

Pola Anomali Geomagnet Daerah Pulau Taliabu dan Pulau Mangole, Maluku Utara

Geomagnet Anomaly Pattern in The Taliabu and Mangole Islands, North Maluku

Daulat Adrian Nainggolan

Pusat Survei Geologi, Jalan Diponegoro 57 Bandung

Abstrak - Daerah penelitian merupakan suatu cekungan frontier yang diharapkan bisa menghasilkan hidrokarbon. Secara umum besaran nilai anomali magnet total di daerah ini menunjukkan nilai yang sangat rendah yaitu berkisar dari -200 sampai -467nT. Anomali magnet ini sangat berbeda dengan anomali gayaberas yang mempunyai besaran yang sangat tinggi (189- 320 mGal) dan merupakan daerah yang mempunyai nilai anomali paling tinggi di Indonesia. Dari hasil interpretasi kualitatif anomali geomagnet total Cekungan Taliabu terletak di sebelah barat Jorjoga menerus ke arah tenggara sampai pertengahan P. Taliabu. Dari sini membelok ke arah timur melalui Pelita di ujung barat P. Mangole sampai Fegudu di timur P. Mangole.

Kata kunci - hidrokarbon, anomali magnet total, cekungan P. Taliabu dan P. Mangole.

Abstrak - The research area is a frontier basin and supposed to be able to produce hydrocarbon. Generally, the magnetic anomaly in this area is very low ranging from -200 nT to -467 nT. This magnetic anomaly is very different with high Bouguer anomaly ranging from 189 to 320 mGal, and is representing the highest Bouguer anomaly in Indonesia. Qualitative interpretation of the geomagnetic anomaly identified that the Taliabu basin is situated in western of Jorjoga to the southeast until the middle of Taliabu Island, and finally turn to the east through the Pelita region in the western edge of Mangole Island until Fegudu Village in eastern part of Mangole Island.

Keywords - hydrocarbon, total magnetic anomaly, Taliabu and Mangole Islands basin.

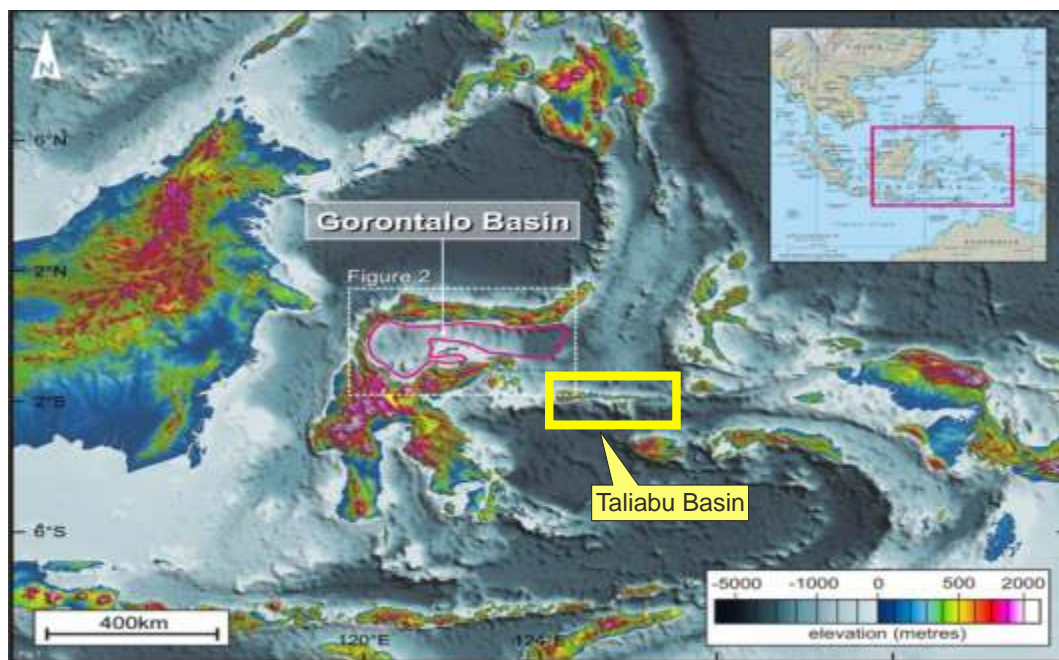
PENDAHULUAN

Pada tahun 2012 Pusat Survei Geologi Badan Geologi Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, melakukan penelitian Geofisika (Geomagnet) di Cekungan Luwuk - Banggai, Pulau Taliabu dan Pulau Mangole, Maluku Utara. Daerah ini termasuk kedalam daerah Peta Geologi Lembar Banggai dan Lembar Sanana (Sekala 1:250.000).

Pada tahun 1993 Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung telah selesai melakukan pemetaan geologi, dan pada tahun 1987 hingga 1988 bekerjasama dengan Britoil melakukan penelitian pendahuluan migas didaerah ini. Daerah penelitian memiliki topografi perbukitan, dengan ketinggian dari 400 – 1000 meter diatas permukaan laut. Batuan sedimen Formasi Buya menempati hampir 70 % daerah penelitian, selebihnya terdiri dari granit dan batuan vulkanik. Beberapa rembesan migas dijumpai di daerah

Falabisahaya dan Mondafuhi di pantai utara Pulau Mangole, berasal dari Formasi Tanamu berumur Miosen (Suroso dan Sukarna., 1993). Batuan waduk berupa batupasir, konglomerat dan batugamping terumbu Formasi Buya dan batupasir Formasi Bobong berumur Jura dengan *total organic content* (TOC) mencapai 33.8 % . Batuan induk terdiri dari serpih Jura Atas – Kapur Bawah dari Formasi Buya. Akan tetapi keberadaan migas didaerah ini hingga sekarang belum diketahui penyebarannya karena penelitian geofisika terinci belum pernah dilakukan.

Bertitik tolak dari informasi di atas, diduga di daerah penelitian telah terbentuk cekungan migas yang dicirikan dengan terbentuknya beberapa lokasi rembesan migas ke permukaan. Dengan dilakukannya pengukuran geomagnet terinci interval 500 -2000 meter diharapkan dapat melokalisir struktur-struktur tutupan antiklin sebagai perangkap struktur yang diduga terkait dengan migas.



Gambar 1. Peta indeks (petunjuk) Daerah Penelitian (Hasanusi, drr, 2007).

Dengan melokalisir batuan waduk di bawah permukaan, menentukan ketebalan lapisan batuan, dimensi cekungan, struktur patahan, sinklin, antiklin dan menentukan kedalaman batuan dasar maka diharapkan batuan waduk dari migas dapat diketahui.

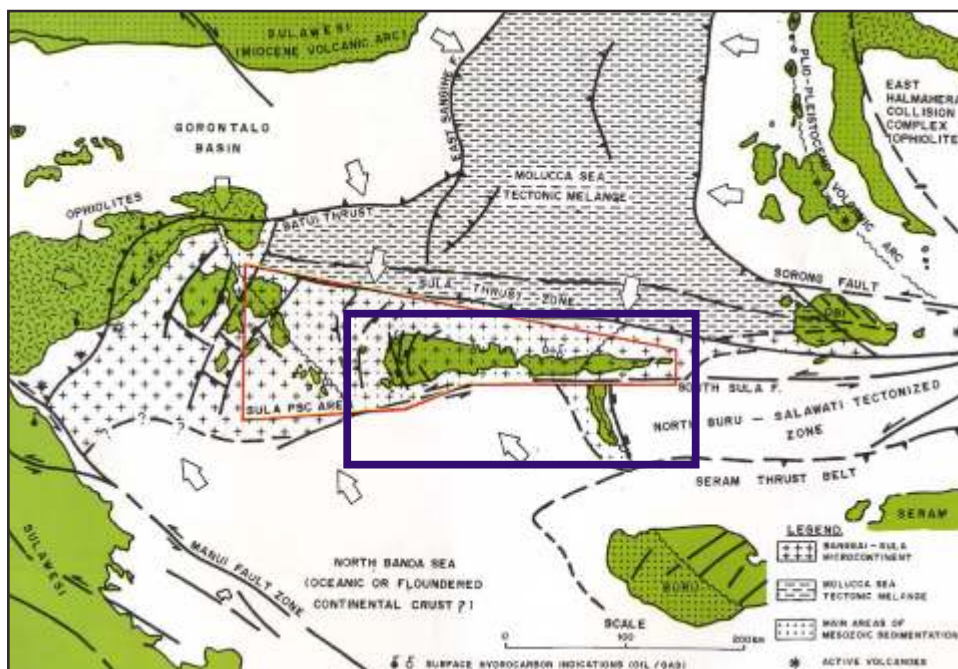
GEOLOGI UMUM DAERAH PENELITIAN

Daerah penelitian ditempati oleh batuan malihan, gunungapi, dan granit berumur Paleozoikum-Trias (Gambar 2). Ketiga jenis batuan ini tertindih endapan klastika dan karbonat yang berumur Jura-Kapur. Batuan tertua di lembar ini adalah batuan malihan (Pzm) terdiri dari sekis, sekis mika, genes, filit, batupasir malih dan argilit yang berumur Karbon. Di atasnya secara tak selaras terendapkan batuan gunungapi Mangole yang diduga berumur Permo-Trias. Batuannya terdiri dari tuf terkersikkan, ignimbrit, tuf lapilli dan breksi gunungapi. Pluton granit yang berumur Permo-Trias menerobos batuan malihan itu. Hubungannya dengan batuan gunungapi Mangole tidak diketahui dengan pasti. Granit yang terdapat di sini disebut Granit Banggai terdiri dari granit dan granodiorit. Batuan itu bersama batuan malihan dan batuan gunung api dalam perkembangan selanjutnya merupakan alas dan sumber dari satuan batuan yang terendapkan kemudian (Surono dan Sukarna, 1993).

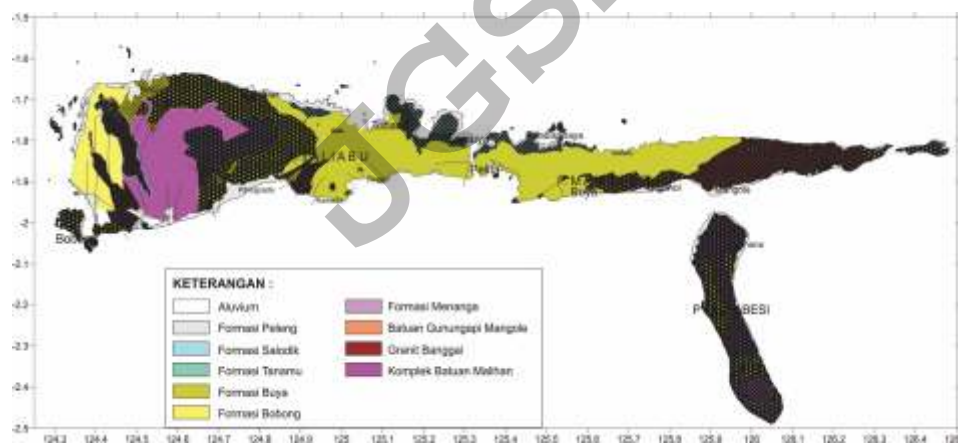
Secara tak selaras batugamping Nofanini menindih batuan alas, terdiri dari batugamping hablur dan

batugamping koral diduga berumur Trias. Formasi Bobong, Formasi Buya dan Formasi Tanamu menindih takselaras batuan alas. Formasi Bobong terdiri dari perselingan konglomerat, batupasir dan serpih bersisipan batubara. Formasi ini diduga berumur Jura Awal-Jura Tengah. Formasi Buya berumur Jura Tengah-Jura Akhir terdiri dari serpih bersisipan batupasir, batugamping, napal dan konglomerat. Batuan alas Formasi Kabau dan Formasi Buya diterobos oleh tubuh kecil-kecil batuan beku bersusunan basalt dan diabas. Formasi Tanamu berumur Kapur Akhir menindih takselaras Formasi Buya. Batuannya terdiri dari napal, batugamping kapuran dan serpih. Formasi Tanamu tertindih takselaras Formasi Salodik berumur Miosen Awal-Miosen Tengah. Formasi itu terdiri dari batugamping bersisipan batupasir (Surono dan Sukarna, 1993).

Struktur geologi di daerah ini berupa lipatan, sesar dan kekar dan pada potret udara dapat dikenali sejumlah kelurusan. Lipatan berupa antiklin berarah barat-timur dan utara-selatan, terdapat di Pulau Sanana melipat Formasi Kabau. Batuan termuda yang ikut tersesarkan adalah Formasi Buya yang dibentuk oleh arah gaya utara selatan yang membentuk antiklin berarah timur-barat dan sesar geser di dekat Lekokadai, P. Mangole arah utara selatan. Akibat sesar ini, Formasi Tanamu yang berumur Kapur Akhir terdeformasi dan tergeser. Sesar turun berarah utara-selatan, diduga terbentuk Miosen Awal - Miosen Tengah pada waktu terjadinya tumbukan antara Benua Renik Banggai-Sula Sulawesi



Gambar 2. Struktur regional daerah Sulawesi timur dengan Cekungan Taliabu memperlihatkan tumbukan Mikro Kontinen Banggai Sula dengan Jalur sesar Sorong ke arah Barat (Hasanusi, drr., 2007).

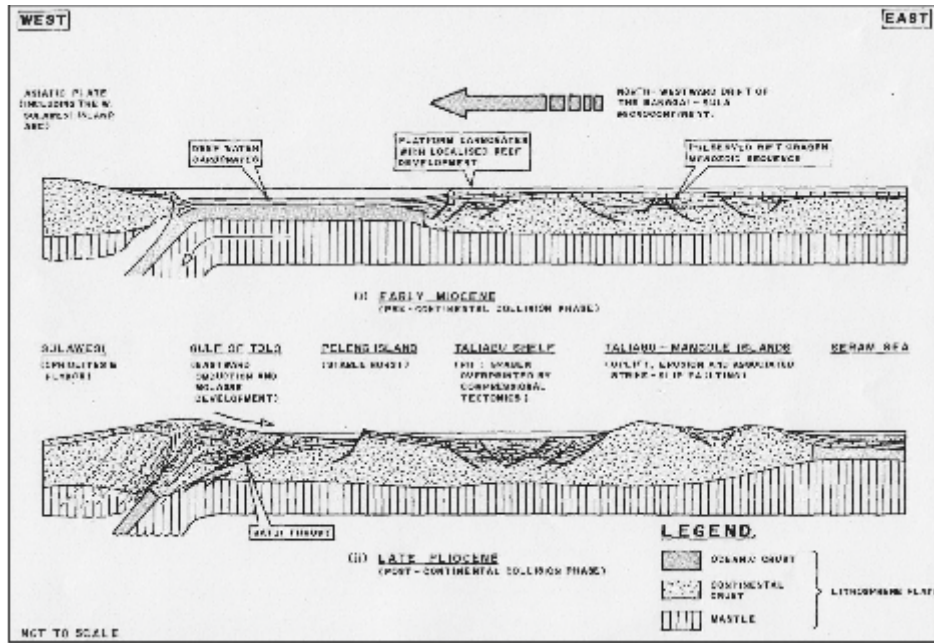


Gambar 3. Peta Geologi Lembar Taliabu dan Sanana (Supanjono, drr,1993; Surono, drr, 1993).

Timur dan Sulawesi Barat yang sebelumnya saling terpisah. Sejarah geologi Lembar Sanana berawal pada Zaman Karbon, ketika terjadi pemalihan regional (Surono dan Sukarna, 1993). Pada Permo-Trias menyusul pengendapan batuan gunungapi Mangole, dan terjadi penerobosan granit kedalam batuan malihan (Gambar 3).

Ketiga jenis batuan ini mencirikan batuan asal benua yang diduga merupakan bagian dari lempeng Benua Australia dan merupakan alas dari batuan yang terbentuk kemudian. Zaman Jura Awal terjadi

pengangkatan yang disusul penurunan kembali sehingga terjadi cekungan paparan benua. Pada cekungan ini terendapkan sedimen klastika kasar Formasi Kabauw berlangsung hingga Jura Tengah. Dalam kurun waktu yang sama mulai diendapkan sedimen klastika halus Formasi Buya didalam cekungan laut dangkal, dan setempat laut dalam. Pada Kapur awal terjadi penerobosan retas diabas dan basal yang diikuti pengangkatan. Pada saat pengangkatan, pelipatan dan pensesaran waktu Kapur Akhir, diendapkan sedimen karbonat Formasi Tanamu (Surono dan Sukarna., 1993).



Gambar 4. Tektonik Banggai-Sula Mikrokontinen (Garrad., Surono., Supanjono,J.B., 1988)

Pada Kala Pliosen dan Miosen Awal terjadi genang laut dan terjadi pengendapan sedimen karbonat dan klastika halus Formasi Pancoran dan pengendapan berlangsung terus sampai Miosen Tengah (Supandjono dan Haryono, 1993).

Pada Akhir Miosen Tengah terjadi tumbukan antara Benua Renik Banggai-Sula (Mendala Banggai-Sula), kerak Samudra Sulawesi Timur (Mendala Sulawesi Timur) dan Kerak Benua Sulawesi Barat (Mendala Sulawesi Barat). Akibatnya di daerah ini terjadi pengangkatan, perlipatan dan penyesaran yang kuat. Pada Plio-Plistosen daerah ini mengalami deformasi dan terjadi genang laut dengan pembentukan terumbu koral sepanjang pantai (Supandjono dan Haryono, 1993).

Stratigrafi di Benua Renik Banggai-Sula sangat mirip dengan batuan seumur dari Kraton Australia di Papua New Guinea yang kini terpisah lebih 1200 km ke timur. Berdasarkan hal tersebut diduga Benua Renik Banggai-Sula berasal dari Kraton Australia (Garrad drr, 1988., Charlton, 2000) yang telah teralih tempatkan lebih dari 2.500 km (Gambar 4 dan 5).

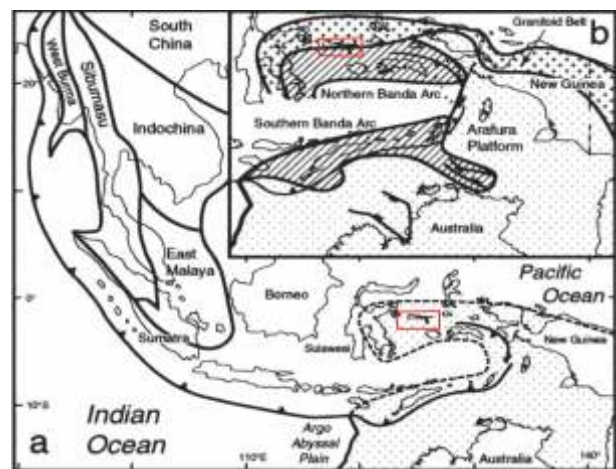
Anomali Gayaberat

Besaran anomali gayaberat di daerah penelitian mempunyai kisaran dari 189 mGal sampai dengan 320 mGal (Mirnanda drr, 2004.,Setianta, 2007), merupakan nilai anomali gayaberat tertinggi di Indonesia (Gambar 6). Besarnya nilai anomali gayaberat di daerah ini (189-

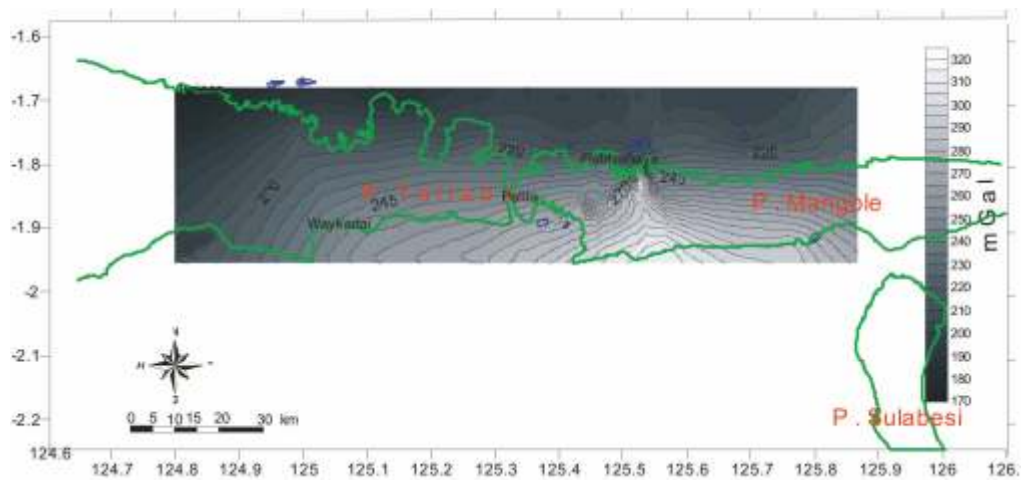
320mGal) mencerminkan bahwa kerak samudra mendekati permukaan.

METODE GEOMAGNET

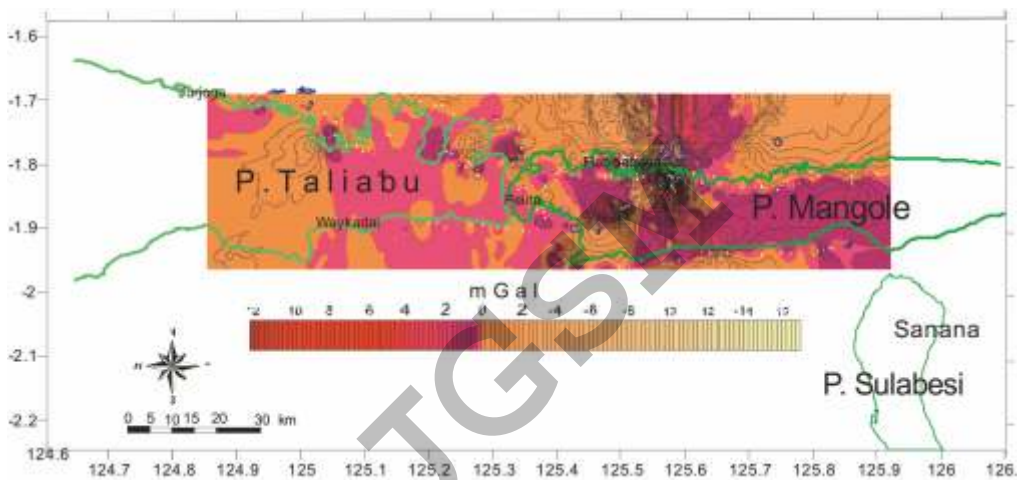
Penelitian dengan metoda Geomagnet pada prinsipnya adalah mengukur variasi intensitas medan magnet di permukaan bumi. Apabila bentuk bumi benar-benar bundar dan tersusun oleh bahan yang homogen, maka pola medan magnet akan berbentuk sebagaimana yang diperlihatkan oleh benda magnet berbentuk bundar. Kutub utara dan selatan magnet berada disekitar kutub utara dan selatan geografi.



Gambar 5. Tektonik Regional Indonesia bagian Timur (Charlton, 2000).



Gambar 6a. Pate Kontur Anomali Bouguer Daerah Penelitian



Gambar 6b. Peta Kontur Anomali Bouguer Sisa Daerah Penelitian

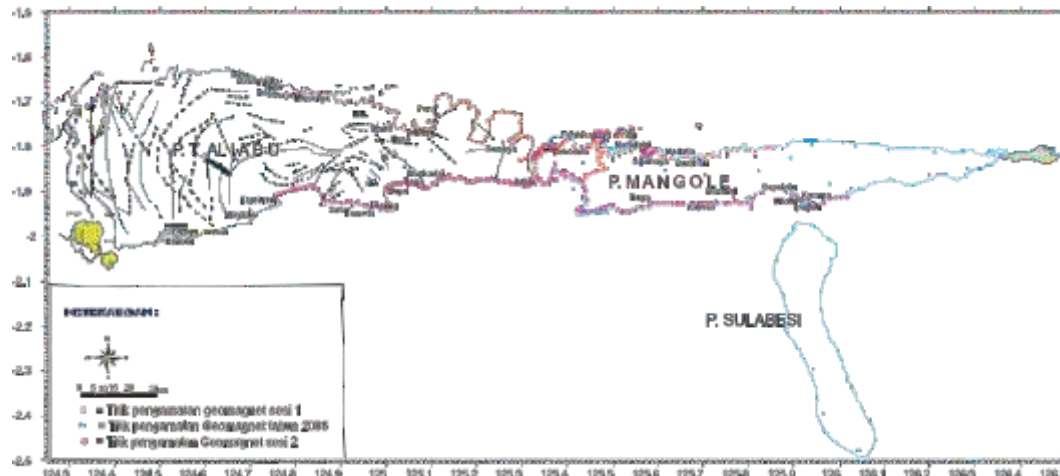
Dalam kenyataannya, bentuk bumi tidak benar-benar bundar dan ada pemipihan disekitar kedua poros rotasinya, demikian juga bahan-bahan yang menyusunnya terdiri atas bermacam-macam batuan. Salah satu faktor penting yang dapat membedakan batuan yang satu dengan lainnya adalah variasi perbedaan distribusi batuan termagnetisasi di bawah permukaan bumi, seperti perbedaan susunan mineral ferromagnetik dalam batuan. Mineral-mineral ferromagnetik ini antara lain adalah magnetit, ilmenit dan piritit. Sekalipun jumlah jenis mineral ini relatif sedikit akan tetapi sudah cukup untuk dapat terimbas oleh medan magnet bumi. Imbasan ini dapat bersifat permanen dan remanen yang dapat menyebabkan perubahan kerapatan fluks magnetik dengan arah dan intensitas medan magnet bumi setempat. Perubahan inilah yang dapat diamati besarnya seperti mineral-mineral oksida, dari magnetik dan hematit, dan mineral

sulfida yang mengandung unsur Fe (besi) seperti piritit, pirit, sfalerit, kalkopirit, bornit dan lain-lain, yang dapat terbentuk bersamaan dengan mineral hidrotermal dari emas dan perak.

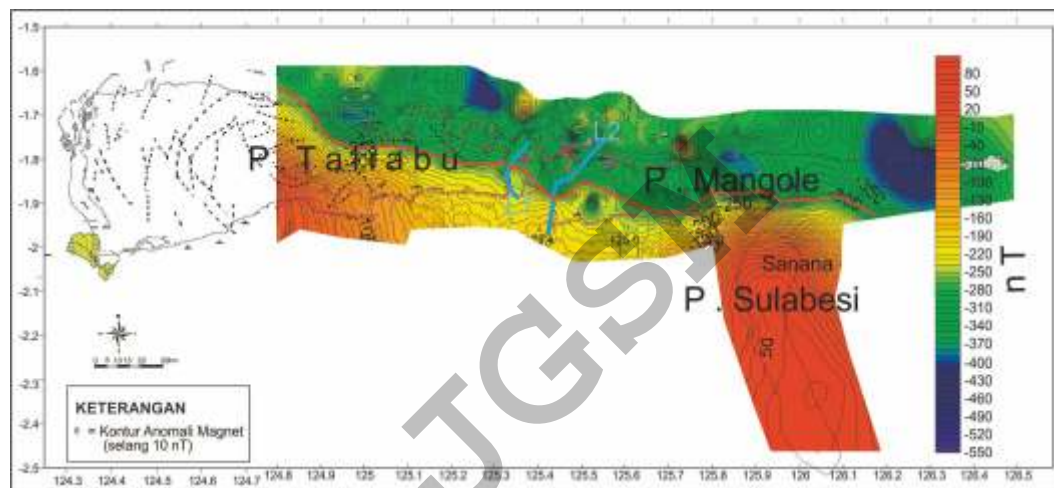
Untuk menghilangkan faktor-faktor yang mempengaruhi harga pengukuran, maka perlu dilakukan koreksi, karena kesalahan yang kecil pun akan berakibat perubahan besar dalam hasil akhir. Koreksi dimaksud adalah koreksi variasi harian.

Perhitungan Anomali Magnet

Untuk penelitian regional, perlu dilakukan koreksi regional dengan menggunakan peta isodinamis, yaitu peta yang menggambarkan tempat-tempat di permukaan bumi yang mempunyai harga intensitas magnet yang sama.



Gambar 7. Peta sebaran titik amat Geomagnet.



Gambar 8. Peta anomali magnet total daerah Taliabu – Mangole

Untuk keperluan ini hendaknya dipilih peta isodinamis yang terbaru yang dikeluarkan oleh *International Geomagnetic Reference Field (IGRF)*. Dalam hal penyelidikan yang bersifat lokal koreksi regional tidak diperlukan.

Anomali magnet pada setiap titik ukur merupakan hasil pengurangan intensitas medan pengamatan lapangan dengan harga rata-rata intensitas medan magnet bumi yang dapat dihitung dengan rumus :

$$H = H_p \pm H_{vh} - H_o$$

Dimana :

H = Medan magnet

H_p = Intensitas medan hasil pengamatan

H_{vh} = Koreksi harian

H_o = Harga rata-rata intensitas medan magnet bumi untuk daerah yang bersangkutan (IGRF)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini sebanyak 445 titik amat geomagnet dihasilkan. Jarak titik amat satu dengan yang lain sekitar 1000 meter dan 500 meter (bila jalan kaki), dan penyebarannya seperti pada gambar 7.

Analisa Kualitatif

Anomali Magnet Total

Besaran anomali magnet total di daerah penelitian mempunyai kisaran dari 11,2 nT sampai dengan -467,3 nT. Pada umumnya landaian anomali di daerah penelitian berarah hampir utara – selatan, kecuali di P. Sulabesi (Sanana) yang mempunyai arah hampir timur – barat (Gambar 8).

Besaran anomali magnet total yang cukup rendah di daerah penelitian, khususnya di daerah ” cekungan ” (-

150 s/d -467 nT), sedangkan anomali gayaberatnya cukup tinggi (189 s/d 280 mGal) menunjukkan beberapa hal sebagai berikut :

- Batuan sedimen yang terdapat di daerah cekungan terdiri dari sedimen yang bersifat gampingan yang bersifat non magnetik.
- Batuan dasar yang mengalasi batuan sedimen daerah cekungan tersebut telah mengalami demagnetisasi dalam proses pembentukannya ataubatuan dasar yang mengalasi batuan sedimen tersebut mengandung mineral dari unsur hematit ($\text{Fe}_2\text{O}_3\text{OH}_4$), dimana mineral ini biasanya mempunyai kerentanan magnet (*supceptibility*) yang Negatif (Paransis, 1986., Nainggolan, 1989).

Dari besaran anomali magnet total daerah penelitian di bagi menjadi dua yaitu :

1. Daerah anomali tinggi (-200 nT), menempati bagian selatan daerah penelitian yaitu dari pantai utara P. Sulabesi (Sanana) menerus ke arah barat sampai memasuki pantai selatan P. Taliabu di Bega (Gambar 8).
2. Daerah anomali rendah (-200 nT), menempati semua bagian utara daerah penelitian, yaitu mulai dari timur Jorjoga (pantai utara P. Taliabu) menerus ke timur sampai P. Mangole (Gambar 8). Daerah anomali ini diinterpretasikan merupakan gambaran “Cekungan Taliabu – Mangole”.

Untuk melihat/memperjelas bentuk cekungan serta depocenternya, maka data anomali magnet total hasil lapangan di tapis (*filter*), sehingga menghasilkan bentuk anomali seperti pada Gambar 9.

Dari anomali magnet hasil tapisan ini bisa ditarik garis

batas cekungan dan batas *depocenter*-nya (Gambar 9). Untuk memperjelas kenampakan lineasi/kelurusan dari anomali magnet total dihitung anomali magnet sisanya dengan cara *polynomial* sehingga dihasilkan pola anomali sisa (Gambar 10). Besaran anomali magnet sisa di daerah penelitian hanya berkisar dari 9 nT sampai dengan -13 nT, hal ini menandakan bahwa :

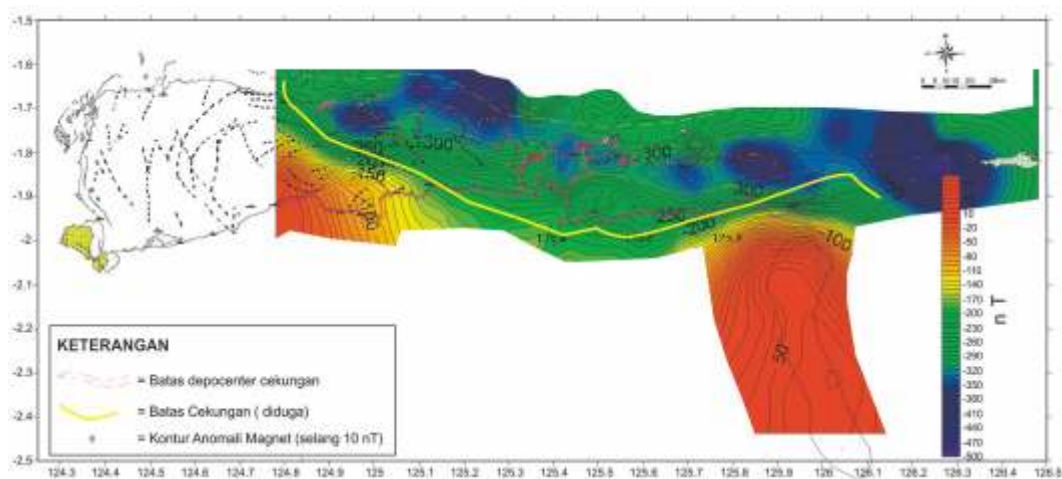
1. Hanya ada sekitar 22 nT rentang anomali di daerah penelitian, yang berarti bahwa variasi anomali tersebut dihasilkan dari kelurusan atau lineasi yang terdapat di daerah tersebut.
2. Bulatan – bulatan kontur anomali magnet sisa yang di duga dihasilkan dari lineasi atau kelurusan lebih banyak terdapat di P. Mangole (sekitar Falabisaya) daripada di P. Taliabu. Ini memberikan indikasi bahwa perkembangan tektonik lebih aktif di P. Mangole daripada di P. Taliabu sesudah Cekungan tersebut terbentuk.

Analisa Kuantitatif

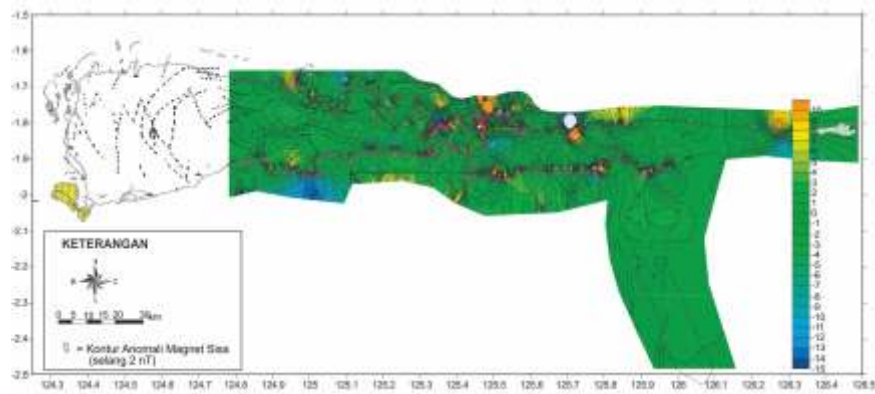
Dalam penafsiran kuantitatif ini dibuat dua buah penampang anomali magnet yang berarah hampir utara –selatan yaitu penampang/lintasan L1 dan L2.

Penampang/lintasan L1. Penampang ini dibuat sepanjang pantai barat Pulau Mangole, dan panjang lintasan sekitar 16 kilometer. Besaran nilai anomali magnet total pada lintasan ini mempunyai kisaran dari – 220 nT s/d -315 nT (Gambar 11).

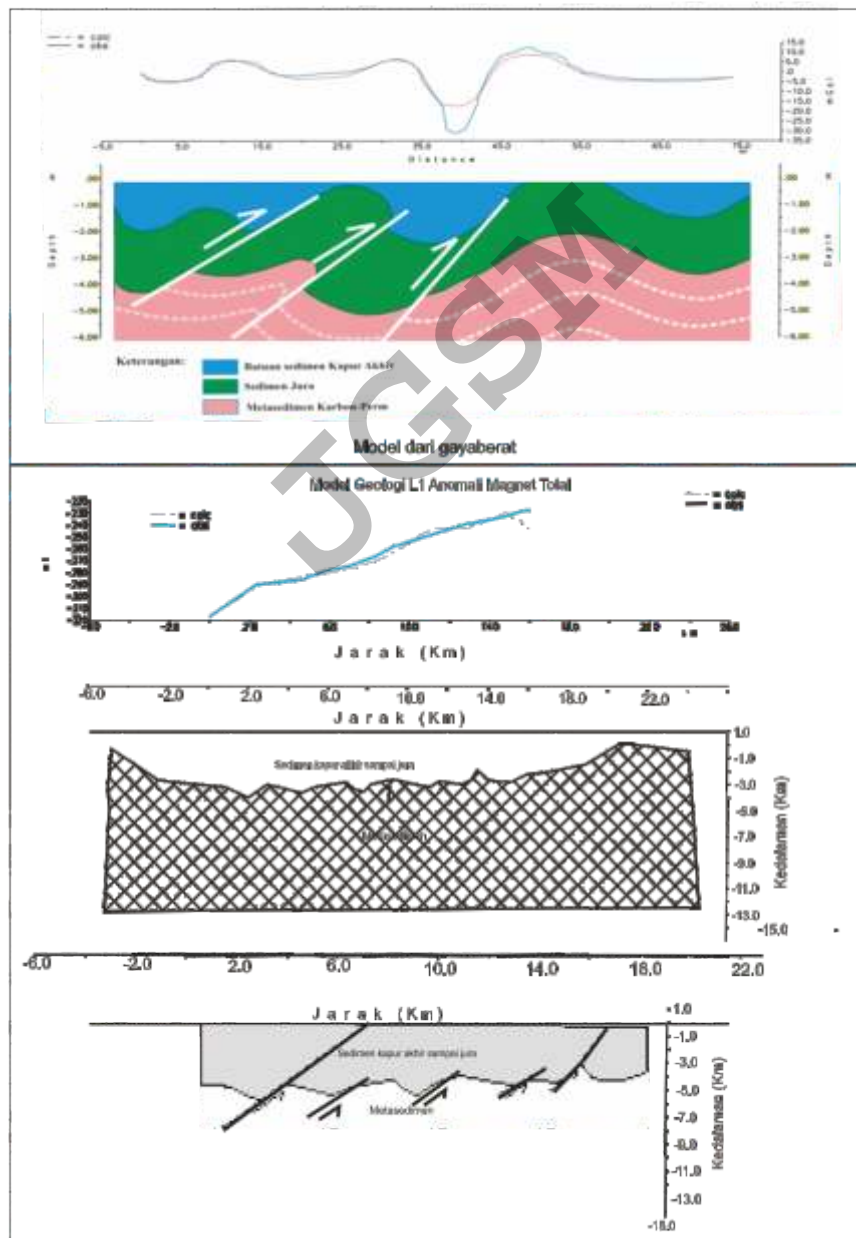
Penampang/lintasan L2. Penampang ini dibuat dari Pulau Pastabulu ke arah selatan sampai Tanjung Kausigi (barat Aponia), dan panjang lintasan sekitar 28 kilraometer. Besaran nilai anomali magnet total pada lintasan ini mempunyai kisaran dari -160 nT s/d -330 nT(Gambar 12).



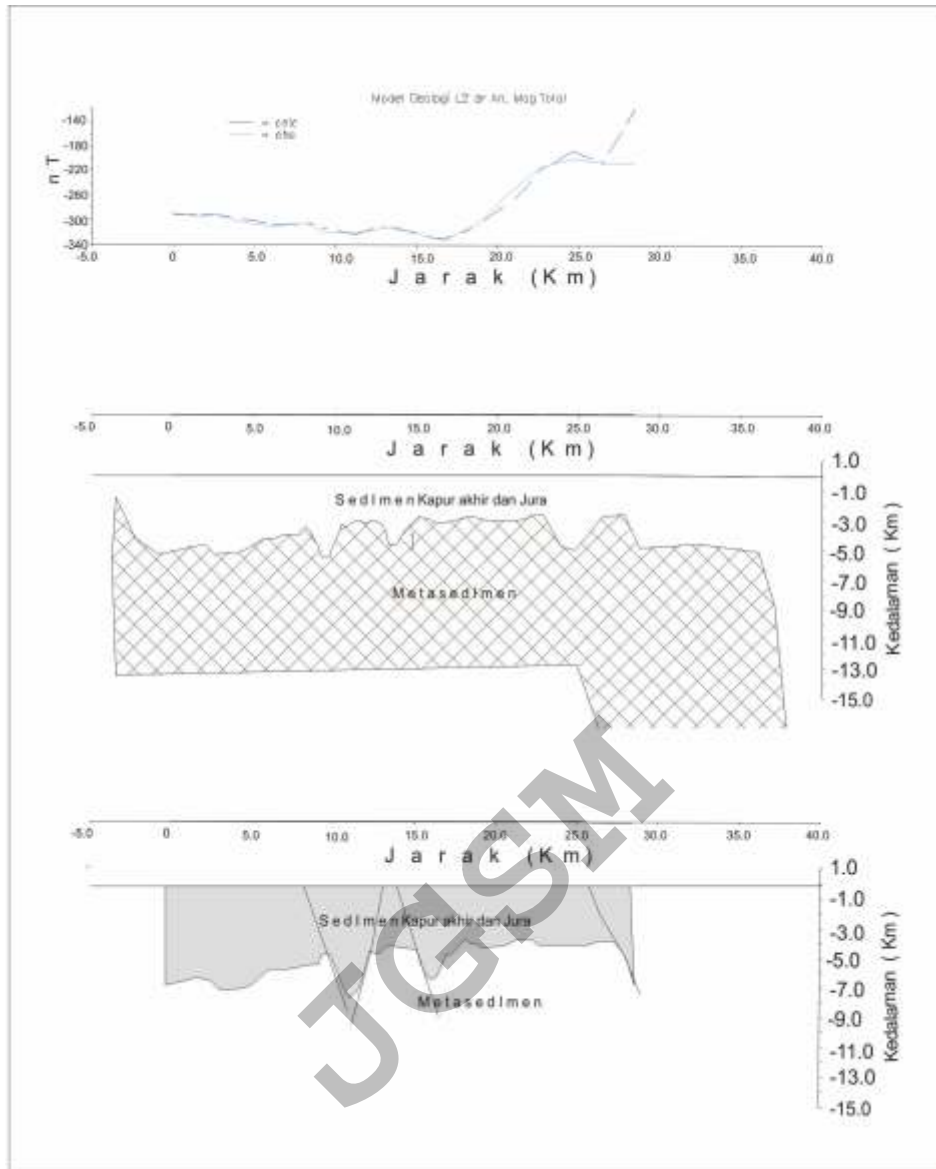
Gambar 9. Peta anomali magnet total hasil tapisan (filtering).



Gambar 10. Peta anomali magnet sisa daerah penelitian.



Gambar 11. Model geologi hasil pemodelan anomali magnet pada lintasan L1



Gambar 12. Model geologi hasil pemodelan anomali magnet total pada lintasan L2.

Kedua model geologi dari penampang L1 dan L2 mempunyai kisaran nilai anomali magnet total dari -160 nT s/d -330 nT. Hal tersebut diatas diduga bahwa anomali tersebut dihasilkan dari batuan metasedimen (?) yang telah mengalami proses demagnetisasi (pengutuban terbalik).

KESIMPULAN DAN SARAN

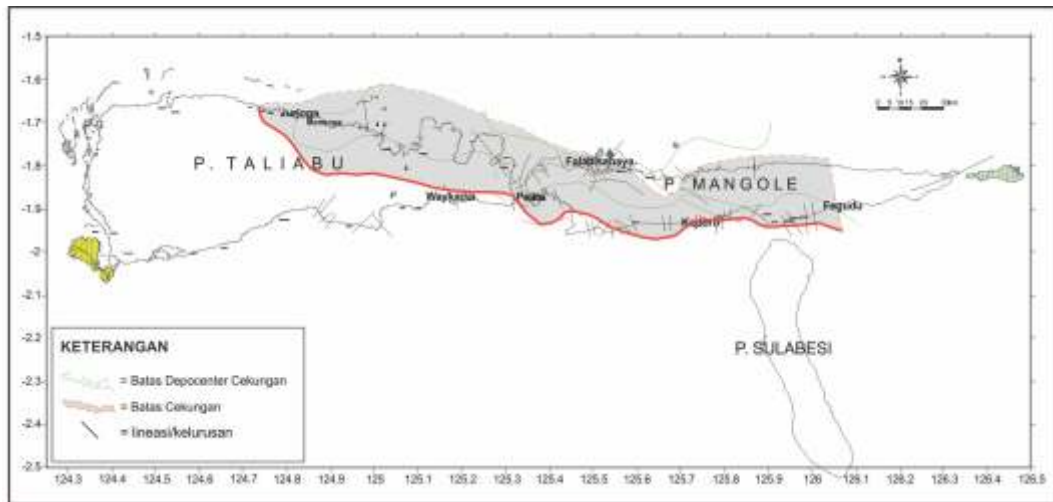
Kesimpulan

Anomali magnet total di daerah penelitian mempunyai besaran dari 13 nT s/d -467 nT, ini ditafsirkan bahwa penyebab anomali tsb adalah batuan metasedimen yang mengalasi batuan sedimen dari Formasi Tanamu,

Bobong dan Salodik. Hal ini mengindikasikan juga bahwa batuan metasedimen(?) mengalami pengutuban terbalik (*reverse magnetic pole*).

Cekungan Taliabu – Mangole dimulai dari timur Jorjoga (P. Taliabu) menerus ke arah tenggara dan timur sampai di P. Mangole (Gambar 13).

Tektonik yang berkembang di Pulau Taliabu berbeda dengan Pulau Mangole, ini terindikasi dari struktur lineasi/kelurusan yang terdapat di P. Mangole jauh lebih banyak daripada P. Taliabu. Hal ini menunjukkan bahwa tektonik yang berkembang di P.Mangole lebih aktif dibanding dengan P. Taliabu.



Gambar 13. Peta penyebaran struktur hasil interpretasi kualitatif dan kuantitatif

Rembesan Migas ("seepage") yang terdapat di utara P.Mangole (Falabisaya dan Madafuhi) diduga berasal dari struktur – struktur sesar yang berkembang disana.

Saran

Penelitian *Magneto Telluric* (M.T) sebaiknya dilakukan juga untuk mempertajam hasil penelitian tentang struktur geologi bawah permukaan untuk mengetahui keberadaan migas.

Sebaiknya metoda Paleomagnet dan Seismik Refraksi dilakukan di daerah penelitian ini untuk mendukung

dan memaksimalkan hasil – hasil penelitian yang sudah dilakukan untuk melokalisir keberadaan migas.

Pulau Taliabu bagian timur (Kecamatan Samuya dan sekitarnya), merupakan target penting juga dalam eksplorasi migas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi yang telah mengizinkan penulis untuk mempublikasikan data daerah penelitian.

ACUAN

- Charlton, T.R., 2000. Tertiary Evolution of the Eastern Indonesian Collision Complex. *J. Asian Earth Sci.* 18: 603 – 631.
- Mirnanda E., Ermawan Tj. 2004. *Peta Anomali Bouguer Lembar Banggai, Sulawesi, Skala 1:250.000*. Pusat Survei Geologi Bandung.
- Garrard, R.A., Supandjono, J.B., Suroño., 1988. The Geology of The Banggai-Sula Microcontinent Eastern Indonesia, *Proceedings Indonesian Petroleum Association Seventeenth Annual Convention, October 1988 IPA 2006 – 17 th Annual Convention Proceedings*.
- Hasanusi, D., Adhitiawan, E., Baasir, A., Lisapaly, L., and van Eykenhop, R. 2007. Seismic Inversion as an exciting tool to delineate facies distribution in Tiaka Carbonate reservoirs, Sulawesi-Indonesia. *Proc. 31st Ann. Con., Petroleum Assoc.*
- Nainggolan D. A., 1989. Airborne Geophysics for Iron Exploration. *Master's Thesis*, Department of Geophysics, Lulea University of Technology, Sweden.
- Parasnis D. S., 1986. *Principles of Applied Geophysics*, Fourth Edition. London New York. Chapman and Hall.
- Setianta, B., Setiadi, I., 2007. *Peta Anomali Bouguer Lembar Sanana, Maluku, Skala 1 : 250.000*. Pusat Survei Geologi Bandung.
- Suroño., Sukarna, D., 1993. *Peta Geologi Lembar Sanana Maluku, Skala 1 : 250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.
- Supanjono, J.B., Haryono, E., 1993. *Peta Geologi Lembar Banggai, Sulawesi Maluku, Skala 1 : 250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.