunjukkan oleh fungsi densitas dan bentuk bumi sebenarnya yang ditunjukkan dengan batas integral.

Anomali Gravitasi

Anomali medan gravitasi di topografi atau di posisi (x, y, z) merupakan selisih dari medan gravitasi observasi di topografi dengan medan gravitasi teoritis (x, y, z) di topografi secara matematis, anomali medan ini dinyatakan dalam persamaan:

$$\Delta g(x, y, z) = g_{obs}(x, y, z) - g_{teo}(x, y, z) \quad (5)$$

dengan $g_{obs}(x, y, z)$ adalah medan gravitasi observasi di topografi.

2.1 Koreksi Data Gravitasi

Nilai gravitasi observasi

Nilai gravitasi observasi $g_{obs}(x, y, z)$ diperoleh dengan melakukan pengolahan awal, yaitu konversi nilai pembacaan dari gravitimeter ke besar nilai dalam milligal. Selanjutnya dikoreksi dengan koreksi tinggi alat, koreksi pasang surut dan koreksi *drift*.

Nilai gravitasi normal (g_n)

Medan gravitasi normal terletak pada bidang datum (pada ketinggian $z = 0$) sebagai titik referensi geodesi. Rumusan medan gravitasi normal (g_n) pada bidang datum ini telah ditetapkan oleh *The International Association of Geodesy (IAG)* yang diberi nama *World Geodetic System 1984 (WGS 1984)* sebagai fungsi lintang (g_φ) dengan persamaan:

$$g_n = g_{(\varphi)} = 978032,53359 \frac{1 + 0,001931852}{\sqrt{1 - 0,006694379}} \quad (6)$$

dengan φ adalah sudut lintang.

Koreksi Udara Bebas $g_{u,b}(x, y, z)$

Koreksi udara-bebas (*free-air correction*) dirumuskan dengan persamaan:

$$g_{u,b}(x, y, z) \approx -0,308765h \quad (7)$$

dengan h merupakan ketinggian stasiun dari datum, sehingga di topografi dapat dituliskan sebagai:

$$g_{teo}(x, y, z) = g_{(\varphi)} + g_{u,b}(x, y, z) \quad (8)$$

Anomali medan gravitasi udara bebas diperoleh dari koreksi udara bebas di topografi yang dirumuskan dalam persamaan (9) yang diformulasikan dalam persamaan:

$$\Delta g_{u,b} = g_{obs}(x, y, z) - g_{teo}(x, y, z) \quad (9)$$

Koreksi Bouguer

Koreksi Bouguer dikoreksikan berlawanan dengan reduksi udara bebas, yaitu dikurangkan apabila titik amat berada di atas datum. Koreksi ini dirumuskan sebagai:

$$g_B(x, y, z) = 2\pi G \rho h = 0,04193 \text{ mgal} \quad (10)$$

dengan $g_B(x, y, z)$ adalah koreksi Bouguer (mgal), ρ rapat massa (densitas) slab Bouguer, (g/cm^3) dan h ketinggian titik amat (m).

Koreksi medan (*terrain correction*)

Nilai di topografi yang berada di bidang Bouguer disebut sebagai Anomali Bouguer Sederhana (ABS) (Grant and West, 1965), secara matematis dinyatakan oleh persamaan:

$$\Delta g_{b,s}(x, y, z) = g_{obs}(x, y, z) - [g_{teo}(x, y, z) + g_B(x, y, z)] \quad (11)$$

sedangkan anomali medan gravitasi Bouguer Lengkap (ABL) di topografi yaitu :

$$\Delta g_{BL}(x, y, z) = g_{obs}(x, y, z) - \begin{bmatrix} g_{teo}(x, y, z) \\ + g_B(x, y, z) \\ - g_T(x, y, z) \end{bmatrix} \quad (12)$$

dengan g_T merupakan koreksi medan (*terrain correction*). ABL merefleksikan adanya variasi-variasi densitas di dalam kerak.

2.2 Proyeksi ke Bidang Datar dengan Grid yang Teratur

Proses reduksi ke bidang datar digunakan metode sumber ekuivalen titik massa (Dampney, 1969). Persamaan dasar dari proses ini adalah:

$$\Delta g(x, y, z) = G \int \int_{-\infty-\infty}^{\infty} \frac{\sigma(\alpha, \beta, h)(h-z) d\alpha d\beta}{[(x-\alpha)^2 + (y-\beta)^2 + (z-h)^2]^{3/2}} \quad (13)$$

dengan $\Delta g(x, y, z)$ merupakan ABL di topografi, merupakan distribusi kontras densitas yang meliputi bidang $z = h$, dengan z adalah sumbu vertikal arah positif ke bawah dan h kedalaman sumber ekuivalen titik massa dari spheroida referensi. Nilai-nilai ($h-z_i$) harus memenuhi persamaan:

$$2,5\Delta x < (h - z_i) < 6\Delta x \quad (14)$$

dengan Δx merupakan jarak rata-rata antar titik-titik survei dengan bidang kedalaman ekuivalen titik massa h dan ketinggian titik survei z .

2.3 Densitas Batuan

Densitas Bouguer adalah densitas dengan korelasi minimum antara anomali dengan ketinggian titik pengukuran nol ($\rho = 0$) yang ditentukan dengan metode analitik Nettleton (1971) untuk menghitung koefisien korelasi dari semua data pengukuran gravitasi, sehingga persamaan untuk menghitung koefisien korelasi k adalah:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n [\Delta g_i(\rho_j) - \overline{\Delta g}(\rho_j)] [h_i - \bar{h}]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n [\Delta g_i(\rho_j) - \overline{\Delta g}(\rho_j)]^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n [h_i - \bar{h}]^2}} \quad (15)$$

dengan $k(\rho)$ adalah koefisien korelasi, $\Delta g_i(\rho_j)$ adalah Anomali Bouguer Sederhana (ABS) fungsi densitas (mgal), h_i adalah ketinggian titik amat (meter), ρ_j adalah densitas batuan

(g/cm^3), $\Delta g(\rho_j)$ adalah rata-rata ABS sebagai fungsi densitas (mgal), h adalah rata-rata ketinggian titik pengamatan (m), $j (1, 2, 3, \dots)$, dan n jumlah titik amat.

2.4 Kontinuasi ke Atas (Upward Continuation)

Kontinuasi ke atas mentransformasi medan potensial terukur pada suatu permukaan ke medan permukaan pengukuran lainnya yang jauh dari semua sumber. Blakely (1995) merumuskan:

$$U(x, y, z_0 - \Delta z) = \frac{\Delta z}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{U(x', y', z_0) dx' dy'}{[(x-x')^2 + (y-y')^2 + \Delta z^2]^{3/2}} \quad (16)$$

dengan persamaan (16) merupakan integral kontinuasi ke atas yang menunjukkan perhitungan nilai medan potensial pada beberapa titik di atas ketinggian tertentu pada permukaan horisontal. Beberapa kesepakatan dibutuhkan dalam aplikasi prakteknya karena tidak akan pernah diketahui medan potensial yang tepat di setiap titik pada bidang yang tak terbatas. Nettleton (1971) menyatakan bahwa kontinuasi ke atas selalu memberikan peta yang lebih halus dari aslinya. Prinsipnya, medan bisa dihitung pada ketinggian yang berbeda, jika tidak ada massa yang mengganggu dalam rentang kontinuasi.

3. Metode penelitian

Penelitian ini dilakukan dari April sampai Oktober 2013 di Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada. Daerah penelitian yang dikaji terletak pada $1^{\circ}xx'xx''-2^{\circ}xx'xx''$ LS dan $104^{\circ}xx'xx''-104^{\circ}xx'xx''$ BT yang berada di wilayah Jambi seperti pada Gambar 2.

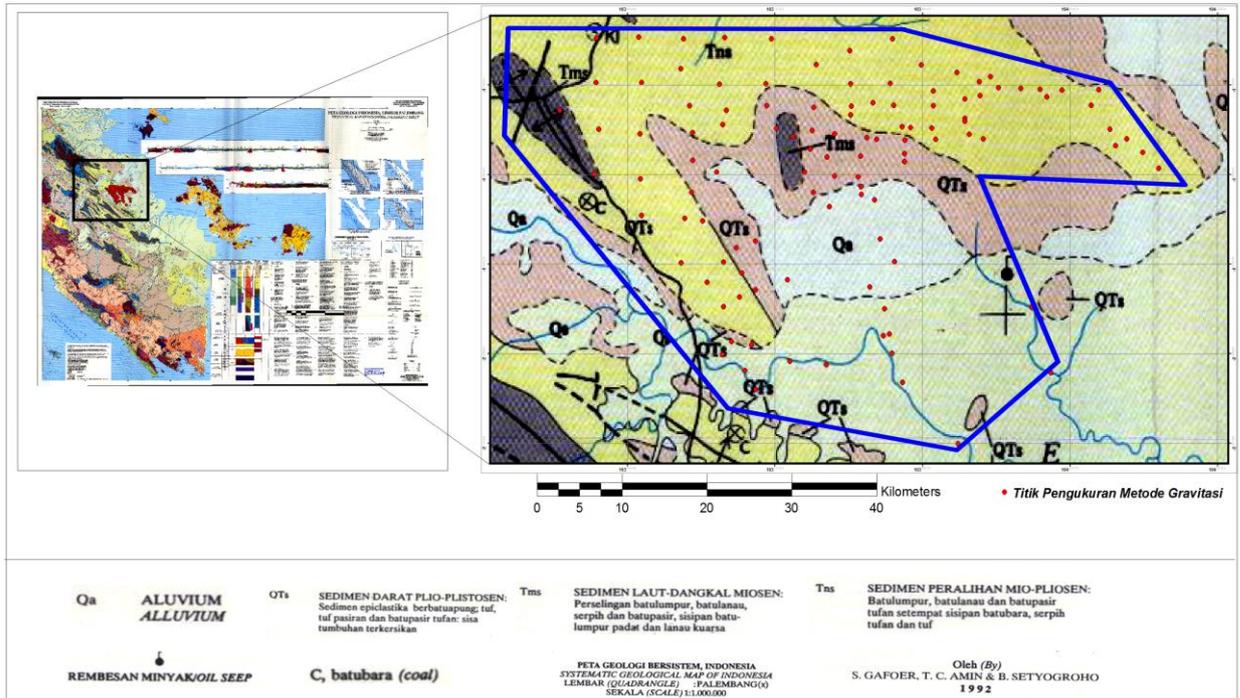
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang berasal dari hasil akuisisi data primer proyek LKTF dan Bukit Energi. Kondisi geologi permukaan daerah penelitian diambil dari Peta Geologi Indonesia Lembar Palembang yang digambar oleh Gafoer, dkk., 1992 dengan skala 1:1.000.000. Gambar 2, merupakan peta geologi daerah penelitian Lajur Jambi-Palembang. Batuan tertua berumur Tersier kala Miosen (Tms) dan paling muda berumur Kuartar kala Holosen (Qs). Umur Tersier disusun oleh batuan sedimen peralihan Mio-Plistosen dan sedimen laut dangkal Miosen, sedangkan pada umur Kuartar disusun oleh batuan sedimen darat Plio-Plistosen dan Aluvium.

Pengolahan Data

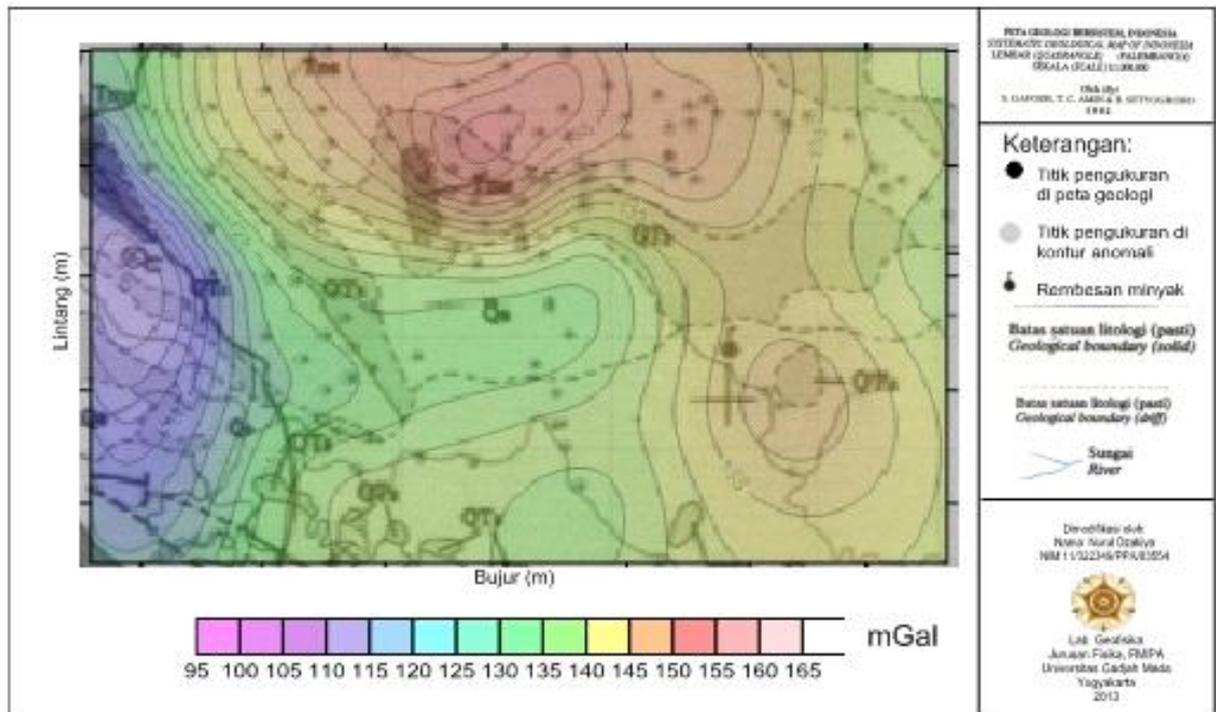
Pengolahan data dan pemodelan memanfaatkan beberapa software diantaranya: Microsoft Office Excel 2007, Surfer 10, ArcGIS 9.2, Matlab R2008b, Magpick, Grablox 1.6d dan Bloxer 1.6c.

4. Hasil dan pembahasan

Variasi nilai anomali Bouguer lengkap (ABL), persebaran titik pengukuran di lapangan lalu di *overlay* dengan peta geologi ditunjukkan pada Gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan bahwa pada daerah penelitian terdapat anomali rendah dan anomali tinggi yang terlihat dari perbedaan nilai ABL dan warna konturnya. Nilai ABL terendah 95 mgal (ungu) dan tertinggi 165 mgal (merah). Nilai ABL masih merupakan nilai gabungan antara anomali regional dan anomali lokal. Jumlah titik-titik survei pada penelitian tersebut sebanyak 116 titik pengukuran yang menyebar pada topografi yang berbeda. Titik-titik survei tersebar di ketinggian topografi berkisar 6-78 mdpl.



Gambar 2. Peta geologi regional daerah penelitian (Gafoer, dkk., 1992).



Gambar 3. Peta geologi di overlay dengan peta kontur anomali regional

Anomali regional di didapatkan setelah di reduksi ke bidang datar dengan grid yang teratur sesuai dengan teori Dampney (1969), lalu dipisahkan dengan anomali lokalnya menggunakan metode kontinuasi ke atas. Anomali berwarna merah dengan rentang nilai anomali gravitasi (136-140) mgal diduga disebabkan oleh batuan yang berumur Tersier

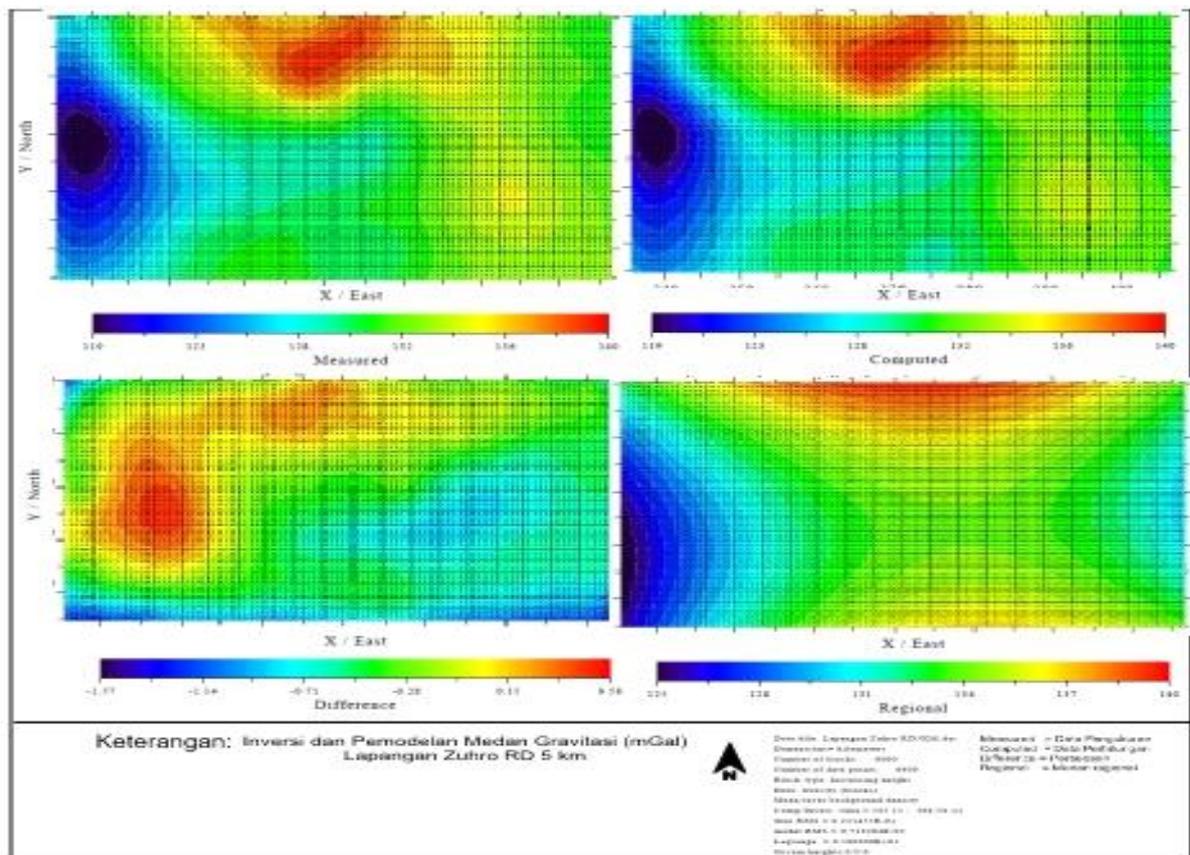
(Tms) dengan jenis batuan sedimen laut dangkal Miosen yang berasosiasi dengan batuan Tersier (Tns) yang jenis batumannya adalah sedimen peralihan Mio-Pliosen. Usia batuan Tersier (Tms) diperkirakan sekitar (12-8) juta tahun yang lalu. Batuan tersebut terdiri dari beberapa batuan yang keberadaannya menyebar, yaitu perselingan batulumpur, batulanau, serpih, batupasir, sisipan batulumpur padat dan lanau kuarsa.

Pembuatan Model Awal dengan *Grablox*

Model awal dilakukan dengan menggunakan *Software Grablox* dan *Bloxer* dengan metode *forward modelling* (pemodelan ke depan) dipandu dengan informasi peta geologi untuk menentukan nilai densitas batuan yang dimodelkan.

Pemodelan Inversi (*Inverse Modelling*)

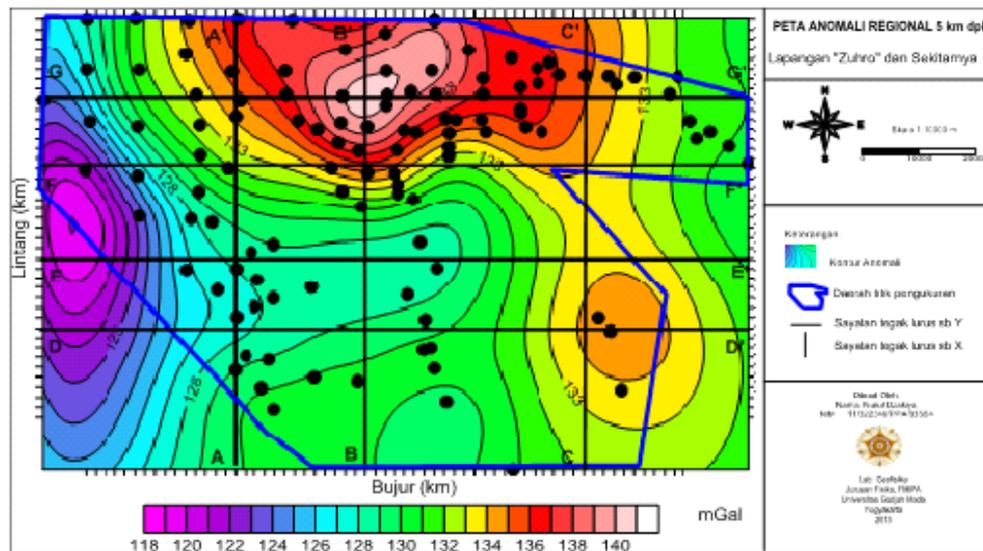
Proses inversi (Gambar 4) akan mendapatkan pengaruh gravitasi yang hanya disebabkan oleh massa di daerah dalam volume model yang dibuat saja. Adanya pengaruh medan gravitasi dari blok model dan anomali dasar ditunjukkan dengan nilai perbedaan ditambah dengan nilai medan regional, sehingga menghasilkan nilai perhitungan medan gravitasi. Optimasi dilakukan untuk meminimumkan perbedaan antara data pengukuran lapangan dan data perhitungan, sehingga didapatkan kecocokan antara keduanya. Perbedaan tersebut ternyata tidak terlalu besar, sehingga model dianggap sudah mewakili keadaan bawah permukaan bumi di tempat penelitian. Menurut Pirtijarvi (2008), adanya nilai medan gravitasi pada proses inversi bertujuan untuk mengurangi atau mereduksi pengaruh gravitasi dari semua massa yang berada di sekitar dan di bawah volume pada lokasi daerah penelitian.



Gambar 4. Proses hasil inversi

Interpretasi

Peta anomali regional disayat pada arah tegak lurus sumbu X dan Y seperti pada Gambar 5. Sayatan pada arah tegak lurus sumbu X (garis vertikal) ditunjukkan oleh garis A-A', B-B', dan C-C'. Sedangkan pada arah tegak lurus sumbu Y (garis horisontal) disayat oleh garis E-E', F-F', G-G', dan H-H'.



Gambar 5. Posisi lintasan sayatan pada arah sumbu X dan Y

Interpretasi Kualitatif Model Sayatan pada Arah X

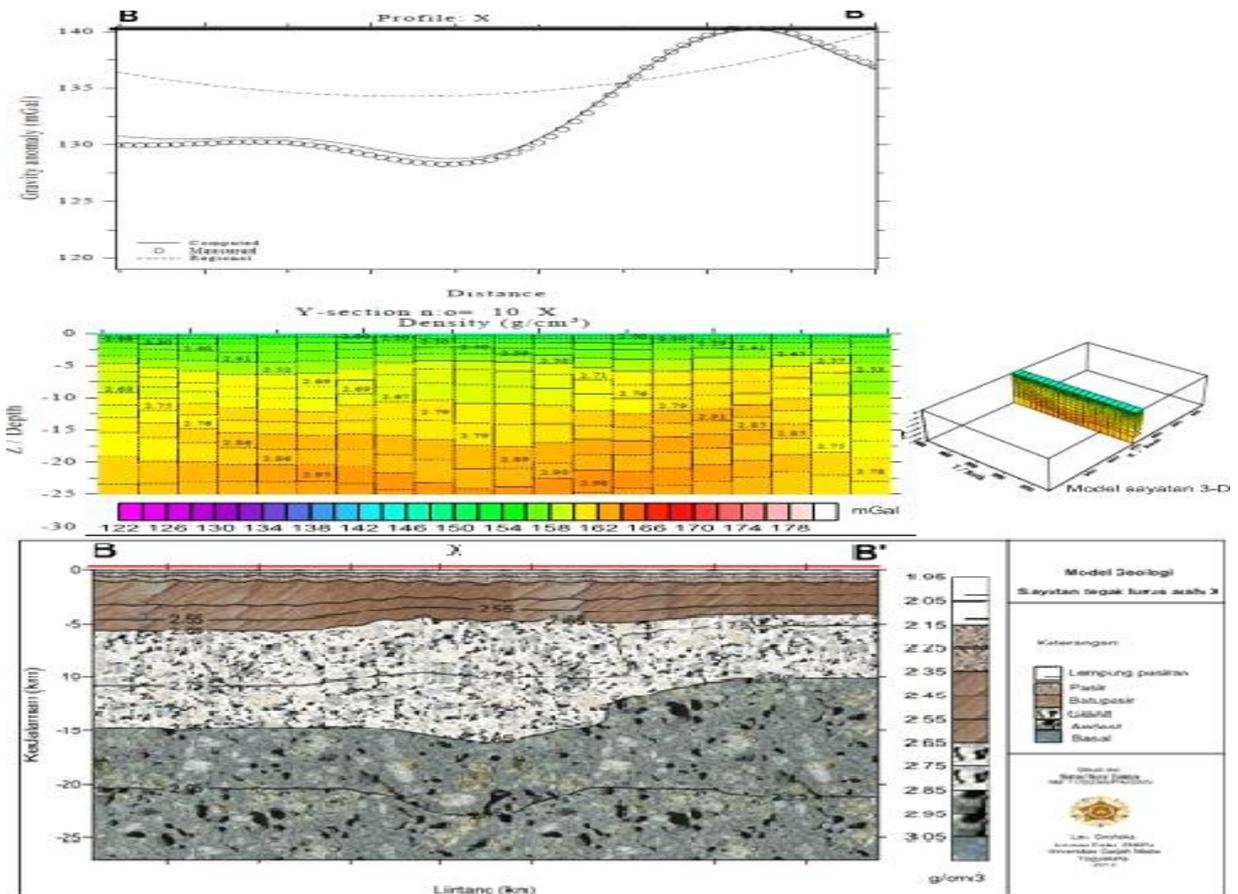
Gambar 6, merupakan grafik hubungan antara hasil pengukuran dan perhitungan. Gambar tengah yang berupa model kotak-kotak merupakan tampilan model densitas sebagai fungsi kedalaman hasil dari *Grablog*, sedangkan gambar paling bawah merupakan tampilan densitas model batuan sebagai fungsi kedalaman hasil dari *Surfer*. Lintasan sayatan B-B' di X menunjukkan bahwa hasil perhitungan memiliki respon yang cocok dengan data pengukuran yang ditunjukkan oleh garis perhitungan dan pengukuran berhimpit atau cocok. Terdapat nilai anomali gravitasi bervariasi di sepanjang sumbu Y. Anomali maksimum bernilai sekitar 141 mgal diperkirakan dikarenakan oleh sebuah massa dibawah permukaan Bumi dengan densitas tinggi, yakni sekitar $(2,65-3,05) \text{ g/cm}^3$. Anomali negatif (anomali rendah) memiliki nilai sekitar 128 mgal berada di tengah model. Anomali tersebut diduga disebabkan oleh massa yang posisinya paling dekat dengan permukaan Bumi yang memiliki densitas rendah $(1,95-2,55) \text{ g/cm}^3$. Densitas batuan ini jika dilihat dari model batuan geologi pada Gambar 6 memiliki ketebalan rata-rata 6 km. Adi (2013) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa dari informasi data seismik, kedalaman batuan dasar (*basement*) berada paling dalam di kedalaman 6 km dengan jenis batuan granit yang memiliki densitas $(2,5-2,8) \text{ g/cm}^3$. Hal yang sama juga didapatkan pada penelitian ini. Batuan granit berada pada kedalaman mulai dari 6 km. Batuan ini disebut sebagai kerak atas dengan densitas $(2,65-2,75) \text{ g/cm}^3$, tebalnya sekitar (7-10) km. Batuan andesit disebut sebagai kerak bawah $(2,85-2,95 \text{ g/cm}^3)$ dengan tebal mulai dari (7-10) km. Semakin ke Utara (kanan) kedua batuan ini semakin menebal. Batuan Basal $(3,05 \text{ g/cm}^3)$ yang diperkirakan mantel tidak terlihat pada sayatan ini.

Model tersebut memperlihatkan kemenerusan batuan dari arah Selatan ke Utara (kiri-kanan) yang menunjukkan bahwa semakin ke Utara batuan sedimen mengendap dengan ketebalan sekitar (5-6) km. Kerak atas (granit) paling tipis sekitar 5 km berada di sebelah

Utara dan ketebalan rata-rata 10 km. Kerak bawah (andesit) terlihat semakin tebal ke Utara dengan ketebalan mulai dari 10 km hingga 13 km. Ketebalan batuan granit dan andesit di sebelah Utara yang dekat permukaan menyebabkan anomali gravitasi di arah ini bernilai tinggi. Jika dihubungkan dengan Gambar 4.6 dapat disimpulkan bahwa batuan tersebut berumur Tersier Miosen (Tms) yang merupakan umur batuan tertua yang tersingkap di daerah penelitian.

Interpretasi Kuantitatif Model 3D.

Rangkuman hasil keseluruhan sayatan pada arah tegak lurus sumbu Z disajikan pada Tabel 1. Nilai Z yang tertera pada tabel tersebut merupakan urutan sayatan permukaan di kedalaman yang tertulis. Rata-rata nilai densitas mengalami kenaikan secara signifikan sekitar (2,80-2,89) g/cm³ mulai kedalaman 11,6 km di sayatan Z₁₁ hingga kedalaman 19,5 km di sayatan Z₁₃ Densitas yang mendominasi dari kedalaman tersebut merupakan densitas batuan beku pertengahan (*intermediate*) dengan jenis batuan andesit. Sedangkan pada sayatan Z₁₄ dan Z₁₅ didominasi oleh batuan dengan densitas 2,98 g/cm³ hingga lebih dari atau sama dengan 3,00 g/cm³ yang merupakan batuan beku basa dengan jenis batuan basal yang diidentifikasi merupakan batuan penyusun mantel.



Gambar 6. Profil sayatan B-B' (atas), model sayatan (tengah), model batuan (bawah).

Tabel 1 bila dihubungkan dengan Gambar 6, maka dapat diketahui bahwa anomali tinggi berwarna merah yang diduga dikarenakan oleh batuan berumur Tersier memiliki ketebalan kerak dengan jenis batuan granit yang semakin tebal ke arah Utara. Keberadaan batuan granit yang dianggap sebagai kerak atas pada penelitian ini, dimungkinkan

merupakan batuan dasar di sekitar Pegunungan Tigapuluh karena letak anomali tinggi berada disekitar daerah tersebut. Selaras dengan hasil penelitian Suwarna dalam Heryanto (2006) yang menyebutkan bahwa batuan sumber tertua di wilayah Subcekungan Jambi adalah batuan sedimen Permo-Karbo yang diterobos oleh batuan granitik Trias-Jura yang terdiri dari granit, granodiorit, pegmatit dan aplit. Seluruh batuan Pratersier ini tersingkap di Pegunungan Tigapuluh dan bertindak sebagai batuan dasar subcekungan tersebut.

Perbedaan relief batuan dasar tersebut yang semakin menebal ke Utara diduga merupakan daerah tempat terjadinya peninggian batuan dasar Pra-Tersier dan berbagai depresi yang berhubungan dengan Paleogeografi terbentuknya Subcekungan Jambi. Heryanto (2006) menyebutkan bahwa subcekungan ini merupakan subcekungan yang tidak stabil karena dibentuk oleh sembul (*horst*) dan terban (*graben*) serta selama pengendapan sedimennya masih bergerak. Ketidakstabilan tersebut menurut Koesoemadinata (1978) mengendalikan proses sedimentasi, fasies dan pelipatan pada lapisan Tersier di atasnya dan dimungkinkan mengendalikan terbentuknya minyak.

Tabel 1. Hasil sayatan tegak lurus arah Z pada model 3-D

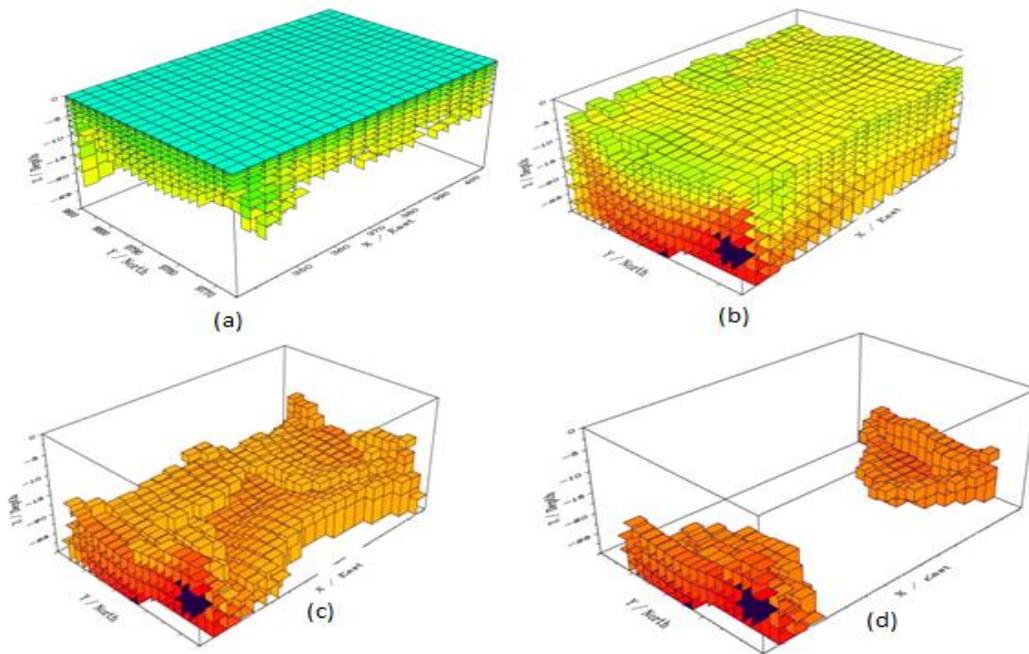
No sayatan	Kedalaman permukaan (km)	Ketebalan setiap sayatan (km)	Densitas rata-rata (g/cm^3)
Z ₁	0,0	0,3	1,99
Z ₂	0,3	0,4	2,19
Z ₃	0,7	0,8	2,30
Z ₄	1,5	1,0	2,40
Z ₅	2,5	1,3	2,40
Z ₆	3,8	1,6	2,50
Z ₇	5,4	1,8	2,67
Z ₈	7,2	2,0	2,67
Z ₉	9,2	2,4	2,68
Z ₁₀	11,6	2,4	2,80
Z ₁₁	14,0	2,6	2,80
Z ₁₂	16,6	2,9	2,89
Z ₁₃	19,5	3,2	2,89
Z ₁₄	22,7	3,2	2,98
Z ₁₅	25,9	4,1	2,97

Model 3-D densitas sebagai fungsi ketebalan

Ketebalan densitas ($2,0-2,5$) g/cm^3 ditunjukkan pada Gambar 7a. Ketebalan tersebut terdiri dari batuan sedimen ini memiliki yang tebalnya tidak merata di daerah penelitian dengan nilai sekitar (5-6) km. Densitas dengan warna biru magenta merupakan densitas batuan permukaan dengan nilai paling rendah yang nilainya bertambah dengan bertambahnya kedalaman. Nilai rata-ratanya dapat dilihat pada Tabel 1 pada sayatan dari Z₁ hingga Z₆. Ketebalan densitas ($2,6-3,3$) g/cm^3 pada Gambar 7b merupakan ketebalan kerak atas dan kerak bawah yang ditunjukkan dengan warna kuning-hijau. Jika dilihat pada Tabel 1 keberadaan densitas tersebut berada di sayatan Z₇ sampai Z₁₁. Gambar 7c, dengan densitas ($2,9-3,3$) g/cm^3 merupakan sayatan Z₁₂ hingga Z₁₅. Gambar 7d merupakan densitas batuan dengan nilai lebih dari atau sama dengan $3,3$ g/cm^3 yang merupakan keberadaan batuan basal atau mantel.

Hasil keseluruhan berdasarkan model tersebut tampak pada arah XYZ (Timur, Utara) dengan kedalaman hingga 30 km, dapat dilihat bahwa di Utara didominasi batuan dengan

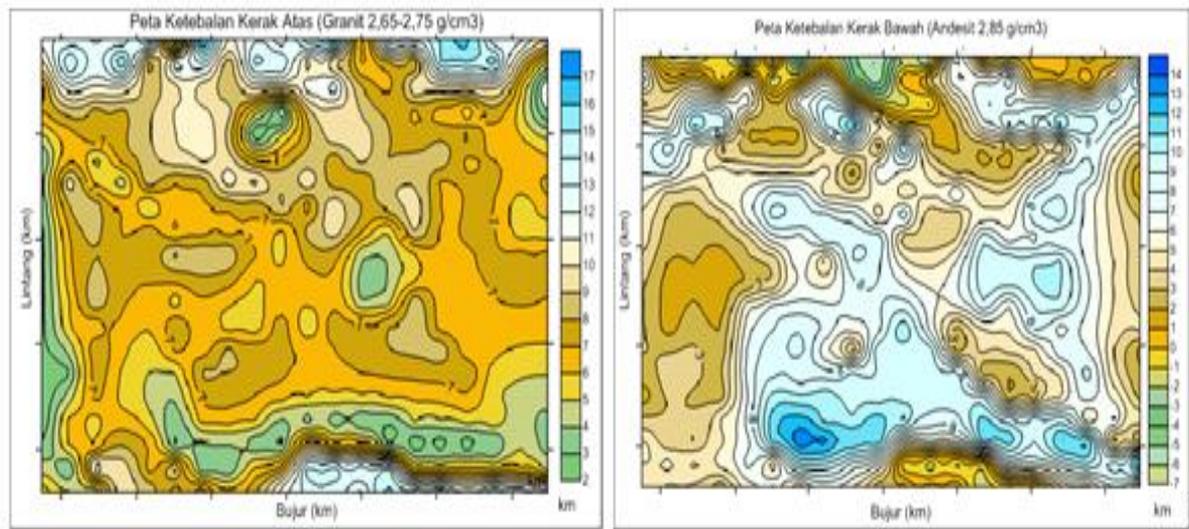
densitas tinggi sekitar (2,80-3,05) g/cm³ yang cukup tebal dimulai pada kedalaman (10-30) km (Gambar 8 kiri dan Gambar 8 kanan). Bagian Timur didominasi batuan dengan densitas (2,60-2,9) g/cm³ yang merupakan ketebalan kerak sekitar (6-30) km. Arah tersebut juga memperlihatkan batuan sedimen yang paling tebal berada di arah Barat yang semakin menipis lalu memiliki ketebalan hampir tetap ke arah Timur. Ketebalan sedimen yang berkurang diikuti oleh semakin tebalnya batuan granit (kerak atas) dan andesit (kerak bawah). Ketebalan batuan dengan densitas rata-rata 2,80 g/cm³ terlihat lebih tebal di bagian tengah daerah penelitian, sedangkan densitas 2,90 g/cm³ mendominasi di wilayah penelitian paling Barat dengan ketebalan yang diduga akan bertambah tebal ke bawah.



Gambar 7. Model 3D ketebalan densitas (a) 2,0-2,5 g/cm³ (b) 2,6-3,3 g/cm³ (c) 2,9-3,3 g/cm³ (d) 3,3 g/cm³.

Terlihat beberapa densitas batuan yang berwarna hitam di ujung sebelah Barat pada model tersebut. Hal ini hanya menandakan bahwa ada densitas yang lebih dari rentang densitas yang ditentukan pada saat dilakukan pemodelan, yakni (1-3,30) g/cm³. Jika hasil pemodelan dari *Grablox* di atas dimasukkan dalam *Bloxer*, maka akan terlihat bahwa batuan tersebut densitasnya sekitar 3,4 g/cm³.

Peta sebaran ketebalan untuk kerak atas [granit (2,65-2,75) g/cm³] ditunjukkan pada Gambar 8 (kiri) dengan ketebalan yang mendominasi hampir seluruh wilayah luasan daerah penelitian, yakni sekitar (5-10) km. Kerak atas paling tebal sekitar 17 km yang berada di Utara dan yang paling tipis sekitar 2 km yang berada di Tenggara dan di Barat Daya. Hasil pemetaan tersebut hampir sama dengan ketebalan yang sudah dijelaskan pada model sayatan arah XY di pembahasan sebelumnya, baik secara model sayatan peta kontur maupun model geologi. Ketebalan batuan granit di arah Utara ini sesuai dengan hasil sayatan X, Y dan Z nya yang diperkirakan tempat terjadinya peninggian batuan dasar Pra-Tersier yang ditindih oleh batuan Tersier yang diduga sebagai penyebab adanya anomali tinggi di daerah tersebut.



Gambar 8. Peta sebaran ketebalan kerak atas (kiri) dan kerak bawah (kanan).

Kerak bawah pada penelitian ini disusun oleh batuan andesit dengan rentang densitas (2,85-2,95) g/cm^3 . Densitas 2,95 g/cm^3 memiliki ketebalan yang belum bisa diperkirakan secara pasti karena ketebalannya semakin ke dalam (ke bawah dalam arah Z) dimungkinkan masih bertambah di kedalaman lebih dari 30 km, sehingga ketebalan kerak bawah pada Gambar 7 hanya memetakan kerak yang disusun oleh batuan andesit yang memiliki densitas 2,85 g/cm^3 . Ketebalan kerak tersebut berkisar 5-10 km. Kerak paling tebal sekitar 14 km dan yang paling tipis 1 km.

5. Kesimpulan

1. Anomali gravitasi rendah (118-130 mgal) yang diduga disebabkan oleh batuan dengan densitas (1,95-2,55) g/cm^3 , yang diidentifikasi sebagai batuan sedimen didominasi oleh pasir, batulempung, batupasir, siltstone dan batugamping dengan ketebalan sekitar (5-6) km yang lebih tebal di Selatan daripada di Utara.
2. Anomali gravitasi tinggi (132-140 mgal) yang berada di Utara daerah penelitian diduga disebabkan oleh batuan Tersier dengan densitas (2,65-2,75) g/cm^3 yang disebut sebagai kerak atas dengan jenis batuan granit dengan tebal sekitar (5-10) km. Batuan ini semakin tebal ke Utara dan dimungkinkan hingga Pegunungan Tinggian Tigapuluh. Batuan tersebut juga diduga merupakan hasil kenaikan batuan dasar Pra-Tersier yang ditindih oleh batuan Tersier pada pegunungan tersebut saat pembentukan Subcekungan Jambi.
3. Model kerak bawah dengan densitas (2,85-2,95) g/cm^3 didominasi oleh batuan andesit memiliki ketebalan berkisar lebih dari atau sama dengan 10 km dan semakin menebal ke Utara, sedangkan densitas di atas 3,05 g/cm^3 berada di kedalaman mulai dari 25 km merupakan batuan basal yang diduga sebagai mantel.

Daftar pustaka

- Adi, A.P, 2013, *Pemodelan Cekungan Lapangan "PD" menggunakan Metode Gravitasi yang dikontrol Data Seismik*, Skripsi S1, Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Blakely, R.J, 1995, *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*, Cambridge University Press United States of America.
- Dampney, C.N.G., 1969, *The Equivalent Source Technique*, *Geophysics*, Vol. 34(1), P. 39-35.
- Gafoer, S., T.C. Amien, dan B. Setyogroho, 1992, *Peta Geologi Indonesia Lembar Palembang*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (PPPG), Bandung.
- Grant, F.S, and West, G.F, 1965, *Interpretation Theory in Applied Geophysics*, University of Toronto and United States of America.
- Heryanto, R, 2006, Perbandingan Karakterisasi Lingkungan Pengendapan, batuan Sumber, dan diagenesis Formasi Lakat di Lereng Timur Laut dengan Formasi Talangakar di Tenggara Pegunungan Tigapuluh Jambi, *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 1 No. 4, Desember 2006, hal. 173-184.
- Koesoemadinata, R.P, 1978, *Geologi Minyak dan Gas Bumi*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Nettleton, L.L, 1971, *Monograph Series: Elementary Gravity and Magnetism for Geologist and Seismologists*, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa Oklahoma United States of America.
- Pirttijarvi, M, 2008, *User's Guide to Version Grablox 1,6b: Gravity Interpretation and Modeling Software based on a 3-D Block Model*, Department of Physics Universitas of Oulu Finland.