
Penafsiran Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Pemodelan 2D Gaya Berat Di Perairan Arafura

Syifa Nurulsabila¹, Dadi Rusdiana¹, Yulinar Firdaus²

¹Departemen Pendidikan Fisika UPI, Jl. Dr. Setiabudi No.229, Bandung 40154

² Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Djunjunan No.236
Bandung 40174

* Corresponding author. E-mail: snurulsabila26@gmail.com (Syifa Nurulsabila)

Telp: +628815866073

ABSTRAK

Gambaran struktur dan stratigrafi bawah permukaan Perairan Arafura diperoleh dengan melakukan studi gaya berat untuk mengetahui adanya keberadaan cekungan sedimen. Delineasi cekungan diharapkan menjadi indikator kemungkinan potensi hidrokarbon daerah penelitian. Anomali Bouguer lengkap dihasilkan dari pengolahan data dengan koreksi gaya berat rutin, kemudian melakukan filter kontinuitas ke bawah dan menghasilkan anomali residual. Dilakukan pemodelan 2D dengan tujuh lintasan dan diperoleh empat lapisan batuan. Lapisan paling bawah ditafsirkan ke dalam litologi batuan *dolomite* dengan nilai densitas 2,6255 - 2,6369 mGal. Lapisan di atasnya dengan nilai densitas 2,4990 - 2,5100 mGal ditafsirkan sebagai *limestone*. Lapisan di atasnya lagi diinterpretasikan sebagai *shale* dengan nilai densitas 2,4375 - 2,4500 mGal. Dan lapisan paling atas dengan nilai densitas 1,9060 - 2,1730 mGal ditafsirkan sebagai *sandstone*. Keberadaan cekungan sedimen setelah dilakukan delineasi diduga terletak di sebelah utara mengarah ke barat daya. Berdasarkan kesebandingan hasil yang diperoleh dengan stratigrafi yang ada, diperkirakan bahwa *dolomite* dan *limestone* memiliki umur permian, yang terbentuk pada era paleozoikum dengan formasi Aifam *group*. Lapisan *shale* memiliki umur *jurassic* hingga *cretaceous* yang terbentuk pada era cenozoikum dengan formasi Tipuma *group* dan Klembengan *group*. Sedangkan *sandstone* memiliki umur *tertiary* dengan formasi Imskijn *group*.

Kata kunci: gaya berat; struktur; stratigrafi; pemodelan 2D; Perairan Arafura

ABSTRACT

A description of the structure and subsurface stratigraphy of Arafura Waters is obtained by conducting gravity studies to determine the presence of sedimentary basins. Delineation of the basin is expected to be an indicator of the hydrocarbon potential of the study area. A complete Bouguer anomaly results from processing data with routine gravity correction, then filters the downward continuation and produces a residual anomaly. 2D modeling was carried out with seven tracks and obtained four layers of rock. The lowest layer is interpreted into dolomite lithology with a density value of 2.6255 - 2.6369 mGal. Above layer with a density value of 2.4990 - 2.5100 mGal is interpreted as limestone. The upper layer is interpreted as shale with a density value of 2.4375 - 2.4500 mGal. And the top layer with a density value of 1.9060 - 2.1730 mGal is interpreted as sandstone. The existence of sedimentary basins after delineation is thought to be located to the north leading to the southwest. Based on the comparability of the results obtained with the existing stratigraphy, it is estimated that dolomite and limestone have permian age, which was formed in the paleozoic era with the Aifam group formation. The shale layer has a jurassic to cretaceous age formed during the cenozoic era with the formation of the Tipuma group and the Klembengan group. While sandstone has a tertiary age with the Imskkn group formation.

Keywords: gravity; structure; stratigraphy; 2D modeling; Arafura Waters

1. Pendahuluan

Pada umumnya, cadangan minyak dan gas bumi atau hidrokarbon di Indonesia berada di cekungan sedimen yang terletak di busur vulkanik, juga terdapat di cekungan tepi benua [1]. Cekungan sedimen yang terdapat di perairan dapat menjadi potensi yang dimiliki oleh Indonesia karena luasnya perairan yang dimiliki. Eksplorasi bawah laut dilakukan untuk menemukan potensi yang dimiliki cekungan sedimen tersebut

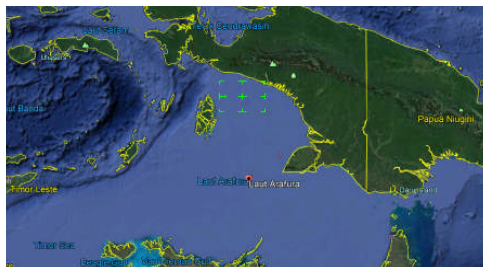
yang dapat memungkinkan ditemukannya *oil trap* yang baru. Saat ini sedang banyak dilakukan di Indonesia Timur, salah satunya di wilayah penelitian Perairan Arafura.

Penemuan potensi hidrokarbon memerlukan eksplorasi geologi dan geofisika. Salah satu metode geofisika yang umum digunakan untuk survei awal adalah metode gaya berat. Metode gaya berat merupakan salah satu metode untuk mengetahui konfigurasi cekungan

berdasarkan perbedaan parameter fisis rapat massa. Metode gaya berat biasanya digunakan untuk survei awal dalam eksplorasi, dan umumnya digunakan dalam eksplorasi minyak, yakni digunakan untuk menemukan struktur yang dianggap sebagai *oil trap* [2].

Struktur dan stratigrafi dapat bermanfaat untuk mengetahui lapisan bawah permukaan dengan manfaat berikutnya sebagai langkah awal parameter potensi sumber daya yang terkandung. Delineasi diharapkan sebagai indikator potensi hidrokarbon.

1.1. Geologi Daerah Penelitian



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di wilayah Perairan Arafura. Lokasi penelitian berada di koordinat $135,06^{\circ}$ - $136,52^{\circ}$ BT dan $-6,07^{\circ}$ - $-4,46^{\circ}$ LS. Laut Arafura merupakan perairan di Indonesia yang berdasarkan kedalamannya termasuk perairan dangkal dengan kedalaman berkisar antara 30-90 meter [3]. Laut Arafura terletak di Papua bagian selatan sampai perbatasan Benua Australia. Batas-batas dari Laut Arafura, yaitu sebelah utara berbatasan dengan Laut Seram dan

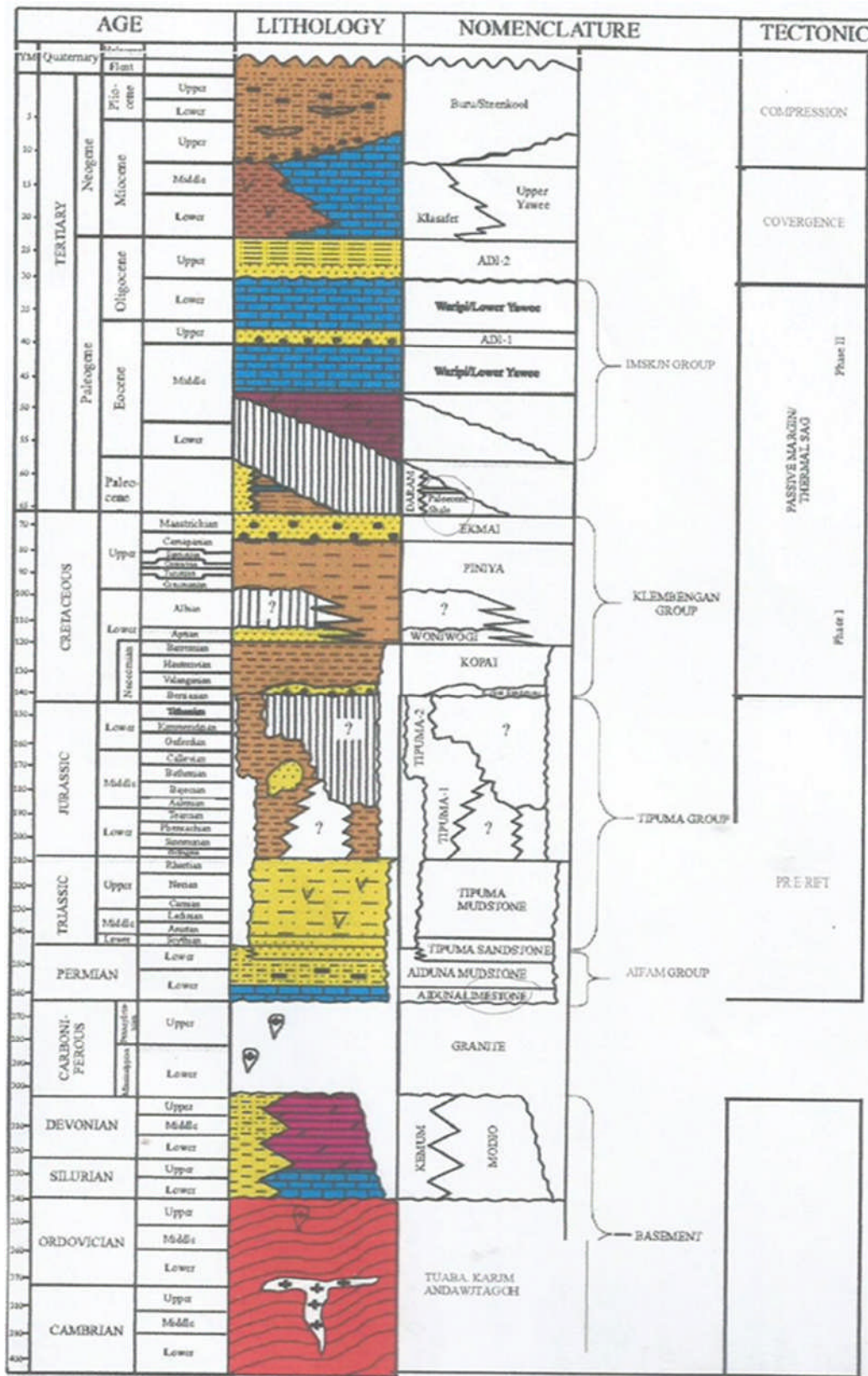
Pulau Papua, di sebelah selatan berbatasan dengan Pantai Utara Australia, di sebelah barat berbatasan dengan Laut Banda dan Laut Timor, dan bagian timur berbatasan dengan Pulau Dolak dan Semenanjung Don. Letak Laut Arafura ditunjukkan oleh gambar 1.

Stratigrafi Perairan Arafura dikontrol oleh proses sedimentasi batuan yang diakibatkan proses tektonik pembentukan dan pergerakan lempeng Benua Australia sejak Neo-Proterozoikum hingga saat ini. Stratigrafi wilayah Arafura dapat didasarkan pada stratigrafi yang ditunjukkan pada gambar 2.

Akibat adanya hasil tumbukan antara tiga lempeng besar, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Eurasia, maka kerangka tektonik yang dimiliki oleh wilayah penelitian ini adalah kerangka tektonik yang kompleks. Dasar Laut Arafura yang berupa laut dangkal dengan dataran rendah Papua Selatan membentuk paparan Arafura yang tersusun oleh blok kaku (*rigid*).

2. Metode Penelitian

Metode yang dilakukan adalah pengolahan data gaya berat laut yang dimiliki oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL).



Gambar 2. Stratigrafi Daerah Papua Bagian Selatan dan Arafura [4]

2.1. Konsep Dasar Gaya Berat

Gaya berat merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk menggambarkan struktur geologi bawah permukaan berdasarkan variasi medan gravitasi bumi akibat perbedaan densitas secara lateral [5,6]. Prinsip utama metode gaya berat adalah mengukur variasi perbedaan gravitasi dari satu daerah observasi di permukaan bumi dan mengoreksinya dengan harga gravitasi teoritis. Gaya berat berdasar pada hukum Newton dan teori medan potensial. Newton menyatakan bahwa besar gaya tarik menarik antara dua buah partikel yang mempunyai massa m_1 dan m_2 dengan jarak antara kedua titik pusat partikel r seperti pada persamaan 1. berikut:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (1)$$

Dengan:

F = Gaya tarik menarik antara dua benda 1 dan 2

G = Konstanta gaya berat
($6,672 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg s}^2$)

m_1 = massa benda 1

m_2 = massa benda 2

r = Jarak antara benda 1 dan 2

Hubungan antara gaya dan percepatan didefinisikan oleh Newton dalam Hukum II Newton tentang gerak ditunjukkan pada persamaan 2 berikut:

$$F = m \cdot g \quad (2)$$

Persamaan 2 menyatakan bahwa gaya sebanding dengan massa benda dikalikan dengan percepatan yang dialaminya. Percepatan yang dialami oleh benda bermassa m yang disebabkan benda bermassa M dengan jarak R dapat dinyatakan dengan persamaan 3 berikut:

$$g = \frac{F}{m} \quad (3)$$

Persamaan 2 dan 3 jika ditetapkan pada percepatan gaya tarik bumi menjadi persamaan 4.:

$$g = \frac{F}{m} = -G \left(\frac{M m}{m r^2} \right) = -G \frac{M}{r^2} \quad (4)$$

2.2. Nilai Densitas Batuan

Interpretasi yang dilakukan berdasar dari nilai densitas batuan hasil pemodelan 2D [7]. Tiap jenis batuan memiliki nilai densitas yang berbeda. Semakin dalam maka akan semakin tinggi densitasnya dalam suatu lapisan permukaan (Tabel 1).

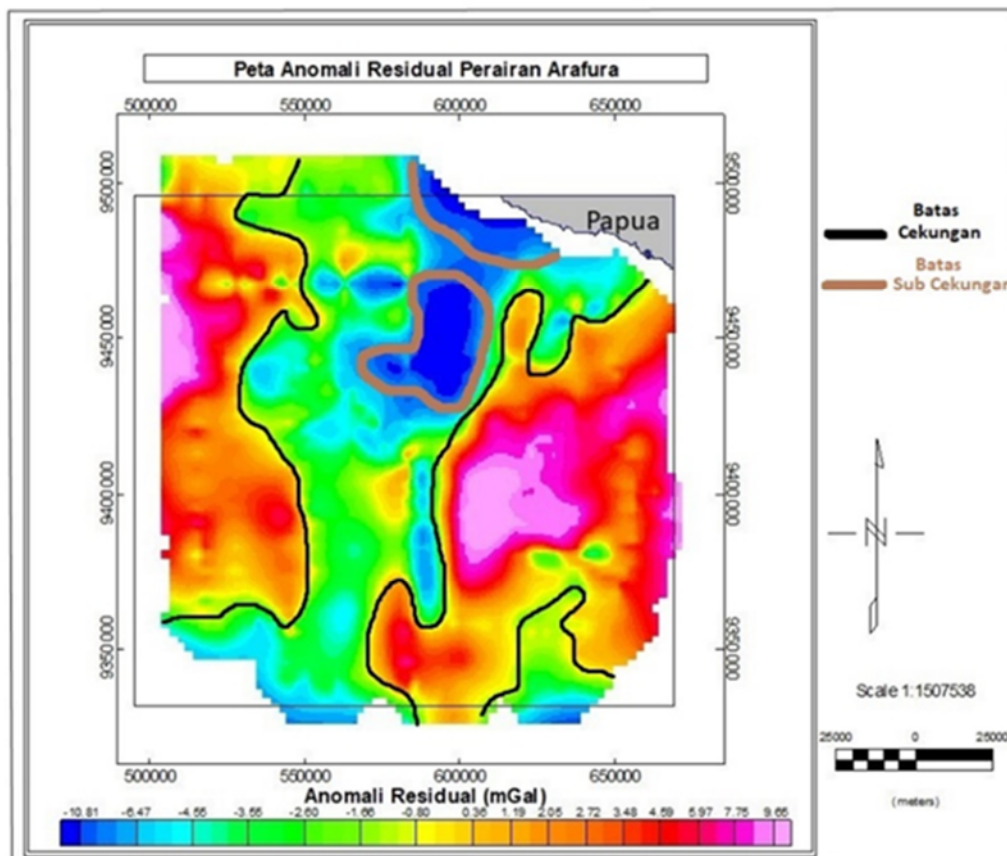
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Interpretasi Kualitatif

Dilakukan interpretasi kualitatif berdasarkan anomali residual dengan melakukan delineasi cekungan berupa penarikan batas cekungan dan batas sub cekungan. Anomali residual dengan depresi nilai anomali, diduga sebagai cekungan. Hasil delineasi berdasarkan anomali residual di Perairan Arafura ditunjukkan pada gambar 3.

Tabel 1. Nilai Densitas Berbagai Tipe Batuan [8]

Tipe Batuan	Rentang Densitas (g/cm ³)	Densitas Rata-rata (g/cm ³)
Sediment (wet)		
Overburden		1.92
Soil	1.2-2.4	1.92
Clay	1.63-2.6	2.21
Gravel	1.7-2.4	2.0
Sand	1.7-2.3	2.0
Sandstone	1.61-2.76	2.35
Shale	1.77-3.2	2.40
Limestone	1.93-2.90	2.55
Dolomite	2.28-2.90	2.70
Sedimentary rocks (av.)		2.50
Igneous rocks		
Rhyolite	2.35-2.70	2.52
Andesite	2.4-2.8	2.61
Granite	2.50-2.81	2.64
Granodiorite	2.67-2.79	2.73
Phorphyry	2.60-2.89	2.74
Quartz diorite	2.62-2.96	2.79
Diorite	2.72-2.99	2.85
Lavas	2.80-3.00	2.90
Diabase	2.50-3.20	2.91
Basalt	2.70-3.30	2.99
Gabbro	2.70-3.50	3.03
Peridotite	2.78-3.37	3.15
Acid igneous	2.30-3.11	2.61
Basic igneous	2.09-3.17	2.79
Metamorphic rocks		
Quartzite	2.5-2.70	2.60
Schists	2.39-2.9	2.64
Graywacke	2.6-2.7	2.65
Marble	2.6-2.9	2.75
Serpentine	2.4-3.10	2.78
Slate	2.7-2.9	2.79
Gneiss	2.59-3.0	2.80
Amphibolite	2.90-3.04	2.96
Eclogite	3.2-3.54	3.37
Metamorphic	2.4-3.1	2.74



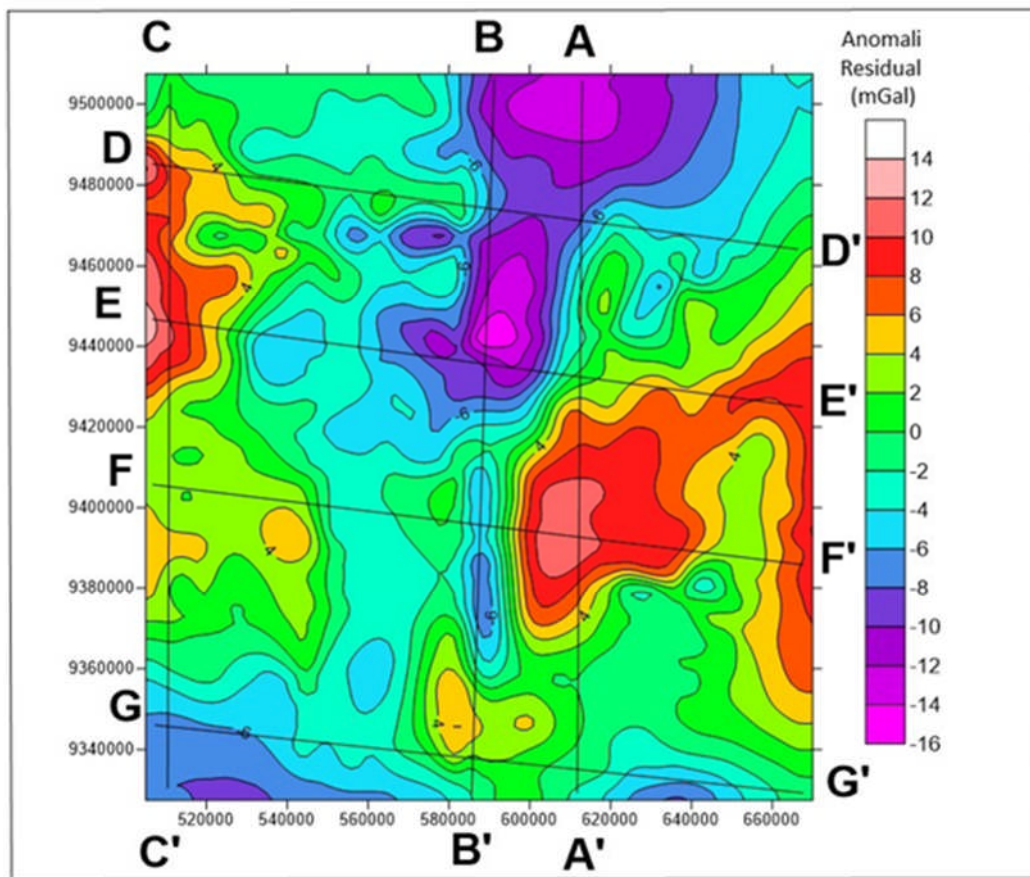
Gambar 3. Delineasi Batas Cekungan dan Sub Cekungan Perairan Arafura

Daerah yang diduga sebagai cekungan berada di utara mengarah ke barat daya. Sub cekungan nampak di daerah utara cekungan. Daerah cekungan terjadi karena kemungkinan adanya sedimentasi dari darat. Sedimen tersebut terendapkan dan terbawa dari Pulau Papua melalui aliran sungai yang mengarah ke laut. Delineasi ini menjadi faktor kemungkinan potensi hidrokarbon.

3.2. Interpretasi Kuantitatif

Interpretasi kuantitatif dilakukan pemodelan 2D *forward modelling* pada anomali residual untuk mengetahui

struktur dan stratigrafi bawah permukaan pada wilayah penelitian. *Forward modelling* dilakukan untuk menghitung efek gaya berat model benda bawah permukaan dengan penampang berbentuk sembarang yang dapat diwakili oleh suatu poligon bersisi n dinyatakan sebagai integral garis sepanjang sisi-sisi poligon [9]. Dibuat tujuh lintasan, yaitu lintasan A-A' hingga lintasan G-G'. Sayatan dilakukan pada daerah yang memiliki pertimbangan keberagaman anomali untuk melihat perbedaannya. Ketujuh lintasan yang dibuat seperti pada gambar 4.



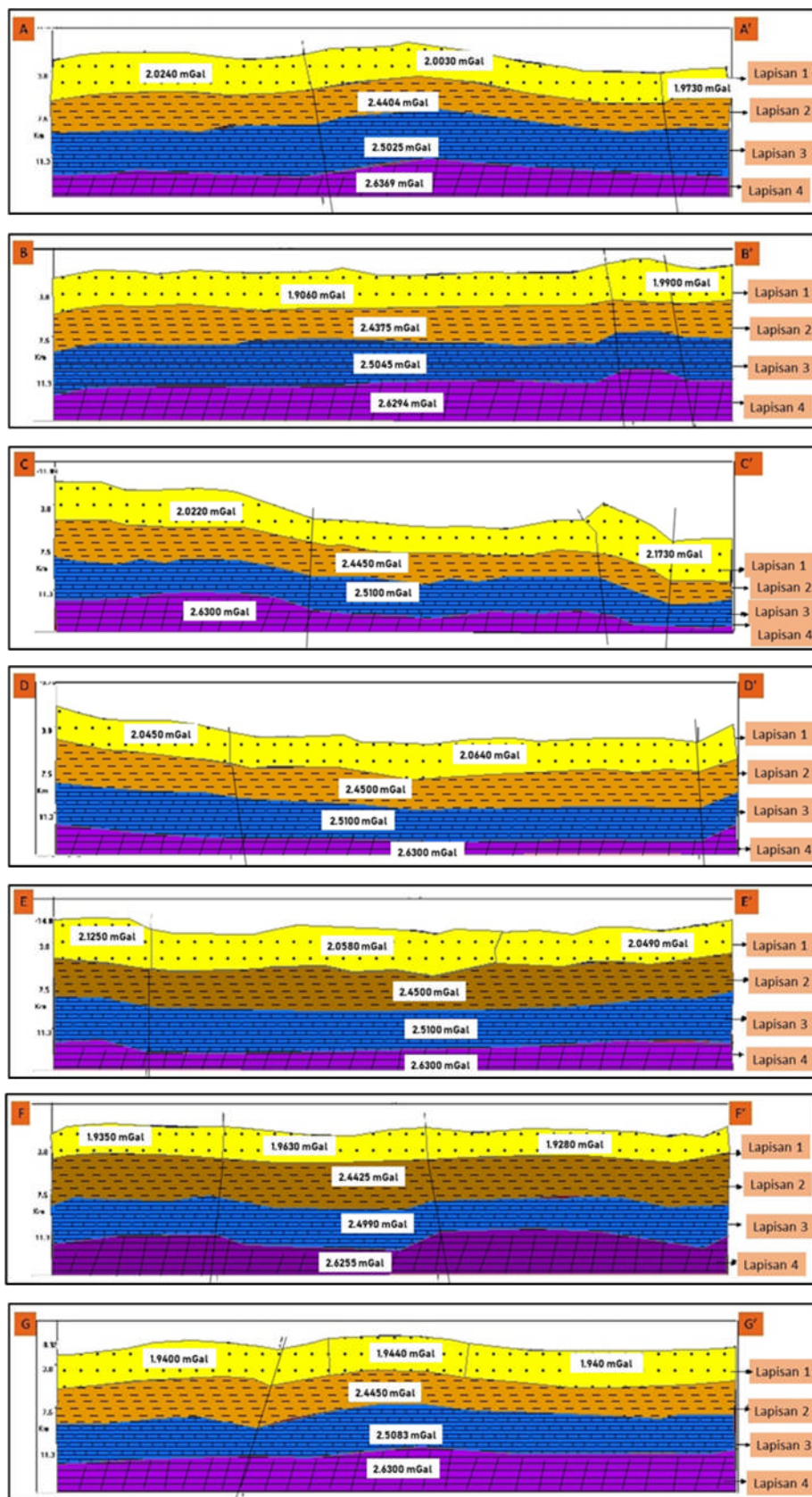
Gambar 4. Lintasan pada Anomali Residual untuk Pemodelan

Ketujuh sayatan lintasan tersebut dibuat menjadi pemodelan 2D yang akan menghasilkan nilai-nilai densitas pada setiap lapisannya. Penafsiran yang dilakukan berdasar pada validasi geologi nilai densitas pada tiap jenis batuan.

Lintasan A-A', B-B', dan C-C' berarah dari utara ke selatan. Lintasan D-D', E-E', F-F', dan G-G' berarah dari barat laut ke tenggara. Dari hasil sayatan tersebut ditemukan kecocokan pada pemodelan. Daerah yang memiliki anomali residual rendah menunjukkan rendahan atau daerah yang diduga sebagai cekungan, dan daerah yang memiliki anomali residual

rendah menunjukkan rendahan atau daerah yang diduga sebagai cekungan, dan daerah yang memiliki anomali residual tinggi ditunjukkan sebagai daerah tinggian. Hasil penampang litologi bawah permukaan berdasarkan nilai densitasnya ditunjukkan pada gambar 5. Hasil pemodelan menunjukkan adanya 4 lapisan yang sama di setiap lintasan.

Penampang hasil pemodelan lintasan A-A' menunjukkan lapisan paling bawah yang dinamai lapisan 4 dengan densitas batuan 2,6369 mGal ditafsirkan sebagai litologi batuan *dolomite*. Lapisan di atasnya yaitu lapisan 3 memiliki densitas



Gambar 5. Hasil Pemodelan 2D lintasan A-A' sampai G-G'

batuan 2,5025 mGal ditafsirkan sebagai litologi batuan *limestone*. Kemudian lapisan 2 ditafsirkan ke dalam litologi batuan *shale* dengan densitas batuan 2,4404 mGal. Sedangkan lapisan 1 memiliki variasi densitas 2,0240 mGal, 2,0030 mGal, dan 1,9730 mGal. Dari ketiga variasi densitas di lapisan 1, ketiganya ditafsirkan sebagai litologi batuan *sandstone*.

Hasil pemodelan lintasan B-B' diperoleh lapisan 4 dengan densitas batuan 2,6294 mGal ditafsirkan ke dalam litologi batuan *dolomite*. Lapisan di atasnya memiliki densitas batuan 2,5045 mGal yang ditafsirkan ke dalam litologi batuan *limestone*. Lapisan 2 memiliki densitas batuan 2,4375 mGal ditafsirkan ke dalam litologi batuan *shale*. Sedangkan lapisan 1 yang ditafsirkan sebagai litologi batuan *sandstone* memiliki variasi densitas 1,9060 mGal dan 1,9900 mGal.

Hasil pemodelan lintasan C-C'. menunjukkan lapisan paling bawah, yaitu lapisan 4 dengan densitas batuan 2,6300 mGal yang ditafsirkan ke dalam litologi batuan *dolomite*. Lapisan di atasnya, yaitu lapisan 3 memiliki densitas batuan 2,5100 mGal, ditafsirkan ke dalam litologi batuan *limestone*. Lapisan 2 memiliki densitas batuan 2,4450 mGal ditafsirkan sebagai *shale*. Lapisan 1 memiliki variasi densitas 2,0220 mGal dan 2,1730 mGal yang ditafsirkan ke dalam litologi batuan *sandstone*.

Hasil pemodelan lintasan D-D' diperoleh lapisan 4 dengan sukseksi densitas batuan 2,6300 mGal yang ditafsirkan ke dalam litologi batuan *dolomite*. Lapisan 3 yang ditafsirkan ke dalam litologi batuan *limestone* memiliki densitas batuan 2,5100 mGal. Kemudian lapisan 2 memiliki densitas batuan 2,4500 mGal yang ditafsirkan ke dalam litologi batuan *shale*. Sedangkan lapisan 1 memiliki variasi densitas 2,0450 mGal dan 2,0640 mGal yang keduanya ditafsirkan ke dalam litologi batuan *sandstone*.

Hasil pemodelan lintasan E-E' diperoleh lapisan 4 dengan sukseksi densitas batuan 2,6300 mGal yang ditafsirkan ke dalam litologi batuan *dolomite*. Lapisan 3 memiliki densitas batuan 2,5100 mGal, ditafsirkan ke dalam litologi batuan *limestone*. Kemudian lapisan 2 memiliki densitas batuan 2,4500 mGal yang ditafsirkan ke dalam litologi batuan *shale*. Sedangkan lapisan 1 memiliki variasi densitas 2,1250 mGal, 2,0580 mGal, dan 2,0490 mGal yang diinterpretasikan sebagai *sandstone*.

Hasil pemodelan lintasan F-F' diperoleh lapisan 4 dengan densitas batuan 2,6255 mGal yang ditafsirkan sebagai litologi batuan *dolomite*. Lapisan di atasnya yaitu lapisan 3 memiliki densitas batuan 2,4990 mGal ditafsirkan sebagai litologi batuan *limestone*. Lapisan 2 yang ditafsirkan sebagai litologi batuan *shale* memiliki densitas batuan 2,4425 mGal. Sedangkan lapisan 1 memiliki variasi densitas 1,9350 mGal, 1,9630 mGal, dan 1,9280 mGal.

Ketiga variasi densitas di lapisan atas tersebut ditafsirkan sebagai litologi batuan *sandstone*.

Hasil pemodelan lintasan G-G' diperoleh lapisan 4 dengan suksesi densitas batuan 2,6300 mGal yang ditafsirkan sebagai litologi batuan *dolomite*. Lapisan di atasnya, yaitu lapisan 3 memiliki densitas batuan 2,5083 mGal, ditafsirkan sebagai litologi batuan *limestone*. Kemudian lapisan 2 memiliki densitas batuan 2,4450 mGal yang ditafsirkan sebagai litologi batuan *shale*. Sedangkan lapisan 1 memiliki variasi densitas 1,9400 mGal, 1,9440 mGal, dan 1,9400 mGal yang ketiganya ditafsirkan sebagai litologi batuan *sandstone*.

Pemodelan 2D juga menunjukkan beberapa struktur yang diduga sebagai patahan. Struktur patahan tersebut didominasi dengan arah patahan dari utara ke selatan dan dari tenggara ke barat laut.

Berdasarkan korelasi stratigrafi geologi wilayah Arafura dan wilayah sekitaran Papua lainnya, kemungkinan umur batuan yang ada pada Perairan Arafura adalah pada era palaeozoikum sampai dengan cenozoikum. Pada kesebandingan hasil yang diperoleh dengan stratigrafi yang ada, diperkirakan bahwa *dolomite* dan *limestone* memiliki umur permian, yang terbentuk pada era paleozoikum. *Dolomite* dan *limestone* termasuk ke dalam formasi Aifam *group*. Pada lapisan *shale*, memiliki umur

jurassic hingga *cretaceous* yang terbentuk pada era cenozoikum yang termasuk formasi Tipuma *group* dan Klembengan *group*. Sedangkan *sandstone* memiliki umur *tertiary* termasuk formasi Imskjin *group*.

4. Simpulan

Daerah yang diduga cekungan berdasarkan delineasi hasil pengolahan data gaya berat berada di utara daerah penelitian mengarah ke barat daya. Berdasarkan pemodelan 2D diperoleh 4 lapisan yang ditafsirkan sesuai dengan nilai densitasnya. Lapisan paling bawah atau lapisan 4 ditafsirkan ke dalam litologi batuan *dolomite* dengan nilai densitas 2,6255 - 2,6369 mGal. Lapisan atasnya atau lapisan 3 diinterpretasikan sebagai *limestone* dengan nilai densitas 2,4990 - 2,5100 mGal. Lapisan 2 ditafsirkan sebagai *shale* dengan nilai densitas 2,4375 - 2,4500 mGal. Dan lapisan paling atas yaitu lapisan 1 ditafsirkan ke dalam litologi batuan *sandstone* dengan nilai densitas 1,9060 - 2,1730 mGal. Nampak pula struktur yang diduga patahan berarah utara ke selatan dan tenggara ke barat laut. Berdasarkan stratigrafinya, Perairan Arafura diduga terbentuk pada era Paleozoikum sampai dengan Cenozoikum. *Dolomite* dan *limestone* memiliki umur permian, yang terbentuk pada era paleozoikum dengan formasi Aifam *group*. Lapisan *shale* diduga memiliki umur *jurassic* hingga

cretaceous yang terbentuk pada era cenozoikum dengan formasi tipuma *group* dan klembeungan *group*. Sedangkan *sandstone* diduga memiliki umur *tertiary* dengan formasi imskjn *group*.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL) yang sudah memberi izin untuk mengolah data yang dimiliki PPPGL dan kepada seluruh staf yang telah membantu dalam pengolahan data. Terima kasih juga kepada Departemen Pendidikan Fisika tempat penulis menimba ilmu selama ini.

6. Referensi

1. Tryono, F. Y. (2015). Peranan Geologi Dalam Sistem Hidrokarbon Serta Potensi dan Tantangan Eksplorasi Migas di Indonesia. *Jurnal Forum Teknologi Vol* (Vol. 6).
2. A, Lutfia P.I, dkk. (2012). Eksplorasi Parameter Fisik Cekungan Migas di Perairan Blok Ambalat Dengan Metode Gravitasi. *JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 1, No. 1*, 1-6. Surabaya: Digilib ITS.
3. Wagey, T., Arifin, Z. (2008). *Marine Biodiversity Review of The Arafura and Timor Seas*. Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Indonesian Institute of Sciences, United Nation Development Program, and Cencus of Marine Life. Jakarta. 136 pp.
4. Harahap, B. H. (2012). Tectonostratigraphy of the Southern Part of Papua and Arafura Sea, Eastern Indonesia. *Indonesian Journal on Geoscience*, 7 (3), 167-187.
5. Erviantari, D. (2014). Studi Identifikasi Struktur Bawah Permukaan dan Keberadaan Hidrokarbon Berdasarkan Data Anomali Gaya Berat pada Daerah Cekungan Kalimantan Tengah. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 2(01), 13-20.
6. Sota, I. (2011). Pendugaan Struktur Patahan Dengan Metode Gaya Berat. *POSITRON*, 1(1).
7. Tematur, G., Tanesib, J. L., & Pingak, R. K. (2018). Interpretasi Bawah Permukaan Gunung Anak Ranakah dengan Pemodelan Dua Dimensi (2d) Berdasarkan Data Anomali Gravitasi Lokal. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, 3(1), 54-58.
8. Telford, M.W., dkk. (1990). *Applied Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press.
9. Talwani, M., Worzel, J.L, Landisman, M. (1959). Rapid Gravity Computations for Two-Dimensional Bodies with Application to the Mendicino Submarine Fracture Zone. Columbia University. New York.