

ANOMALI MAGNET HUBUNGANNYA DENGAN TATANAN LITOLOGI PADA PEMETAAN GEOLOGI DAN GEOFISIKA DI PERAIRAN MOROWALI SULAWESI TENGAH

MAGNETIC ANOMALY RELATIONSHIP WITH LITOLOGY ON THE GEOLOGY AND GEOPHYSICAL MAPPING IN THE WATER OF MOROWALI CENTRAL SULAWESI

Delyuzar Ilahude dan Beben Rachmat

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Junjuna 236, Bandung-40174, Indonesia
Email: delyuzar_mgi@yahoo.com

Diterima : 09-03-2017 Disetujui : 15-10-2017

ABSTRAK

Penelitian magnet terletak di lepas pantai perairan Morowali dan sekitarnya dengan batas koordinat 04°00'-01°30' Lintang Selatan dan 121°30'-123°00' Bujur Timur. Maksud dari penelitian ini untuk mengetahui nilai anomali hubungannya dengan tatanan geologi daerah penelitian. Nilai anomali rendah (negatif) mulai dari -95nT hingga -130nT, dengan notasi warna biru menempati bagian utara dan selatan daerah penelitian, diduga merupakan batuan sedimen yang mendominasi daerah tersebut. Struktur sesar dan antiklin yang dijumpai pada lintasan seismik L-9 diduga merupakan kelurusan dari Sesar Matano yang berarah baratlaut-tenggara dari lengan Sulawesi Tenggara. Pola struktur pada rekaman seismik tersebut, memberi indikasi adanya pola perubahan anomali magnet secara signifikan di daerah tersebut seperti yang ditunjukkan dalam peta anomali magnet di bagian selatan daerah penelitian. Nilai negatif anomali magnet ini memperlihatkan tatanan dari batuan dasar di daerah Teluk Tolo dan sekitarnya yang diduga merupakan bagian dari Cekungan Banggai bagian barat.

Kata kunci : anomali magnet, kelurusan sesar, cekungan

ABSTRACT

The magnet research is located offshore Morowali waters and its surroundings with coordinate boundaries of 04°00'-01°30' South Latitude and 121°30'-123°00' East Longitude. The purpose of this study to determine the value of anomaly relationships with the geological of study areas. Low anomalous (negative) values of ranging from -95 nT to -130 nT, with blue notation occupying the north and south of the study area, are thought to be sedimentary rocks that dominate the area. The fault and anticline structures found on the seismic path in the L-9 are thought to be the straightness of the northwest-southeast Fault Matano from the southeast Sulawesi arm. The structural pattern on the seismic recording, indicating a significant pattern of magnetic anomaly changes in the area as shown in the magnetic anomaly map in the southern part of the study area. The negative value of this magnetic anomaly shows the setting of the bedrock in the Tolo Bay area and its surrounding that is thought to be part of the western Banggai Basin.

Keywords: magnetic anomaly, straightness faults, basin

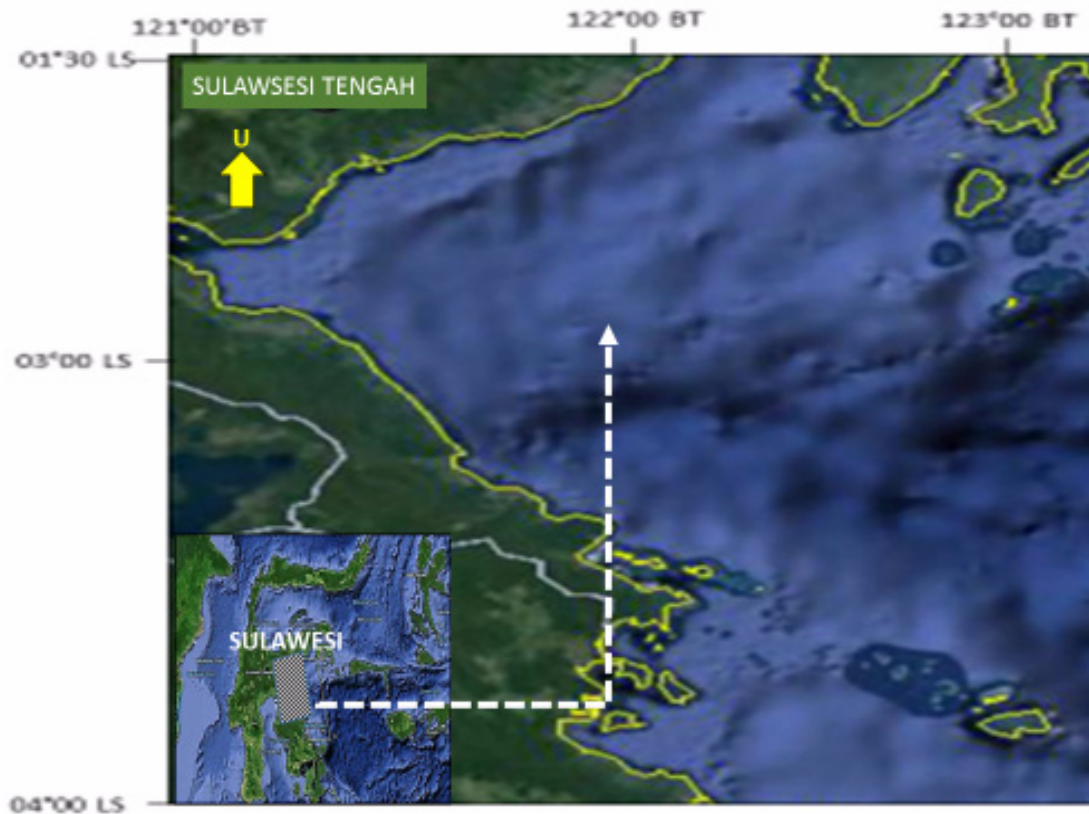
PENDAHULUAN

Latar Belakang

Informasi data geofisika khususnya data magnet laut di perairan lepas pantai Morowali dan sekitarnya masih relatif sedikit, sehingga penelitian geofisika khususnya metode magnet di perairan ini diharapkan memberikan kontribusi sebagai data awal untuk mengetahui bentuk anomali magnet di daerah perairan Morowali dan

sekitarnya. Analisis Anomali magnet di perairan Morowali tersebut merupakan pengembangan dari penelitian pemetaan geologi dan geofisika secara sistematis yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan.

Lokasi daerah penelitian terletak di lepas pantai perairan Morowali dan sekitarnya dengan batas koordinat 04°0'-01°30' Lintang Selatan dan 121°30'-123°00' Bujur Timur (Gambar 1). Dari



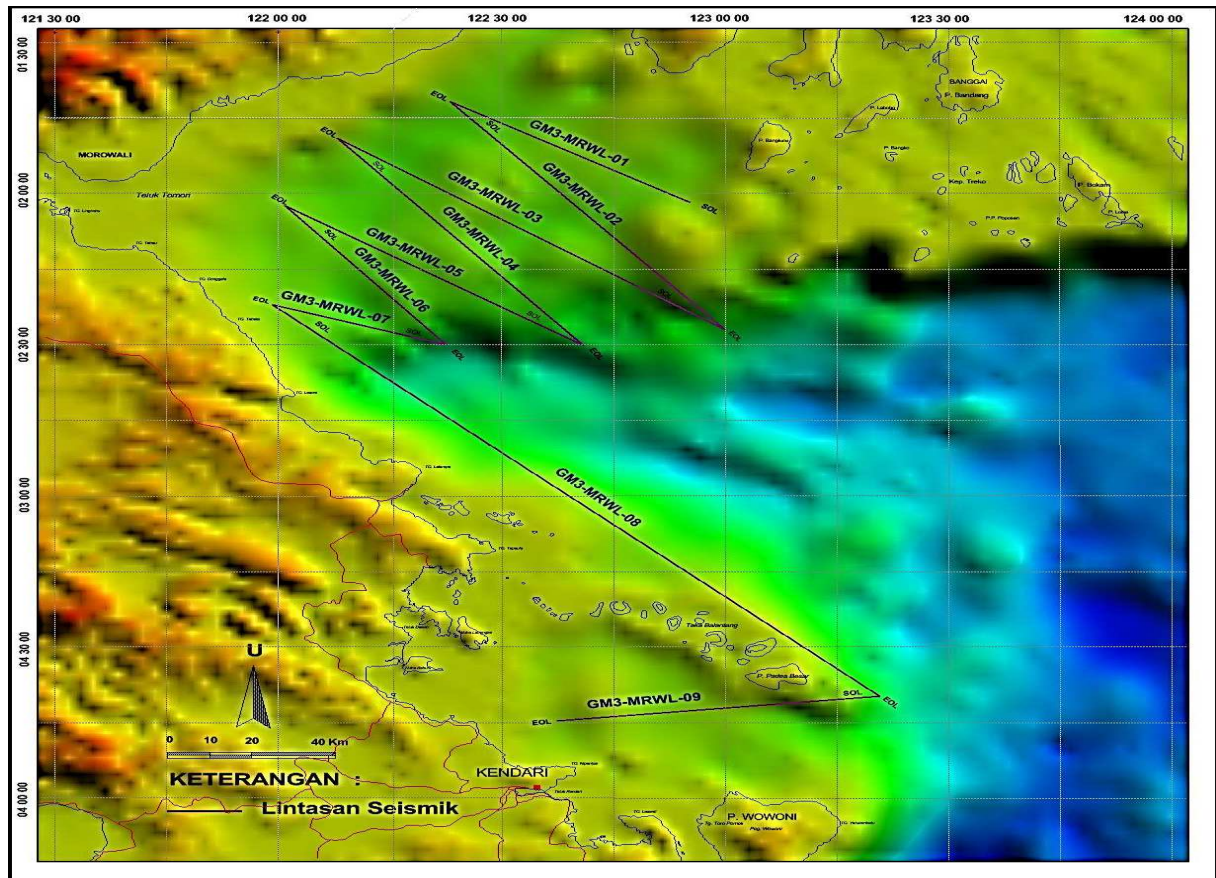
Gambar 1. Lokasi penelitian daerah Morowali dan sekitarnya

peta hidrografi yang telah dipublikasikan, kedalaman laut daerah penelitian mencapai lebih dari 1000 meter (Dishidros TNI-AL, 2006).

Penerapan metode magnet di perairan tersebut dilakukan bersamaan dengan survei seismik dan pengukuran kedalaman laut (sounding) secara kontinu dengan menggunakan Kapal Riset Geomarin III. Penerapan metode magnet laut di perairan ini sangat membantu dalam penafsiran dari metode lain dalam pemetaan bersistem di perairan tersebut terutama untuk mendapatkan anomali magnetnya. Anomali magnet ditimbulkan oleh suatu medan magnet yang sering disebut medan magnet lokal (crustal field). Medan magnet ini dihasilkan oleh batuan yang mengandung mineral bermagnet seperti magnetit (Fe_7S_8), titanomagnetit (Fe_2TiO_4) dan lain-lain yang berada di kerak bumi. Dalam survei metode magnetik yang menjadi target dari pengukuran adalah variasi medan magnetik yang terukur. Secara garis besar anomali medan magnetik disebabkan oleh medan magnetik remanen dan medan magnetik induksi. Medan magnet remanen mempunyai peranan yang besar terhadap magnetisasi batuan, yaitu besar dan arah medan magnetik yang berkaitan dengan peristiwa

kemagnetan sebelumnya. Anomali yang diperoleh dari survei ini merupakan hasil gabungan medan magnetik remanen dan induksi. Anomali bertambah besar bila arah medan magnet remanen sama dengan arah medan magnet induksi (Telford dkk, 1976).

Oleh sebab itu maksud dari penelitian ini untuk mengetahui pola kemagnetan dari batuan dasar serta untuk mengetahui nilai susceptibilitas yang dapat merepresentasikan tipe batuan dasar yang dapat menggambarkan tatanan geologi daerah penelitian. Prinsip metode magnet berdasarkan pada induksi medan magnet utama bumi dan magnetisasi permanen yang umumnya mempunyai arah dan intensitas yang berbeda, serta sebagian termagnetisasi sejak proses kristalisasi batuan (Telford dkk., 1998). Anomali magnet yang diperoleh merupakan gabungan dari keduanya atau hasil induksi murni. Jika arah medan magnet permanen sama dengan arah induksi medan magnet maka anomali tersebut bertambah besar demikian juga sebaliknya. Sementara sifat kemagnetan batuan dari batuan dasar didefinisikan sebagai permukaan yang batuanannya mengalami magnetisasi lebih besar dari batuan sedimen (Telford, dkk., 1998).



Gambar 2. Peta lintasan penelitian magnet bersamaan dengan lintasan seismik di perairan Morowali (Hermansyah dkk, 2013)

Dengan menerapkan metode magnet di perairan ini diharapkan akan memberikan kontribusi sebagai data awal untuk mengetahui bentuk anomali magnet dari batuan dasar di perairan tersebut. Lintasan penelitian diambil arah tenggara - barat laut dan timur laut - barat daya dengan lintasan *crosscheck* arah utara-selatan (Gambar 2).

Pengolahan data magnet berdasarkan pada pengukuran intensitas untuk mendapatkan gambaran pola anomali magnetik di daerah penelitian. Dari data tersebut diperoleh posisi bujur, posisi lintang, dan intensitas medan magnet di daerah tersebut. Intensitas medan magnet terukur merupakan total penjumlahan dari medan magnet utama, variasi medan magnet bumi yang berhubungan dengan variasi kerentanan magnet batuan, medan magnet remanen, dan variasi akibat aktivitas di matahari. Data intensitas medan magnet ini sangat dipengaruhi oleh variasi medan magnet bumi yang berhubungan dengan variasi kerentanan magnet batuan atau yang lebih umum dikenal sebagai anomali magnet lokal. Analisis anomali magnet dalam tulisan ini lebih ditekankan

pada bentuk anomali magnet yang dapat menggambarkan pola kemagnetan total yang diperoleh dari data intensitas magnet dari batuan dasar.

Hasil analisis ini diharapkan dapat merepresentasikan pola anomali total dari batuan dasar di perairan Morowali dan sekitarnya. Anomali magnet total tersebut merupakan respon dari berbagai sumber anomali yang relatif dalam.

Geologi Regional Daerah Penelitian

Berdasarkan keadaan litotektonik, Sulawesi dibagi tiga mandala, yaitu Mandala barat sebagai jalur magmatik yang merupakan bagian ujung timur Paparan Sunda, Mandala tengah berupa batuan malihan yang ditumpangi batuan banchuh sebagai bagian dari blok Australia, dan Mandala timur berupa ofiolit yang merupakan segmen dari kerak samudera berimbrikasi dan batuan sedimen berumur Trias - Miosen. Van Leeuwen (1994) menyebutkan bahwa mandala barat sebagai busur magmatik dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu bagian utara dan barat. Bagian utara memanjang dari Buol sampai sekitar Manado, dan

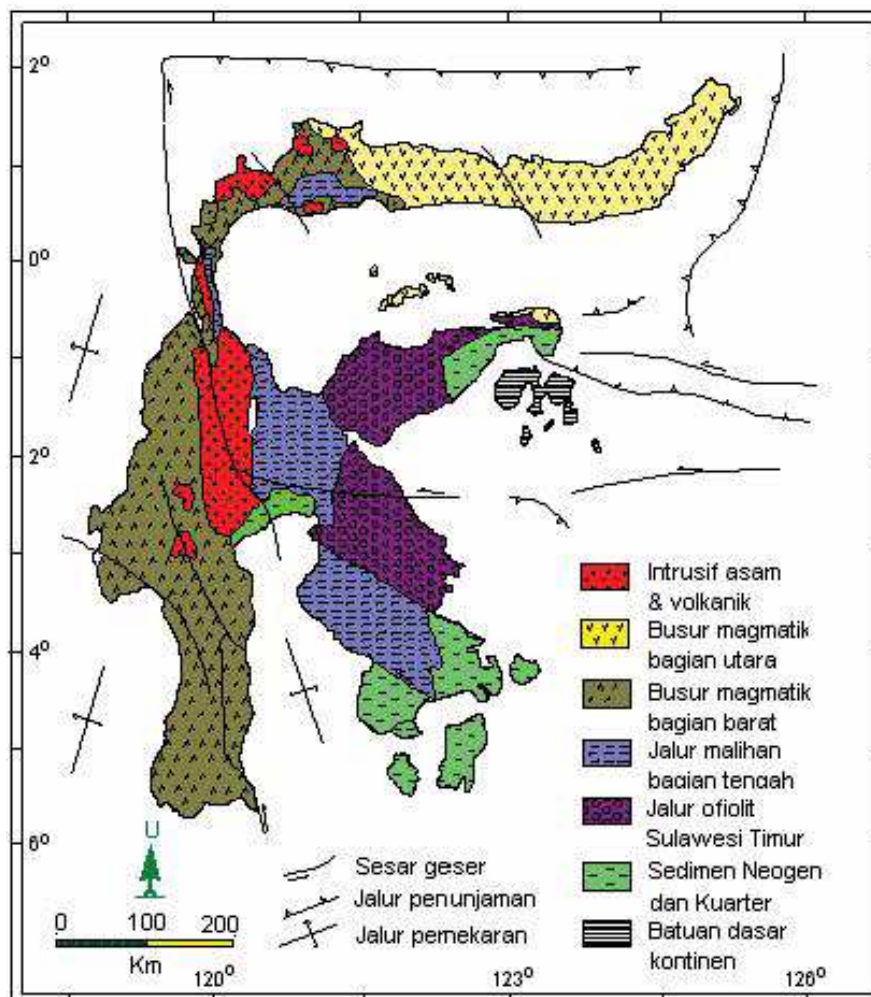
bagian barat dari Buol sampai sekitar Makassar (Gambar 3)

Menurut Surono (1998), bahwa batuan di bagian timur Sulawesi (Bagian timur Morowali) dapat dikelompokkan menjadi empat bagian besar, yaitu batuan yang berasal dari kerak Samudra Pasifik (kompleks ofiolit), batuan malihan ditutupi oleh sedimen Mesozoikum-Paleogen, sedimen Neogen, dan Kuartar (Gambar 4).

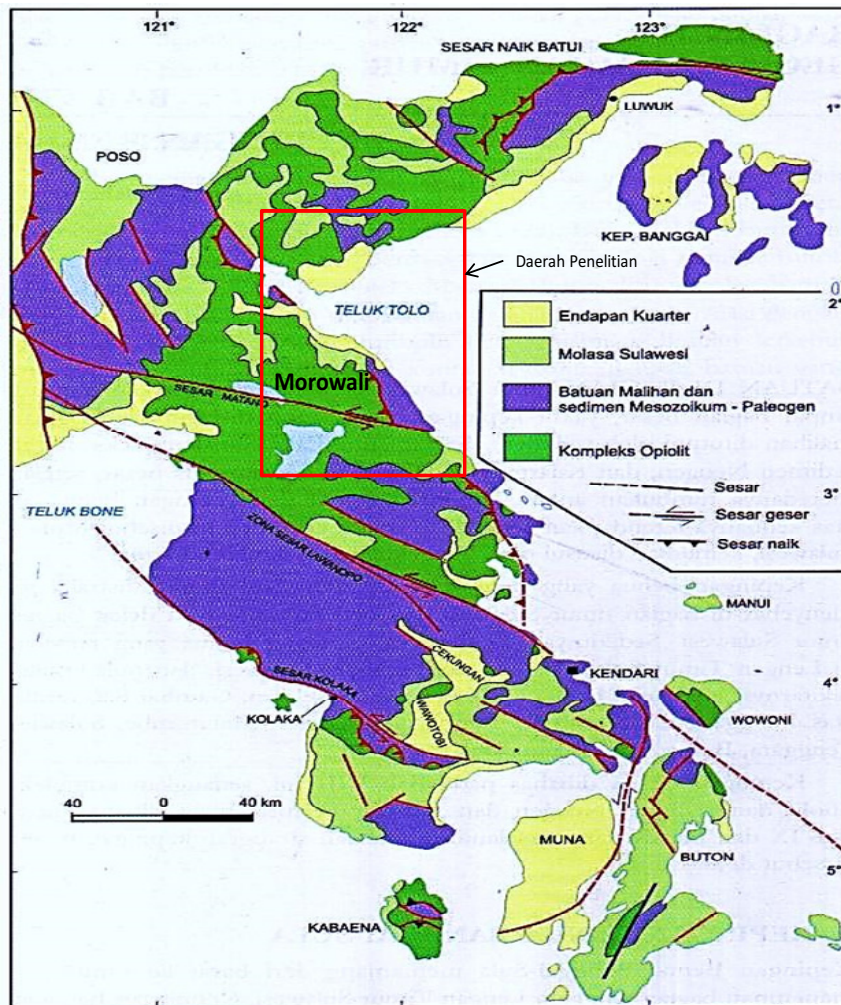
Secara garis besar, setelah meredanya tumbukan antara kompleks ofiolit dan kepingan benua, di atas keduanya terendapkan sedimen Neogen yang umum disebut Molasa Sulawesi, dan kemudian disusul oleh pengendapan sedimen Kuartar. Kepingan benua yang diduga berasal dari tepi utara Australia ini menyebar di bagian timur Sulawesi dan beberapa pulau di dekat bagian timur Sulawesi. Sedikitnya ada delapan kepingan benua yang tersebar di Lengan Timur Sulawesi, Lengan Tenggara Sulawesi, dan pulau-pulau sekitarnya. Kepingan benua itu terdiri atas Banggai-Sula,

Siombok, Tambayoli, Bungku, Mattarombeo, Sulawesi Tenggara, Buton, dan Tukang Besi (Surono 2010), (Gambar 5).

Di bagian timur Sulawesi dijumpai Sesar Matano dengan arah berarah barat laut-timur, dan ujung baratnya menyambung dengan Sesar Palu-Koro (Hamilton, 1979) (Gambar 5). Sesar Palu Koro memanjang dari utara (Palu) ke selatan (Malili) hingga teluk bone sepanjang ± 240 km. Bersifat sinistral dan aktif dengan kecepatan sekitar 25-30 mm/tahun (Permana, 2005). Demikian juga Sesar Matano merupakan sesar mendatar sinistral memotong Sulawesi Tengah dan melalui Danau Matano, merupakan kelanjutan dari Sesar Palu ke arah timur yang kemudian berlanjut dengan prisma akresi Tolo di Laut Banda Utara. Sesar ini cukup aktif sebagaimana dijumpainya beberapa gempa sepanjang sesar tersebut. Daerah daerah ini harus mendapat perhatian dan diwaspadai karena berpotensi bencana geologi (Kaharuddin dkk, 2011).



Gambar 3. Peta satuan litotektonik Sulawesi (Van Leeuwen, 1994).



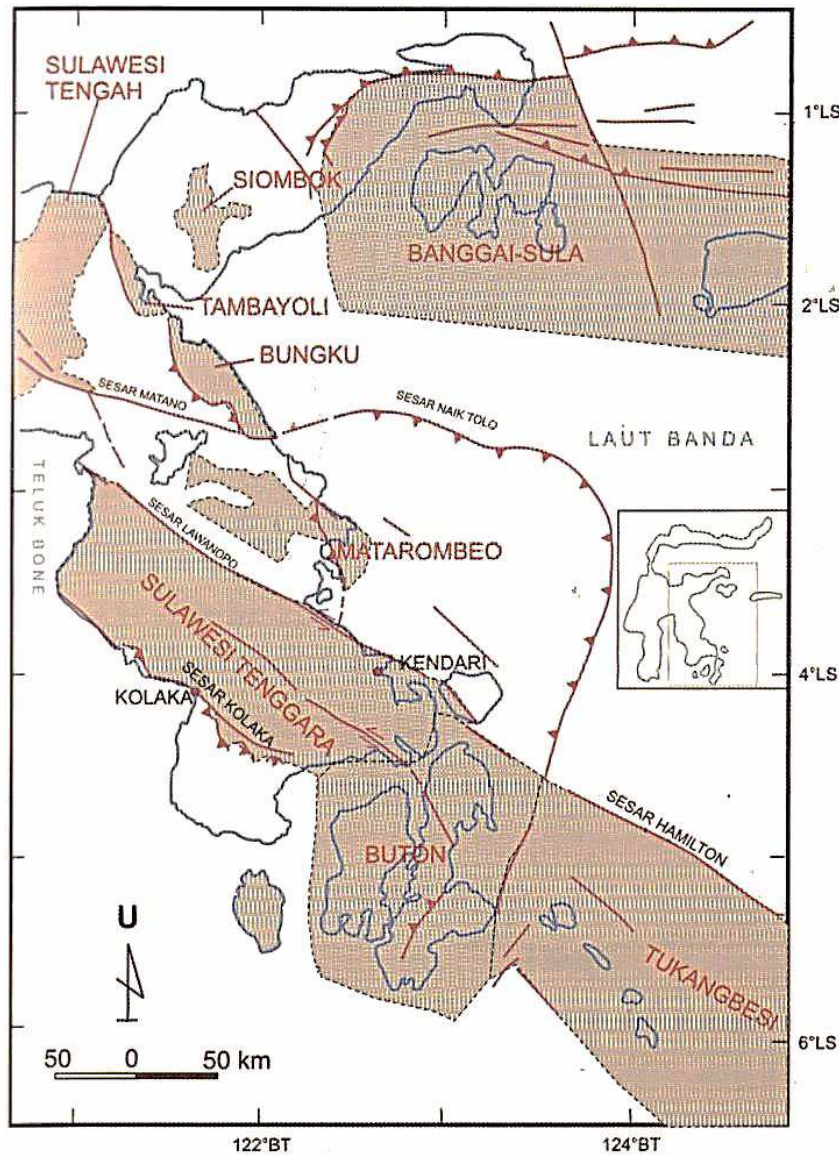
Gambar 4. Peta geologi bagian timur Sulawesi (Surono, 1998)

Ke arah timur yaitu di bagian barat Laut Banda, Sesar Matano berubah menjadi sesar naik Tolo (Gambar 5). Sesar mendatar lainnya di Sulawesi bagian tengah adalah Sesar Lawanopo yang di jumpai di Lengan tenggara Sulawesi. Sesar ini lebih kurang sejajar dengan segmen selatan Sesar Palu-Koro. Kepingan benua Banggai-Sula memanjang dari barat ke timur dan menempati bagian tenggara Lengan Timur Sulawesi, Kepulauan Banggai dan Kepulauan Tukangbesi (Pigram dkk, 1984; Pigram dkk, 1985 ; Garrad dkk, 1988). Demikian juga menurut Watkinson dkk, (2011), kepingan benua tersebut cukup besar mulai dari ujung atas Lengan Timur, yakni Banggai-Sula, Matarombeo, Sulawesi Tenggara, dan Buton. Kesamaan stratigrafi membuat kepingan benua ini dipercaya banyak penulis sebagai kepingan benua yang berasal dari tepi utara Benua Australia Secara stratigrafi, batuan pembentuk kepingan Banggai-Sula terdiri atas batuan yang berumur dari Palaeozoikum hingga Kuartar. Sebagai batuan alas pada kepingan benua

tersebut adalah batuan malihan yang diterobos oleh granit dan ditindih oleh batuan gunungapi asam (Supandjono dan Haryono, 1993).

METODE

Pengambilan data magnet di laut diperoleh dengan menggunakan alat magnet laut yang terdiri dari satu unit magnetometer *SeaSpy* dilengkapi *software sealink* dan perangkat positioning C-Nav. Sensor alat ini ditarik di belakang kapal pada jarak tiga kali panjang kapal. Alat ini dioperasikan bersamaan dengan survei seismik dengan kecepatan jelajah kapal rata-rata 5-6 knot. Data yang diperoleh berupa data intensitas magnet total yaitu kontribusi dari tiga komponen dasar yang terdiri dari medan magnetik utama bumi, medan magnetik luar dan medan magnet anomali. Besarnya intensitas magnetik terukur (ΔH_T) dikoreksi terhadap datum kemagnetan global (*International Geomagnetic Reference Field / IGRF*) dan koreksi terhadap variasi harian pada masing-



Gambar 5. Kepingan benua di bagian timur Sulawesi dan pulau-pulau sekitarnya (Surono, 2010).

masing lintasan titik pengukuran. Dengan demikian akan diperoleh nilai anomali magnet (ΔH_T) dalam satuan nano Tesla (nT). Menurut Telford dkk (1998), besarnya intensitas magnet total disekitar batuan yang termagnetisasi diformulasikan sebagai berikut :

$$\Delta H_T = H_{obs} + H_{Vh} - H_{IGRF}$$

dimana :

ΔH_T = Medan magnet anomali

H_{obs} = Data observasi intensitas magnetik total (H) pada masing-masing titik pada lintasan pengukuran.

H_{Vh} = Koreksi variasi harian

H_{IGRF} = Intensitas magnetik total dari IGRF

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sulawesi terletak pada pertemuan Lempeng besar Eurasia, lempeng Pasifik, serta sejumlah lempeng lebih kecil (Lempeng Filipina) yang menyebabkan kondisi tektoniknya sangat kompleks. Kumpulan batuan dari busur kepulauan, batuan bancuh, ofiolit, dan bongkah dari mikrokontinen terbawa bersama proses penunjaman, tubrukan, serta proses tektonik lainnya (Van Leeuwen dkk, 1994).

Dari hasil analisis data magnet menunjukkan bahwa intensitas magnet total yang masih dipengaruhi oleh komponen medan magnet luar. Pengaruh ini antara lain disebabkan oleh medan magnet yang berasal dari pergerakan bulan dan kondisi temperatur bumi. Sehingga data intensitas magnet yang diperoleh harus dikoreksi terhadap

IGRF dan fluktuasi medan magnet variasi harian (H_V).

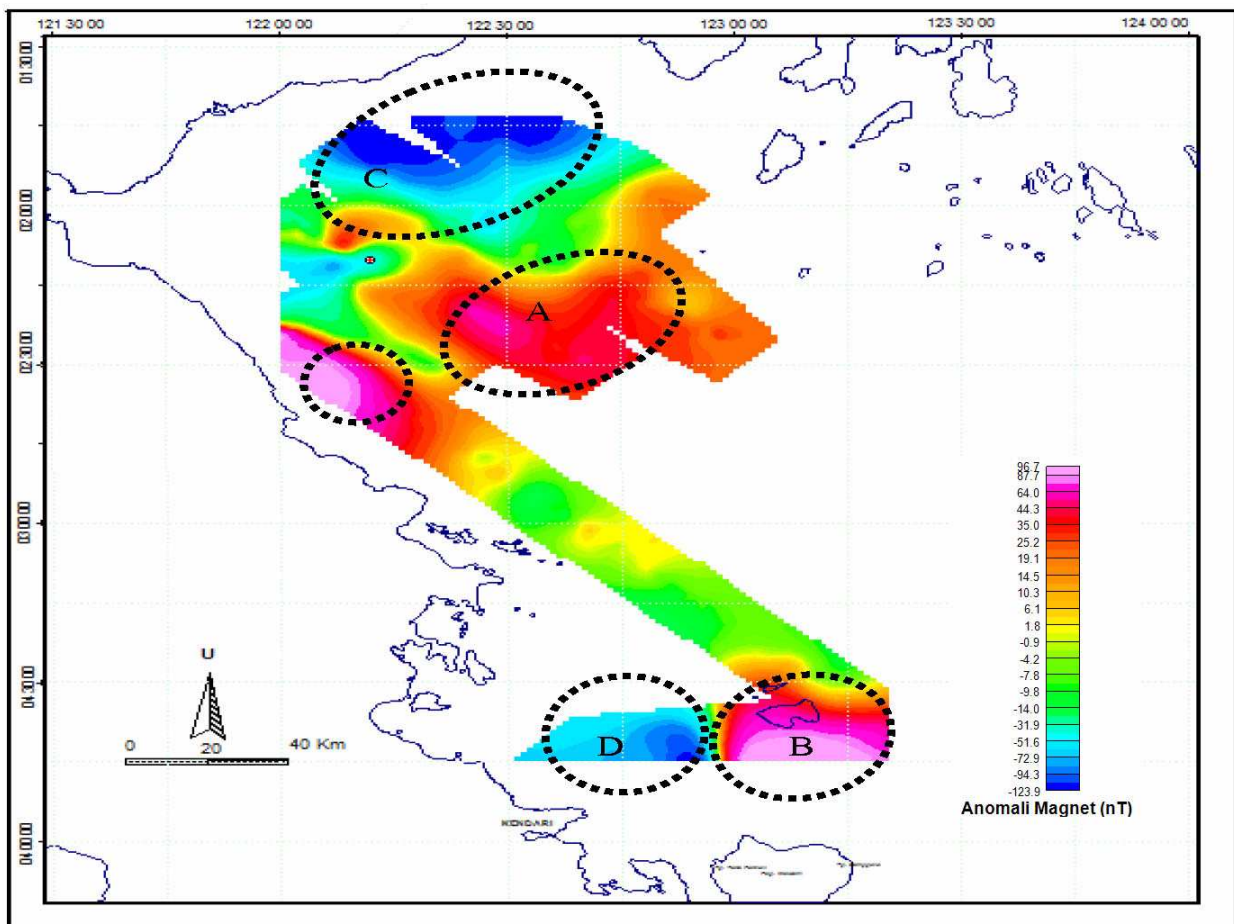
Dari hasil perhitungan data intensitas magnet yang dilakukan pada beberapa lintasan survei diperoleh angka anomali magnet totalnya bernilai yaitu antara $-123,9$ nT (notasi biru C dan D) sampai dengan $+96,7$ nT (notasi ungu A dan B) (Gambar 6).

Peta kontur anomali magnet total yang diperoleh merupakan resultante dari komponen intensitas magnet yang diduga berkaitan dengan batuan yang mempunyai sifat kerentanan magnet (*susceptibilitas*) magnet yang tinggi maupun rendah.

Distribusi anomali magnet total ini dibagi dalam 6 kelompok warna, yaitu warna ungu (60 s/d 95 nT), merah (25 s/d 60 nT), kuning (6 s/d 25 nT), hijau ($-14,5$ s/d $-0,9$), biru muda (-30 s/d -95 nT) dan biru tua (-95 s/d -130 nT). Anomali magnet relatif tinggi terdapat di bagian tenggara dan di bagian tengah daerah penelitian pada zona A dan

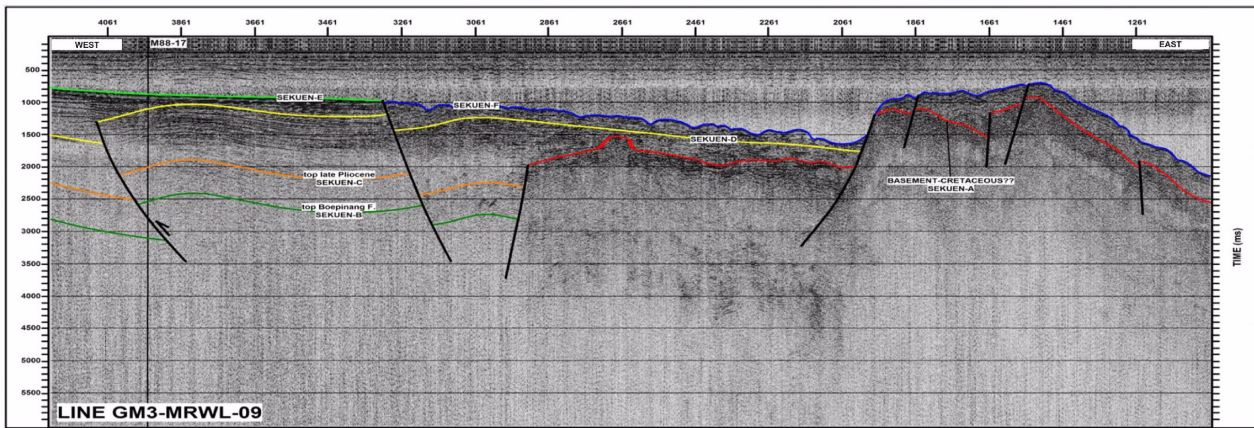
B, sedangkan anomali relatif rendah terdapat di bagian utara dan selatan daerah penelitian pada zona C dan D.

Dengan menganalisis data intensitas magnet total maka nilai anomali yang dihasilkan dapat menggambarkan pola anomali batuan dasar dengan toleransi sudut inklinasi 90° dan deklinasi sebesar 0° . Anomali negatif tersebar cukup luas di bagian utara daerah penelitian yang menggambarkan anomali yang rendah yang diduga berupa batuan sedimen malihan. Anomali total negatif tersebut di diduga merupakan bagian dari Cekungan Banggai bagian barat, sedangkan anomali total negatif yang berada di bagian selatan daerah penelitian, diduga merupakan bagian dari Cekungan bagian timur Kendari. Sementara anomali total relatif tinggi (notasi ungu) di bagian tengah dan selatan daerah penelitian diduga merupakan efek dari polarisasi batuan yang bersifat magnetik pada zona sesar Matano di bagian timur lengan Sulawesi Tenggara (Gambar 4).



Gambar 6. Pola anomali magnet total perairan Morowali

LINTASAN GM3-MRWL-09



Gambar 7. Anomali magnet pada zona D dan B didukung oleh hasil interpretasi seismik dari rekaman seismik pada lintasan GM3-MRWL-09 arah barat-timur (Hermansyah dkk, 2013)

Sementara anomali dengan notasi warna kuning hingga hijau yang menyebar ke arah tenggara dan bagian tengah daerah penelitian, ditafsir sebagai zona transisi dari tatanan batuan dasar di kawasan Cekungan Banggai.

Dari hasil analisis anomali magnet tersebut menunjukkan bahwa paling tidak pola anomali magnet negatif di daerah penelitian, mencerminkan tatanan batuan dasar yang terdiri dari kelompok batuan malihan dan batuan sedimen. Nilai anomali yang diperoleh merupakan representasi dari batuan dasar yang membentuk cekungan fisiografi dari Teluk Tolo.

Anomali magnet pada zona D dan B didukung oleh hasil interpretasi seismik dari rekaman seismik pada lintasan GM3-MRWL-09 arah barat-timur (Hermansyah dkk 2013) (Gambar 7). Jika pola anomali magnet pada lintasan L-09 dikorelasikan dengan rekaman seismik pada lintasan L-09 maka diduga karakter perlapisan sedimen dari rekaman seismik di bagian timur yang tipis tersebut memberikan nilai anomali yang tinggi pada zona B. Sementara di bagian baratnya memperlihatkan perlapisan sedimen yang tebal, sehingga diduga tataan litologinya memberikan nilai anomali yang rendah pada zona D. Dilain pihak pola struktur antiklin dan sesar naik pada *top* sekuen B sampai dengan *top* sekuen D dari rekaman seismik tersebut, memberi indikasi terhadap pola perubahan anomali magnet secara signifikan di daerah tersebut seperti yang ditunjukkan dalam peta anomali magnet antara zona D dan B.

KESIMPULAN

Nilai anomali negatif dengan notasi warna biru yang menempati bagian utara dan selatan daerah penelitian, diduga merupakan batuan sedimen yang cukup tebal mendominasi daerah tersebut. Sementara di bagian selatan daerah penelitian, perlapisan sedimen yang tipis memberikan nilai anomali yang tinggi dibandingkan dengan perlapisan sedimen yang tebal di bagian barat.

Struktur sesar dan antiklin yang dijumpai pada lintasan seismik L-9 diduga merupakan kelurusan dari Sesar Matano yang berarah barat laut-tenggara dari lengan Sulawesi Tenggara. Pola struktur pada rekaman seismik tersebut, memberi indikasi terhadap pola perubahan anomali magnet secara signifikan di daerah tersebut seperti yang ditunjukkan dalam peta anomali magnet antara zona D dan B. Nilai negatif anomali magnet total ini memperlihatkan tataan dari batuan dasar di daerah Teluk Tolo dan sekitarnya yang diduga merupakan bagian dari Cekungan Banggai bagian barat.

DAFTAR ACUAN

- BMKG, 2013. Data intensitas magnet variasi harian, Stasiun Pare-Pare, Sulawesi Selatan.
- Dishidros TNI AL, 2006. Peta Hidrografi Lembar Morowali, Skala 1 : 50.000, Jakarta.
- Garrad, R.A., Supandjono, J.B., and Surono, 1988. The geology of the Banggai-Sula Microcontinent, Eastern Indonesia. *Proc. 17th Ann. Con. Indon. Petroleum Assoc.*, Jakarta.

- Hamilton, W. H., 1979, *Tectonics of the Indonesian Region*, U.S. Geological Surveys Professional Paper 1078, Washington.
- Hermansyah, G.M., Hadi W.P., T.B. Nainggolan, T.B., Usman, E., Sarmili, L., Kurnio, H., Widiatmoko, H.C., Ilahude, D., Rachmat, B., Dewi, K.T., Rohendi, E., Noviadi, Y., Rahardjo, P., Mustafa, H., M.A., Wahib, A., Setyanto, A., . Ibrahim, A 2013. Studi Potensi Lapangan Morowali dan Peningkatan Status Cekungan Banggai-Sula Untuk Mendukung Pengembangan Migas Nasional, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Kelautan Bandung
- Kaharuddin MS, Ronald Hutagalung dan Nurhamdan, 2011. Perkebangkan Tektonik dan Implikasinya Terhadap Potensi Gempa dan Tsunami Di Kawasan Pulau Sulawesi, Proceed, PIT HAGI 36 dan PIT IAGI 40 Annual Convention and Exhibition Makassar.
- Permana, H., 2005, Potensi Bencana Geologi Kawasan Timur Indonesia, Tektonik Aktif dan Gempa Bumi Palu, Pertemuan Ilmiah Tahunan, Forum Himpunan Geologi Indonesia VIII, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Pigram, C.J., Surono and Supandjono, J.B., 1984. Geology and regional significance of the Sula Platform, East Indonesia. Joint Publication by Geol. Res. And Dev. Cen., Indonesia and Bureau of Mineral Resources, Australian. *Geol.Res. and Dev. Cen.*
- Pigram, C.J., Surono and Supandjono, J.B., 1985. Origin of the Sula Platform, Eastern Indonesia. *Geology* 13: 331-353.
- Supandjono, JB., dan Haryono, E., 1993. *Peta Geologi Lembar Banggai, Sulawesi Maluku, Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Surono, 1998. Geology and origin of the Southeast Sulawesi Continental Terrane, Eastern Indonesia. *Media Teknik*, XX, 3: 33-42.
- Surono, 2010. Geologi Lengan Tenggara Sulawesi, Publikasi Khusus, Badan Geologi, KESDM, Bandung.
- Telford, W., Geldart, L., Sheriff, R., and Keys, D., 1976. *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, New York.
- Telford, W.M., dan Sheriff, R.E., 1998. *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, New York.
- Van Leeuwen, T.M., 1994. 25 Years of Mineral Exploration and Discovery in Indonesia. *Journal Geochemical Exploration*, 50, h.13-90.
- Van Leeuwen, T.M., Taylor, R., Coote, A., dan Longstaffe, F.J., 1994. Porphyry Molybdenum Mineralization in a Continental Collision Setting at Malala, Northwest Sulawesi, Indonesia. *Journal of Geochemical Exploration*, 50, h.279-315.
- Watkinson, I.M., Hall, R., and Ferdian, F., 2011. Tectonic re-Interpretation of Banggai-Sula Molucca Sea Margin, Indonesia, The SE Asian Gateway: History and Tectonic of The Australia-Asia Collision. Geological Societ, London, Special Publication.

