

Interpretasi Bawah Permukaan Dan Delineasi Struktur Cekungan Muna-Buton Berdasarkan Data Gravitasi Satelit

Subsurface Interpretation And Structure Delineation Of The Muna-Buton Basin Based On Satellite Gravity Data

Muhammad Nur Ahsan Zakir^{1*}, Wawan Gunawan Abdul Kadir², Eko Januari Wahyudi³

¹ Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung, Jawa Barat 40132, Indonesia

² Kelompok Keilmuan Geofisika Terapan dan Eksplorasi, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung, Jawa Barat 40132, Indonesia

³ Kelompok Keilmuan Geofisika Terapan dan Eksplorasi, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung, Jawa Barat 40132, Indonesia

Article history:

Received: 23 November 2023

Accepted: 12 Desember 2023

Keywords:

Gayaberat, Cekungan Muna-Buton, Analisis Gradien

Correspondent author:

ahsanzakir95@gmail.com

Abstrak. Telah dilakukan penelitian pengukuran medan gayaberat untuk menginterpretasi struktur bawah permukaan pada Cekungan Muna-Buton. Data yang digunakan berupa data anomali gayaberat udara bebas, sehingga hanya perlu melakukan koreksi Bouguer dan koreksi medan untuk memperoleh anomali Bouguer lengkap. Pemisahan anomali dilakukan dengan metode *trend surface analysis*. analisis gradien dilakukan pada anomali residual untuk mendelineasi struktur-struktur cekungan di daerah penelitian dengan menggunakan beberapa metode yaitu *horizontal gradient*, *total gradient*, *tilt-angle horizontal gradient*, dan improved logistic filter. Terdapat dua sub-cekungan yang bisa didelineasi yaitu sub-cekungan A yang berada di bagian Timur dan sub-cekungan B yang berada di Barat. Sub-cekungan A jika dikorelasikan dengan model rekonstruksi oleh Davidson, merupakan sub-cekungan Bulu, sedangkan sub-cekungan B merupakan sub-cekungan Selat Buton. Berdasarkan hasil pemodelan bawah permukaan, terdapat lapisan basement yang diindikasikan berada pada estimasi kedalaman paling dangkal 2 km di sub-cekungan Selat Buton dan estimasi kedalaman paling dangkal 3 km di sub-cekungan Bulu Basin. Kedalaman lapisan basement tersebut semakin dalam ke pusat cekungan hingga mencapai lebih dari 4 km

Abstract. Island of Buton is a region located in the Southeast Sulawesi region, Indonesia. The formation of Buton Island is the result of intense tectonic processes, resulting in diverse geological resources, including natural resources such as oil and natural gas accumulated in a sedimentary basin. Gravity field measurements have been conducted to interpret

subsurface structures in the Muna-Buton Basin. The data used consist of free air gravity anomaly data, requiring corrections for Bouguer and terrain to obtain a complete Bouguer anomaly. Anomaly separation is performed using trend surface analysis method. Gradient analysis is conducted on residual anomalies to delineate basin structures in the research area using several methods, including horizontal gradient, total gradient, tilt-angle horizontal gradient, and improved logistic filter. Qualitatively, two sub-basins can be delineated: Sub-basin A is in the east and sub-basin B is in the west. Sub-basin A is estimated to be the Bulu sub-basin, while sub-basin B is the Buton Strait sub-basin. Based on subsurface modeling results, there is a basement layer indicated to be at an estimated shallowest depth of 2 km in the Buton Strait sub-basin and an estimated shallowest depth of 3 km in the Bulu Basin sub-basin. The depth of this basement layer increases towards the center of the basin, reaching more than 4 km.

© 2023 JRG (Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia)

1. PENDAHULUAN

Pulau Buton merupakan wilayah yang berada di kawasan Sulawesi Tenggara. Pulau Buton diyakini merupakan bagian dari mikrokontinen Benua Australia yang bergerak memisahkan diri dari Benua Australia ke arah timur laut. Pergerakan fragmen benua ini kemudian bergabung dengan mikrokontinen sunda sejak Miosen sehingga memicu terbentuknya struktur geologi di Sulawesi (Sompotan, 2012). Kompleksitas geologi yang terdapat di Pulau Buton menghasilkan beragam sumberdaya geologi salah satunya yaitu sumberdaya alam minyak dan gas bumi yang terakumulasi di sebuah cekungan sedimen. Potensi minyak dan gas bumi di Pulau Buton ditandai dengan keberadaan endapan aspal alam yang tersingkap di permukaan (Davidson, 1991; Hadiwisastro, 2009; Satyana dkk, 2013). Pengetahuan tentang karakter reservoir dalam hal geometri,

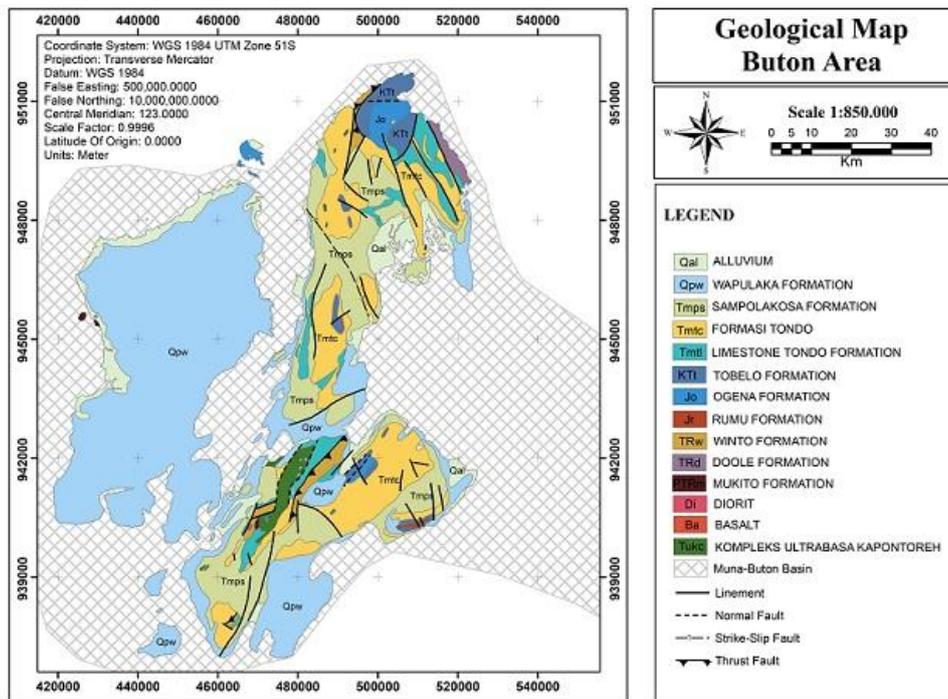
bodi, dan aspek fisik yang berkembang pada suatu cekungan sedimen dapat membantu dalam menentukan dan mengembangkan prospek minyak dan gas di suatu wilayah (Zaenuddin dkk., 2020; Fanchi, 2002). Paper ini bertujuan untuk menerapkan penggunaan filter analisis gradien berupa *Horizontal Gradient* (HG) (Cordell dan Grauch, 1985), *Total Gradien* (TG) (Roest dkk. 1992), *Tilt-angle horizontal gradient* (TAHG) (Fereira dkk., 2013) dan *Improved Logistic* (IL) *Filter* (Pham dkk., 2021) pada data anomali gayaberat di Cekungan Muna-Buton, Indonesia.

2. TINJAUAN PUSTAKA (*LITERATURE REVIEW*)

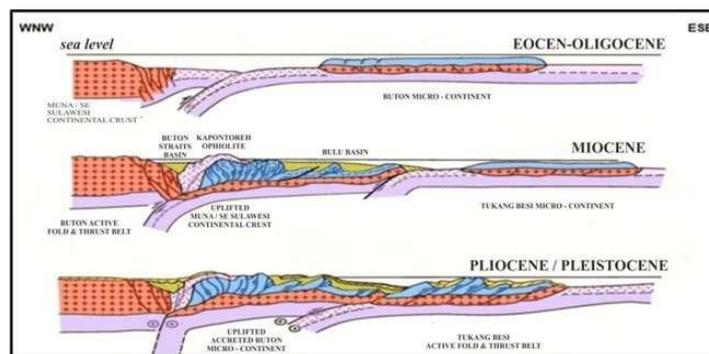
Satuan batuan yang menyusun daerah selatan Pulau Buton dapat dikelompokkan ke dalam batuan Mesozoikum dan Kenozoikum.

Kelompok batuan Mesozoikum berumur Trias hingga Kapur Atas, sedangkan kelompok Kenozoikum berumur Miosen dan Plistosen. Kelompok batuan yang termasuk Mesozoikum terdiri atas Formasi Winto (Trw), Formasi Ogena (Jo), Formasi Rumu (Jr) dan Formasi Tobelo (KTt) yang diendapkan dari Trias hingga Kapur Akhir. Kelompok batuan

sedimen yang termasuk Kenozoikum kemudian menutupi sebagian besar Buton yang terdiri atas Formasi Tondo (Tmtc), Formasi Sampolakosa (Tmps) dan Formasi Wapulaka (Qpw) yang diendapkan pada Miosen Awal hingga Plistosen (Davidson, 1991; Sikumbang, 1995; Satyana, 2013) (Gambar 1).



Gambar 1. Peta geologi regional Buton



Gambar 2. Rekonstruksi tektonik pulau Buton (Davidson, 1991)

Menurut Davidson (1991), terdapat empat peristiwa tektonik yang mempengaruhi tatanan struktur di Pulau Buton yaitu *masa pre-rift*, *rift-drift*, *syn-post orogenic*, dan

recent orogenic. Masa *pre-rift*, Pulau Buton masih bergabung dan menjadi bagian dari Australia sampai Akhir Trias. Masa *rift-drift* dimulai ketika pulau buton mulai bergerak ke

arah timurlaut dan memisahkan diri dari Australia pada Trias Akhir sampai Oligosen. Masa *syn-post orogenic* terjadi peristiwa tumbukan antara Pulau Buton dengan Pulau Muna yang menyebabkan terjadinya deformasi pembentukan cekungan dan pengisian cekungan pada Miosen Awal sampai Pliosen. Masa recent orogenic merupakan peristiwa deformasi yang lebih muda, dimana terjadi tumbukan antara Pulau Buton dengan Pulau Tukangbesi yang dimulai pada Pliosen dan masih berlangsung hingga saat ini. Ilustrasi peristiwa tektonik di Pulau Buton dapat dilihat pada **Gambar 2**.

3. METODE PENELITIAN (*METHODS*)

Lokasi penelitian berada di daerah pulau Buton Provinsi Sulawesi Tenggara, Indonesia dibatasi oleh koordinat 4°22' - 5°43' LS dan 122°32' - 123°15' BT dengan luas area ± 75 km × 150 km (**Gambar 3**). Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data citra satelit anomali gaya berat yang telah

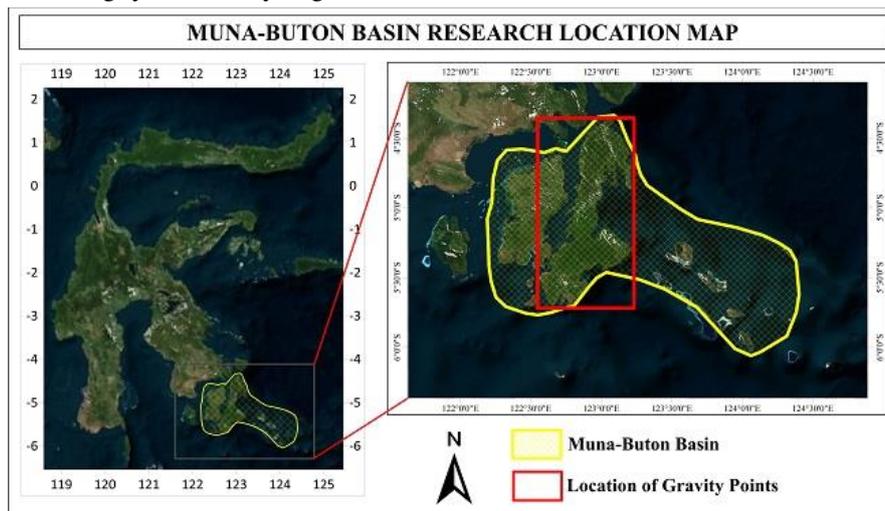
terkoreksi udara bebas dan data elevasi (Hwang C dan Parsons B, 1995; Darisma dkk, 2019; Setiadi dkk, 2021). Data anomali gaya berat diunduh pada laman https://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi. Data anomali gaya berat dan elevasi yang diperoleh telah dalam bentuk grid yang teratur dalam format ASCII. Koreksi Bouguer diberikan oleh persamaan berikut (Reynolds, 1997):

$$BC = 0,04192 \times \rho_B \times h \quad (1)$$

Untuk pengukuran gayaberat di laut diberikan dengan persamaan:

$$BC = 0,04192 \times (\rho_B - \rho_w) \times h_w \quad (2)$$

dimana BC (Bouguer Correction) adalah koreksi Bouguer (mGal), ρ_B adalah rapat massa batuan (kgm-3), ρ_w merupakan rapat massa air laut, h adalah ketinggian di titik data terhadap referensi sferoid pada data darat dan h_w merupakan kedalaman air laut pada data laut.



Gambar 3. Peta lokasi penelitian

Dalam penelitian ini, teknik *trend surface analysis* digunakan pada orde 3, dimana

persamaannya adalah sebagai berikut (Nguimbous-Kouoh dkk., 2017):

$$g_{reg}(x_i, y_i) = c_1 + c_2 X_i + c_3 Y_i + c_4 X_i^2 + c_5 X_i Y_i + c_6 Y_i^2 + \dots + c_{M-N} Y_i X_i^{N-1} + c_{M-N-1} Y_i X_i^{N-1} + \dots + c_M Y_i^N \quad (3)$$

Dimana N merupakan orde polinom, $M = \frac{(N+1)(N+2)}{2}$, c_M adalah koefisien yang akan ditentukan. Metode *trend surface analysis* ini menghasilkan anomali regional. Sehingga untuk memperoleh anomali residual, dilakukan pengurangan antara anomali Bouguer lengkap dengan anomali regional hasil trend surface analysis.

Delineasi struktur cekungan dilakukan dengan metode *horizontal gradient*, *total gradient*, *tilt-angle horizontal gradient*, *improved logistic filter*. Analisis HG dapat digunakan untuk mengisolasi batas-batas suatu struktur cekungan sedimen. Bidang batas yang dianalisis akan meunjukkan nilai maksimum dari HG. Persamaan HG diberikan oleh persamaan sebagai berikut (Cordell dan Grauch, 1985):

$$HG = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2} \quad (4)$$

Dimana $\partial g / \partial x$ dan $\partial g / \partial y$ merupakan horizotal derivative anomali gravitasi terhadap arah x dan y.

Total gradient (TG) atau dikenal dengan analytic signal merupakan fungsi yg digunakan juga untuk mengidentifikasi batas batas litologi. Hampir sama dengan HG, analisis TG menggunakan fungsi derivative anomali terhadap arah tertentu. Hanya saja dalam perhitungan TG ditambahkan derivative anomali gravitasi terhadap

kedalaman. Roest dkk. (1992) mendefinisikan persamaan TG sebagai:

$$TG = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial z}\right)^2} \quad (5)$$

Tilt-angle horizontal gradient (TAHG) merupakan salah satu filter *derivative* pada anomali gravitasi dengan menghitung perbandingan *vertical derivative* dan *horizontal gradient*. Fereira dkk. (2013) memberikan definisi TAHG dalam bentuk persamaan sebagai:

$$TAHG = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{\partial HG}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial HG}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial HG}{\partial y}\right)^2}} \right) \quad (6)$$

Improved logistic (IL) merupakan salah satu filter analisis gradien medan gravitasi. Filter ini dikembangkan oleh Pham dkk. (2021) untuk lebih mempertajam sinyal dari batas-batas litologi ataupun struktur geologi tertentu. Fungsi IL diberikan dengan persamaan:

$$IL = \frac{1}{1 + \exp[-p(R_{HG} - 1)]} \quad (7)$$

dimana p merupakan suatu konstanta postif yang ditentukan oleh interpreter yang diestimasi antar 2 sampai 5. R_{HG} merupakan rasio antara *vertical gradient* dan *horizontal gradient*, yang diberikan dengan:

$$R_{HG} = \frac{\frac{\partial HG}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial HG}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial HG}{\partial y}\right)^2}} \quad (8)$$

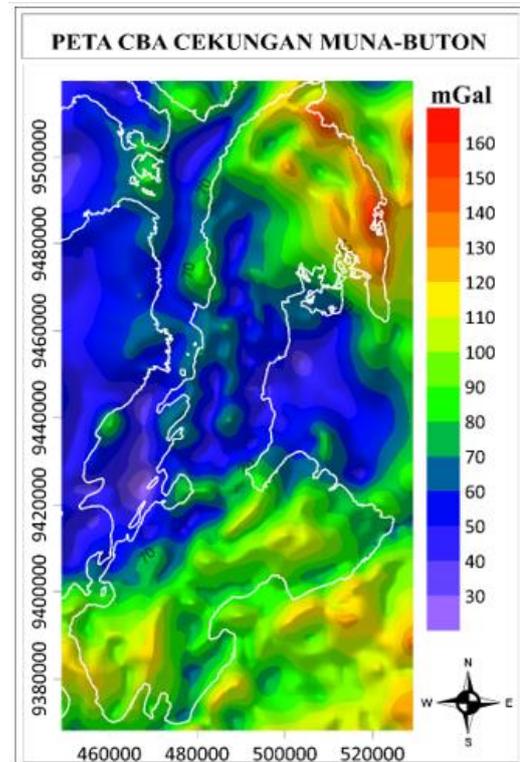
4. HASIL

Nilai anomali bouguer lengkap di daerah penelitian berkisar antara 30 mGal hingga 160 mGal (**Gambar 4**). Secara umum, sebaran pola anomali Bouguer di daerah penelitian memiliki tiga tren yang berbeda. Sebaran Pola anomali tinggi dengan rentang anomali 120 mGal hingga 160 mGal berada di utara dengan arah liniasi baratdaya – tenggara. Pola anomali tinggi ini semakin merendah ke arah baratdaya. Pola anomali sedang dengan rentang anomali berkisar 70 mGal hingga 120 mGal dominan berada di selatan daerah penelitian. Anomali sedang ini memiliki tren merendah ke arah utara hingga baratlaut. Pola anomali rendah di daerah penelitian memiliki rentang 30 mGal hingga 70 mGal. Anomali ini tersebar secara meluas dari arah timur hingga ke barat – baratlaut.

Anomali Bouguer yang diperoleh masih mengandung frekuensi anomali regional dan residual. Dalam penelitian ini dilakukan teknik Trend Surface Polynomial fitting orde-3 dalam pemisahan anomali Bouguer (**Gambar 5**). Rentang anomali regional berkisar 40 mGal hingga 120 mGal. Sedangkan anomali residual memiliki pola sebaran anomali yang mirip dengan rentang anomali berkisar -35 mGal hingga 65 mGal.

Analisis gradien yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi horizontal gradient (HG), total gradient, tilt-angle horizontal gradient dan improved logistic filter. Hasil analisis gradien (**Gambar 6**) menggunakan berbagai filter menunjukkan beberapa kesesuaian tren dengan geologi di daerah penelitian. Bagian utara menunjukkan tren yang sama dengan struktur geologi daerah

penelitian yaitu berarah baratlaut – tenggara, sedangkan bagian selatannya memiliki tren berarah timurlaut – baratdaya.

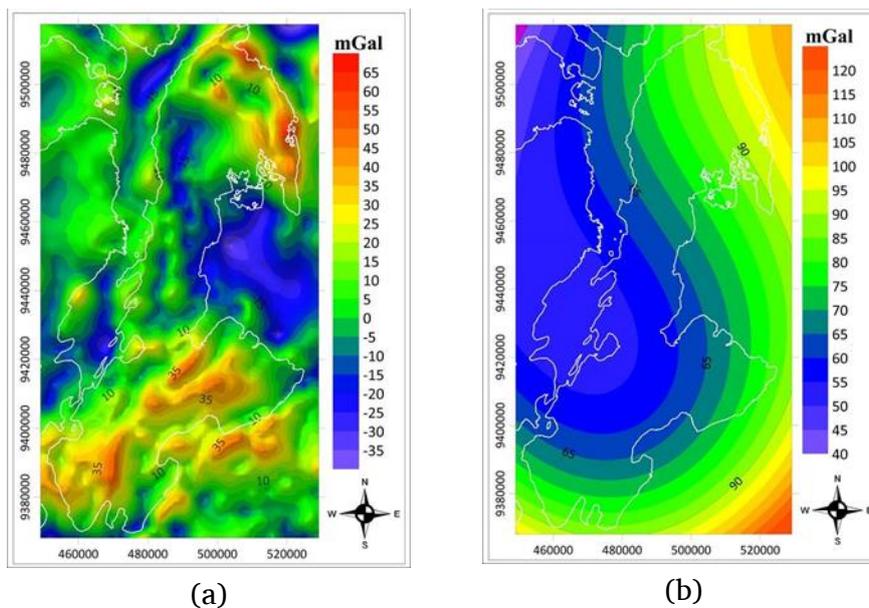


Gambar 4. Peta Complete Bouguer Anomaly (CBA) Daerah Penelitian.

Pemodelan yang dilakukan merupakan pemodelan ke depan atau forward modelling 2D menggunakan perangkat lunak oasis montaj. Sayatan pemodelan dilakukan dengan mempertimbangkan informasi geologi yang ada dan perkiraan daerah sub-cekungan berdasarkan anomali gayaberat residual yang diperoleh. Sayatan yang dilakukan sebanyak 3, yaitu sayatan A-A', B-B' dan C-C'. Penampang sayatan A-A' (**Gambar 7**) dibuat berarah barat-timur. Penampang sayatan A-A' memperlihatkan formasi geologi yang bervariasi dari arah barat ke timur. Lapisan formasi paling bawah diinterpretasikan sebagai lapisan basement yaitu formasi Doole

(TRd) dengan densitas 2,9 gr/cm³. Keterdapatan formasi ini berada pada kedalaman paling dangkal yaitu ± 3 km, dan berada pada tengah penampang. Selanjutnya terdapat formasi Winto (TRw) dengan densitas 2,7 gr/cm³ yang berada di atas formasi Doole. Formasi Winto ini berada pada kedalaman ± 2,5 km. Kemudian terdapat formasi berumur Jurrasic yaitu Formasi Ogena dan Formasi Rumu (Jo, Jr) dengan densitas 2,6 gr/cm³ yang berada pada kedalaman ± 2,5 hingga 3,8 km. Lapisan formasi selanjutnya yaitu formasi Tobelo

(KTt) yang memiliki densitas 2,5 gr/cm³, dan berada pada kedalaman ± 1,5 hingga 3 km. Di atas formasi Tobelo terdapat anggota Batugamping formasi Tondo (Tmtl) dengan densitas 2,5 gr/cm³. Formasi ini berada pada kedalaman ± 0,5 hingga 2 km. Selanjutnya terdapat beberapa formasi geologi yang relatif lebih muda, dan hadir dipermukaan yaitu Formasi Tondo (Tmtc) dengan densitas 2,3 gr/cm³, Formasi Sampolakosa (Tmps) dengan densitas 2,2 gr/cm³, dan Formasi Wapulaka (Qpw) yang memiliki densitas 2 gr/cm³



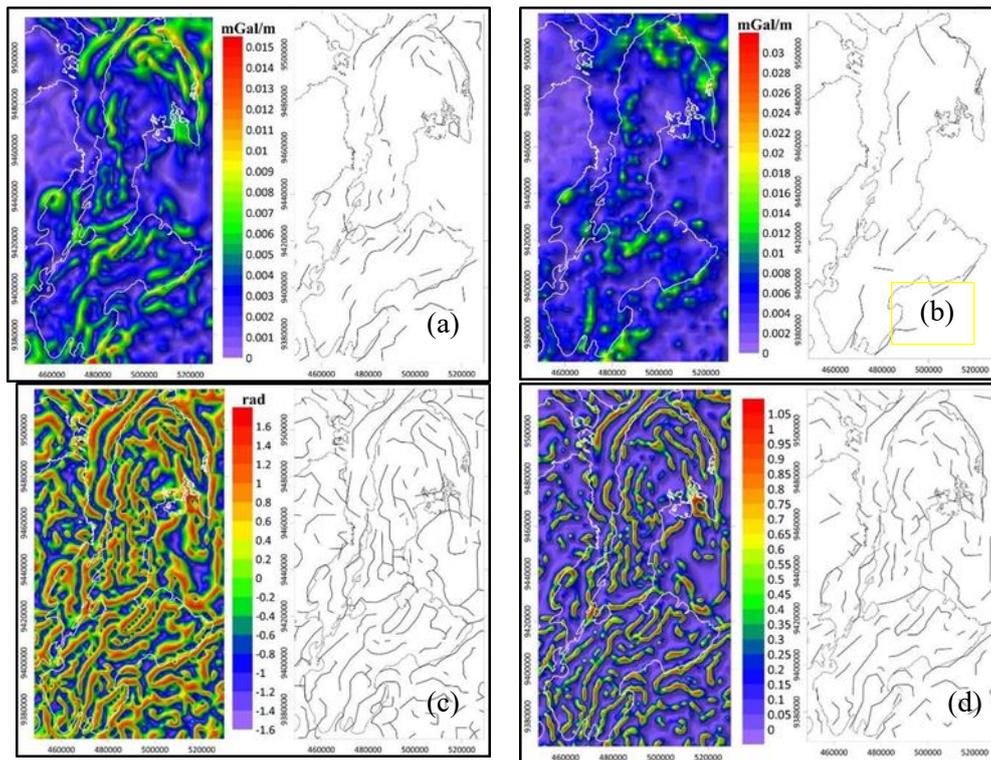
Gambar 5. (a) Peta anomali residual, (b) Peta anomali regional.

Gambar 8 merupakan model penampang sayatan B-B' dengan arah barat - timur. Sayatan ini dilakukan pada daerah laut sebelah timur daerah penelitian yang diduga merupakan salah satu sub-cekungan Muna-Buton. Model penampang dibuat dengan kedalaman mencapai 4 km. Formasi Doole dengan densitas 3 gr/cm³ dominan berada di sisi timur pada kedalaman 3 km. Selain itu

terdapat beberapa lapisan formasi berumur Trias yaitu formasi Winto (TRw) dengan densitas 2,7 – 2,75 gr/cm³, dan formasi berumur Jurrasic yaitu Formasi Ogena dan Formasi Rumu (Jo, Jr) dengan densitas 2,6 gr/cm³. Sisi barat penampang memperlihatkan pola anomali yang begitu kontras, sehingga dalam model yang dibuat diduga terdapat struktur geologi dan

didominasi oleh formasi geologi yang relatif berusia lebih muda, yaitu Formasi Wapulaka (Qpw) yang memiliki densitas 2 gr/cm³, Formasi Sampolakosa (Tmps) dengan densitas 2,2 gr/cm³, Formasi Tondo (Tmtc) dengan densitas 2,3 gr/cm³ hingga 2,33 gr/cm³,

anggota Batugamping formasi Tondo (Tmtl) yang memiliki densitas 2,4 gr/cm³ hingga 2,45 gr/cm³, dan formasi Tobelo (KTt) dengan densitas 2,5 gr/cm³ hingga 2,55 gr/cm³. Ketebalan formasi berkisar ± 500 – 700 meter.

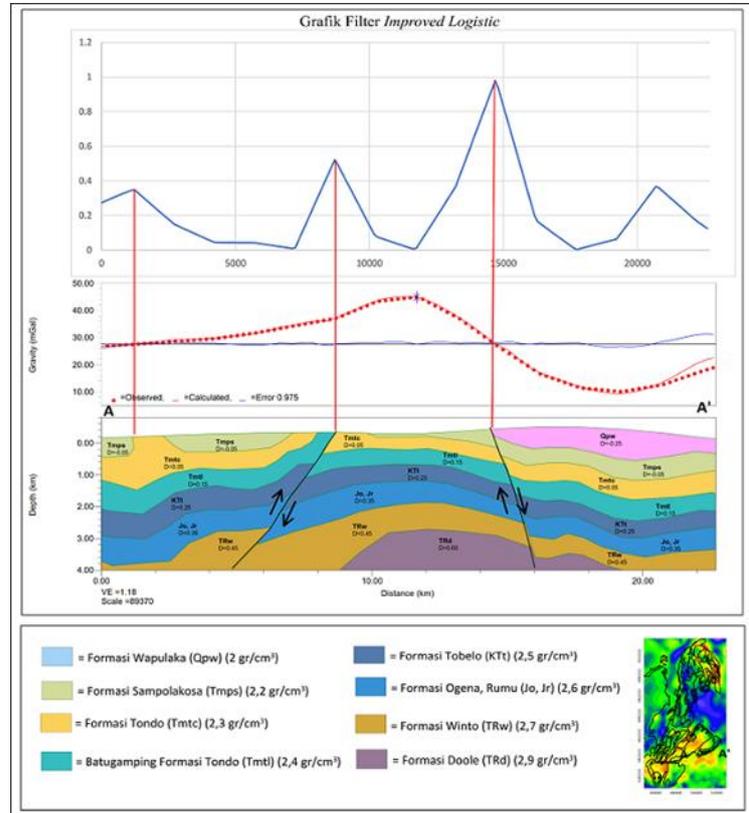


Gambar 6. Ekstraksi kelurusan pada data gravitasi didasarkan pada penerapan teknik deteksi tepi (a) Gradien horizontal, (b) Gradien total, (c) Gradien horizontal sudut miring, (d) Filter logistik yang ditingkatkan.

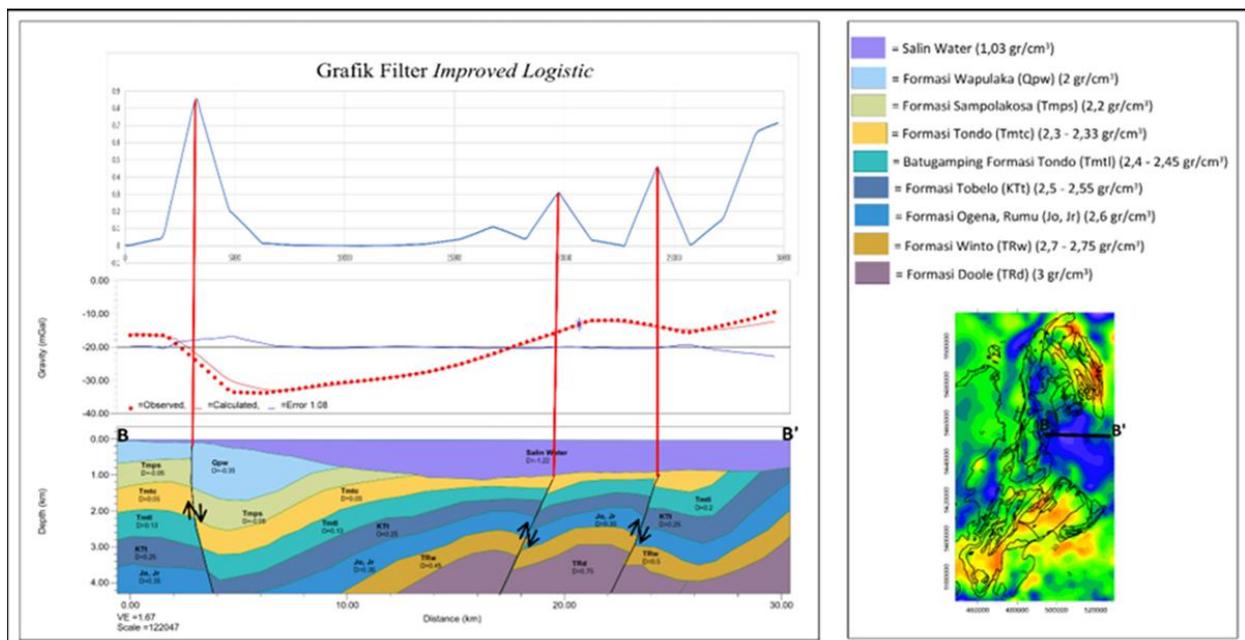
Berdasarkan model penampang C-C' (**Gambar 9**), lapisan basement yang diinterpretasikan sebagai formasi Doole (TRd) dengan densitas 2,9 gr/cm³, berada pada kedalaman ± 2 km dan semakin dalam ke arah Tenggara. Daerah pulau Muna didominasi oleh formasi Wapulaka (Qpw) berupa Batugamping terumbu dengan densitas 2 gr/cm³ yang sebagian besar tersebar di hampir seluruh daratan pulau Muna. Terdapat formasi batuan Ultrabasa

(Tukc) dengan densitas 3,1 gr/cm³ yang terangkat hingga ke permukaan. beberapa formasi batuan mulai dari formasi yang berumur Kuartar hingga Trias, yaitu Formasi Wapulaka (Qpw) yang memiliki densitas 2 gr/cm³, Formasi Sampolakosa (Tmps) dengan densitas 2,2 gr/cm³, Formasi Tondo (Tmtc) dengan densitas 2,3 gr/cm³, anggota Batugamping formasi Tondo (Tmtl) yang memiliki densitas 2,4 gr/cm³, formasi Tobelo (KTt) dengan densitas 2,5, Formasi Ogena dan

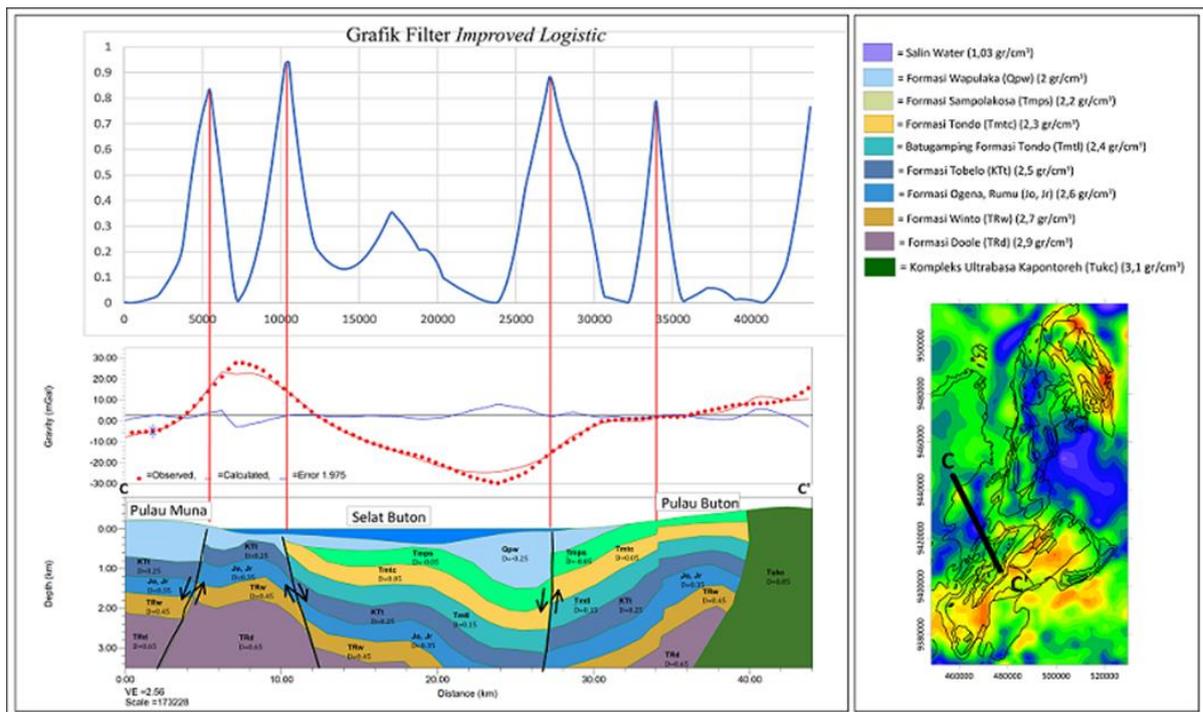
Formasi Rumu (Jo, Jr) dengan densitas 2,6 gr/cm³ dan Formasi Winto (TRw) dengan densitas 2,7 gr/cm³.



Gambar 7. Penampang sayatan A-A'



Gambar 8. Penampang sayatan B-B'



Gambar 9. Penampang sayatan C-C'

5. Pembahasan

Berdasarkan anomali Bouguer di daerah penelitian, pola anomali tinggi di daerah utara hingga timur diduga karena keberadaan formasi batuan tua yaitu formasi Doole yang muncul ke permukaan dan berada dekat dengan permukaan. Pola anomali sedang yang ditunjukkan berada dominan daerah baratdaya hingga ke tengah, dimana pada daerah ini dominasi formasi Sampolakosa dan formasi Tondo yang memiliki umur lebih muda. Sedangkan anomali rendah yang dominan berada di timur diduga merupakan daerah Sub-cekungan sedimen, dan anomali rendah di barat didominasi oleh formasi Wapulaka yang berumur jauh lebih muda.

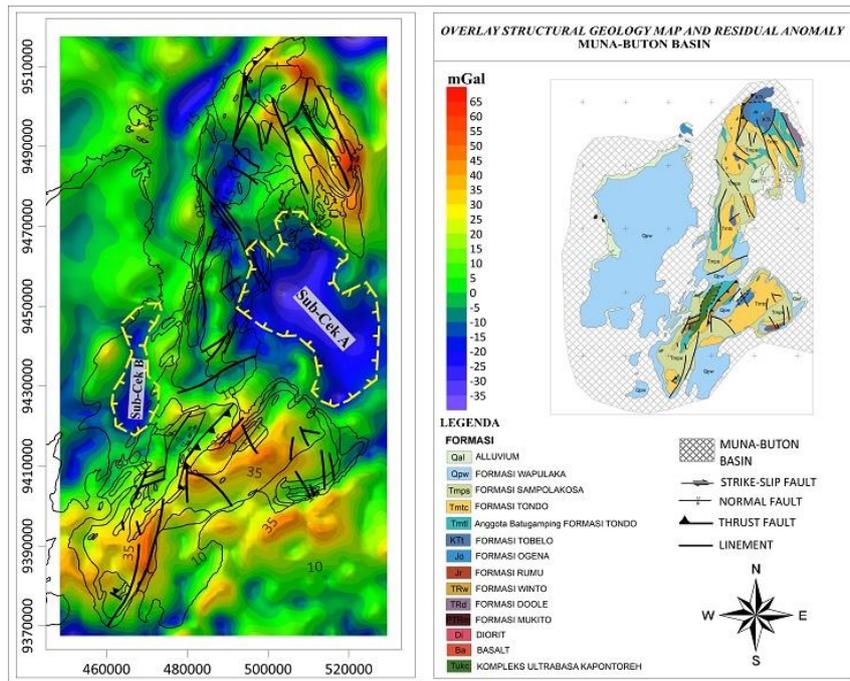
Anomali tinggian di daerah penelitian diduga merupakan representasi dari hasil tumbukan (collision) antara Pulau Buton yang merupakan kepingan Benua Australia dengan

Pulau Muna yang ada di Tenggara Sulawesi. Akibat dari tumbukan ini pula menyebabkan terjadinya deformasi yang membentuk cekungan Muna-Buton. Anomali rendahan atau depresi pada data anomali residual diinterpretasikan sebagai sub-cekungan yang ada di Cekungan Muna-Buton itu sendiri. Secara kualitatif, sub-cekungan yang ada di daerah penelitian dapat didelineasi dari peta anomali residual (**Gambar 10**). Secara kualitatif terdapat dua sub-cekungan yang bisa didelineasi yaitu sub-cekungan A yang berada di bagian timur dan sub-cekungan B yang berada di barat. Sub-cekungan A jika dikorelasikan dengan model rekonstruksi oleh Davidson, merupakan sub-cekungan Bulu, sedangkan sub-cekungan B merupakan sub-cekungan Selat Buton.

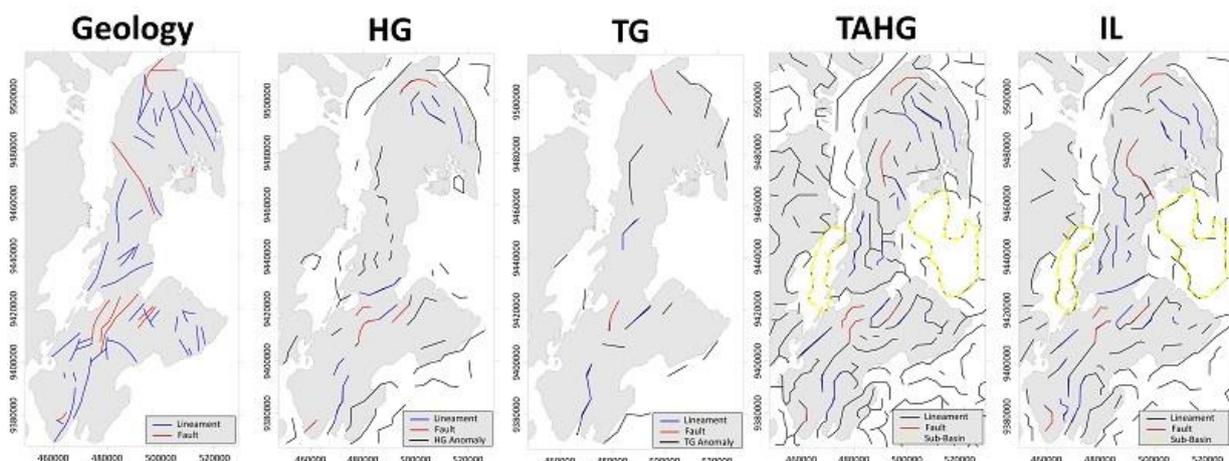
Dari hasil analisis gradien, terlihat bahwa peta HG dan TG menghasilkan puncak anomali yang cukup baik, namun menghasilkan gambar yang tidak seimbang

untuk tepi batas. Metode ini cenderung menghasilkan puncak anomali di atas pusat struktur. Dengan demikian kurang memungkinkan untuk menggambarkan kelurusan dari struktur bawah permukaan. Peta TAHG memberikan gambaran puncak

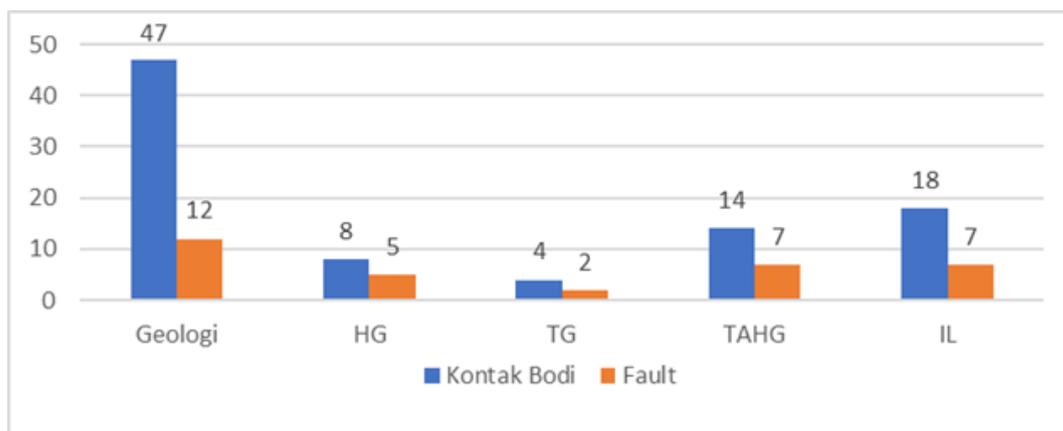
anomali atau batas kontak litologi yang cukup lebih baik jika dibandingkan dengan HG dan TG. Dengan demikian, metode TAHG lebih efektif digunakan dalam mendeteksi struktur atau batas kontak litologi.



Gambar 10. Overlay deliniasi sub-cekungan dari peta anomali residual dan model rekonstruksi pembentukan cekungan (Davidson, 1991).



Gambar 11. Peta struktur geologi, Peta Interpretasi deliniasi struktur HG, Peta Interpretasi deliniasi struktur TG, Peta Interpretasi deliniasi struktur TAHG, Peta Interpretasi deliniasi struktur IL



Gambar 12. Grafik perbandingan jumlah fitur hasil analisis gradien

Peta IL memperlihatkan kemiripan dengan peta TAHG. Namun, dengan metode IL lebih mempertajam sinyal anomali yang menunjukkan struktur atau batas kontak litologi. Dari hasil deliniasi yang diperoleh, menunjukkan beberapa kesesuaian dengan struktur geologi yang diinterpretasikan sebagai kontak bodi, patahan dan batas sub cekungan (**Gambar 11**).

Interpretasi deliniasi yang dilakukan merupakan hasil korelasi dengan peta struktur geologi di daerah penelitian. Beberapa fitur yang bisa diidentifikasi berupa kontak bodi, patahan dan juga batas sub-cekungan. Untuk memudahkan analisis penggunaan filter deteksi batas, dilakukan perbandingan jumlah fitur yang dihasilkan dari masing-masing filter yang digunakan (**Gambar 12**). filter TG kurang baik dalam menunjukkan fitur-fitur liniasi baik berupa kontak bodi maupun patahan. Sedangkan filter HG dapat menunjukkan fitur-fitur liniasi berupa kontak bodi ataupun patahan dengan cukup baik. Namun penggunaan filter TAHG dan IL jauh lebih baik dibandingkan dengan filter HG. Jumlah fitur liniasi yang diperoleh dengan

filter TAHG dan IL tidak jauh berbeda dan cenderung mirip. Hanya saja, pada filter IL memperlihatkan sinyal anomali yang lebih tajam jika dibandingkan dengan TAHG, sehingga menunjukkan fitur kontak bodi sedikit lebih banyak. Selain itu, puncak sinyal anomali Peta TAHG dan Peta IL menunjukkan kesesuaian dengan batas sub-cekungan yang diidentifikasi sebelumnya yang tidak nampak pada filter HG dan TG. Namun demikian, terdapat beberapa struktur geologi yang kurang bersesuaian dengan peta IL yang dihasilkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penyelidikan lebih lanjut terkait teknik filter IL ini.

Model penampang sayatan A-A' (**Gambar 7**) juga dikorelasikan dengan grafik respon analisis gradien dengan menggunakan filter IL. Berdasarkan respon IL yang dihasilkan, terdapat empat puncak respon anomali yang di indikasikan sebagai batas kontak atau struktur geologi. Puncak respon anomali pertama bersesuaian dengan batas kontak antara Formasi Sampolakosa (Tmps) dan Formasi Tondo (Tmtc) di sisi barat. Selanjutnya puncak respon anomali

bersesuaian dengan batas struktur yang diinterpretasikan sebagai sesar naik. Kemudian terdapat puncak respon anomali yang bersesuaian dengan batas struktur geologi di sisi timur, yang diinterpretasikan sebagai sesar normal. Sisi timur penampang memperlihatkan anomali Bouguer yang rendah, hal ini diduga akibat dari kontrol struktur geologi berupa sesar normal. Sesar normal yang terbentuk menghasilkan blok sesar dengan memperlihatkan struktur *half-graben*.

Berdasarkan model penampang sayatan B-B' (**Gambar 8**), struktur geologi yang berkembang di area ini yaitu terdiri dari lipatan dan patahan. Struktur patahan yang dimodelkan bersesuaian dengan hasil respon analisis gradien filter IL. Puncak respon anomali menunjukkan batas struktur geologi pada model penampang sayatan B-B'. Satyana (2013), menyatakan bahwa struktur patahan yang ada di area ini didominasi oleh sesar-sesar anjak sebagai akibat dari tumbukan antara pulau Buton dan kepulauan Tukang-Besi.

Struktur geologi yang terdapat di area penampang C-C' (**Gambar 9**) terdiri dari struktur lipatan dan patahan. Berdasarkan korelasi hasil model penampang dengan grafik analisis gradien menggunakan filter IL, terdapat 4 batas struktur yang bisa diinterpretasi. 2 batas struktur di area barat laut dekat pulau Muna, dan 2 batas struktur di area Tenggara dekat Pulau Buton. Struktur tersebut diinterpretasikan sebagai blok sesar normal menyerupai struktur wrench-related anticline yang membatasi sub-cekungan di Selat Buton. Namun, terdapat satu puncak

anomali filter IL dekat Pulau Buton yang tidak memperlihatkan kesesuaian dengan pola anomali bouguer pada area tersebut. Hal ini tentunya menjadi perhatian khusus terkait dengan penerapan filter IL ini. Satyana (2013) menyatakan bahwa sub-cekungan Selat Buton ini dihasilkan dari proses relaksasi pasca terjadinya tumbukan antara Pulau Buton dan Pulau Muna.

6. Kesimpulan

Analisis gradien dengan *teknik improved logistic filter* menunjukkan batas struktur dan kontak litologi yang lebih baik dibandingkan teknik *horizontal gradient*, *total gradient*, dan *tilt-angle horizontal gradient*. Peta IL menunjukkan tren yang sama dengan struktur geologi daerah penelitian yaitu bagian utara berarah barat laut – tenggara, sedangkan bagian selatannya memiliki tren berarah timurlaut – baratdaya. Selain itu, puncak anomali IL juga menunjukkan kesesuaian dengan batas sub-cekungan yang diidentifikasi sebelumnya, dimana secara kualitatif terdapat dua sub-cekungan yang bisa didelineasi yaitu sub-cekungan A yang berada di bagian Timur merupakan sub-cekungan Bulu dan sub-cekungan B yang berada di Barat merupakan sub-cekungan Selat Buton. Berdasarkan hasil pemodelan kedepan 2D pada masing-masing sub-cekungan Muna-Buton, lapisan basement diindikasikan berada pada estimasi kedalaman paling dangkal 2 km di sub-cekungan Selat Buton dan estimasi kedalaman paling dangkal 3 km di sub-cekungan Bulu Basin. Kedalaman lapisan basement tersebut

semakin dalam ke pusat cekungan hingga mencapai lebih dari 4 km.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan serta Sekolah Pascasarjana Institut Teknologi Bandung atas dukungan administratifnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Cordell, L. E. dan Grauch, V. J. S. (1985): Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan Basin New Mexico: in Hinze, W. J., ed., Utility of regional gravity and magnetic maps, *Society of Exploration Geophysicists*, 181-197.
- Darisma, D., Marwan, dan Ismail, N. (2019): Geological Structure Analysis of Satellit Gravity Data in Oil and Gas Prospect Area of West Aceh-Indonesia, *Journal of Aceh Physics Society*
- Davidson, J. W. (1991): The Geology and Prospective of Buton Island, S.E. Sulawesi, Indonesia, Proceedings Indonesia Petroleum Association, *20th Annual Convention*, h.209-233.
- Fanchi, J. R. (2002): *Shared Earth Modeling*, Colorado: Butterworth-Heinemann
- Ferreira, F. J. F., de Souza, J., de B. e S. Bongiolo, A., dan de Castro, L.G. (2013): Enhancement of the total horizontal gradient of magnetic anomalies using the tilt angle, *Geophysics*, 78 (3), J33-J41.
- Hadiwisastra, S., (2009): Kondisi Aspal Alam dalam Cekungan Buton, *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, Vol. 19, No. 1, Hal. 49-57.
- Hwang C and Parsons B 1995 Gravity anomaly derived from seasat, geosat, ers-1, and topex/poseidon altimetry and ship gravity: a case study over the reykjanes ridge, *Geoph. J. Int.* 122 551-568
- Pham, L. T., Eldosouky, A. M., Melouah, O., Abdelrahman, K., Alzahrani, H., Oliveira, S. P., dan Andras, P. (2021): Mapping Subsurface Structural Lineaments Using the Edge Filters of Gravity Data, *Journal of King Saud University – Science*, 3.
- Pham, L. T., Oliveira, S. P., Le, M. H., Trinh, P. T., Vu, T. V., Duong, V., Ngo, T. T., Do, T. D., Nguyen, T. H., dan Eldosouky, A. M. (2021): Delineation of Structural Lineaments of Southwest Sub-basin (East Vietnam Sea) Using Global Marine Gravity Model from CryoSat-2 and Jason-1 Satellites, *Geocarto International*, 37.
- Reynolds, J. M. (1997): *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, John Wiley & Sons Ltd, England.
- Roest, W. R. J., Verhoef, J., dan Pilkington, M. (1992): Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal. *Geophysics*, 57 (1), 116-125.
- Satyana, A.H., Irawan, C., dan Kurniawan, W. (2013): Revisit and Geochemistry of Buton Asphalt Deposits, SE Sulawesi: Implication for Petroleum Exploration of Buton Area, Proceedings, Indonesian Petroleum Association, *37th Annual Convention & Exhibition*.
- Setiadi, I., Widodo, J., Nainggolan, dan Nainggolan, T. B. (2021): Geological interpretation of offshore Central Sumatra basin using topex satellite gravity data, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 944
- Sikumbang, N., Sanyoto, P., Supandjono, R. J. B. dan Gafoer, S. (1995): *Peta Geologi Lembar Buton, Sulawesi Tenggara skala 1:250,000*, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi.
- Sompotan, A. F. (2012): *Struktur Geologi Sulawesi*, ITB Earth Science Library, Bandung.