

IDENTIFIKASI STRUKTUR PADA PROFIL MAGNET TOTAL DAN SEISMIK DANGKAL DI PERAIRAN TANJUNG SELOR KALIMANTAN TIMUR

Oleh

D. Ilahude dan L. Arifin

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan
Jl. Dr. Junjuran 236 Bandung 40174

Abstract

From the total magnetic anomaly and single channel seismic data interpretation on the systematic mapping in the Tanjung Selor waters, east Kalimantan, are shows correlation almost similar between magnetic anomaly with the seismic data records.

The magnetic anomaly value and seismic data profiles are show that the many fault and fold structures identification in the research area.

The total magnetic anomaly result which are presented of the magnetic basement.

S a r i

Dari Anomali magnet total dan data seismik dangkal saluran tunggal pada pemetaan sistematik di perairan Tanjung Selor, Kalimantan timur, menunjukkan hubungan yang hampir mirip antara nilai anomali magnet total dengan data seismik.

Profil anomali magnet dan data seismik dangkal menunjukkan banyaknya struktur sesar dan perlipatan teridentifikasi di daerah penelitian.

Anomali magnet total hasil penelitian ini lebih cenderung menggambarkan intensitas magnet batuan dasar.

PENDAHULUAN

Salah satu kegiatan yang mendukung di dalam pengelolaan sumberdaya kelautan adalah melalui penelitian secara sistimatis dengan menggunakan beberapa metode geofisika antara lain adalah dengan metode magnet dan seismik.

Informasi mengenai data kemagnetan khususnya di daerah perairan lepas pantai Kalimantan timur masih relatif minim. Oleh sebab itu penelitian dengan metode magnet di perairan Tanjung Selor dan sekitarnya ini, paling tidak telah menambah informasi data magnet laut disamping metode geofisika lainnya yang diterapkan secara bersamaan dalam merekonstruksi tatanan geologi bawah permukaan.

Analisis data anomali magnet ini masih memerlukan pemodelan matematis untuk menentukan kedudukan benda anomali yang sebenarnya. Akan tetapi untuk mengidentifikasi adanya perubahan pada tatanan geologi bawah permukaan dasar laut, data

anomali total ini paling tidak, cukup membantu dalam penafsiran rekaman seismik yang dilakukan secara bersamaan di daerah perairan Kalimantan timur.

Penerapan metode magnet laut tersebut sangat membutuhkan ketelitian dari alat itu sendiri terutama untuk menghindari adanya gangguan medan magnet luar yang ditimbulkan oleh variasi sekuler yaitu berupa variasi medan utama yang mempunyai periode sekitar 960 tahun. Demikian juga adanya variasi harian dengan periode 24 jam dengan ambang (*range*) 20 nano-Tesla (nT), bervariasi sesuai dengan ketinggian serta musim, yang dikontrol oleh matahari dan arus listrik pada lapisan ionosfir. Pengaruh lainnya yaitu perubahan non periodik berupa badai magnetik yang dapat terjadi setiap saat dengan amplitudo lebih dari 1000 nT yang disebabkan oleh aktifitas bintik matahari.

Anomali magnet dalam medan magnet bumi disebabkan oleh magnetisasi terinduksi dan magnetisasi permanen yang umumnya

mempunyai arah dan intensitas yang berbeda. Magnetisasi permanen mempunyai peranan yang besar pada magnetisasi batuan, karena pengaruhnya tidak hanya dalam besaran, akan tetapi amplitudo dan arahnya sangat rumit untuk diamati. Hal ini sangat berkaitan dengan peristiwa kemagnetan yang pernah dialami sebelumnya. Sisa kemagnetan ini disebut dengan *Normal Residual Magnetism* (NRM).

Oleh sebab itu maka nilai anomali yang diperoleh dari lapangan merupakan gabungan dari keduanya atau hasil induksi murni, yang mana jika arah medan magnet permanen sama dengan arah induksi maka anomali bertambah besar demikian juga sebaliknya. Kendala yang sering dijumpai didalam penelitian dengan metode magnet ini adalah bila arah lintasan pengukuran berarah barat-timur atau memotong arah sumbu utama medan magnet bumi utara-selatan. Akan tetapi kendala ini dapat diatasi dengan cara melakukan uji coba dan kalibrasi pada sistem peralatan yang akan digunakan.

Pengukuran anomali magnet umumnya dimanfaatkan dalam eksplorasi mineral logam yang letaknya jauh di dalam bumi dan untuk melokalisir perubahan tatanan struktur geologi baik itu berupa patahan maupun perlipatan pada batuan dasar. Disamping itu juga metode ini digunakan untuk pencarian benda-benda kuno untuk kepentingan arkeologi, tetapi pengambilan data magnet tanpa memperhatikan medan magnet utama dan sumber-sumber gangguan geomagnetik bisa menimbulkan kekeliruan dalam penafsiran. Untuk menghindari gangguan tersebut maka dibutuhkan suatu alat kontrol (*ground magnetometer*) yang ditempatkan di darat untuk mengamati medan magnet secara statis, terutama untuk menghindari deviasi intensitas magnet akibat pengaruh matahari, arus listrik pada lapisan ionosfir serta adanya badai magnet.

Penelitian dengan menggunakan metode magnet dan seismik ini bertujuan untuk menginventarisasi data dasar yang dapat memberikan gambaran tatanan geologi bawah dasar laut serta korelasi antara kedua metode tersebut untuk mengidentifikasi adanya deformasi baik itu berupa struktur sesar maupun perlipatan di daerah penelitian. Korelasi kedua metode ini tidak selamanya menghasilkan pola yang sama seperti yang

ditunjukkan dalam gambar rekaman seismik maupun kurva anomali magnet total. Akan tetapi kondisi ini sangat tergantung dari lokasi yang mengalami aktifitas tektonik pada zaman dulu dan secara langsung dapat terpantau pada runtunan seismik dangkal, mulai dari permukaan dasar laut (*seabottom*) hingga ke bagian bawah runtunan.

Lokasi Penelitian

Lokasi daerah penelitian terletak di lepas pantai bagian timur laut perairan Berau dan bagian timur perairan Tanjung Selor dengan batas koordinat antara 2° 00' - 3° 00' Lintang Utara dan 117° 30' - 118° 30' Bujur Timur (Gambar 1).

Penelitian ini dimulai dari lepas pantai perairan Berau meliputi daerah pulau-pulau kecil antara lain seperti Pulau Derawan dan Sangalaki. Kemudian lintasan ini bergerak menuju lepas pantai muara Sungai Selor hingga menyilang (*cross line*) menuju perairan bagian timur laut dari Pulau Derawan.

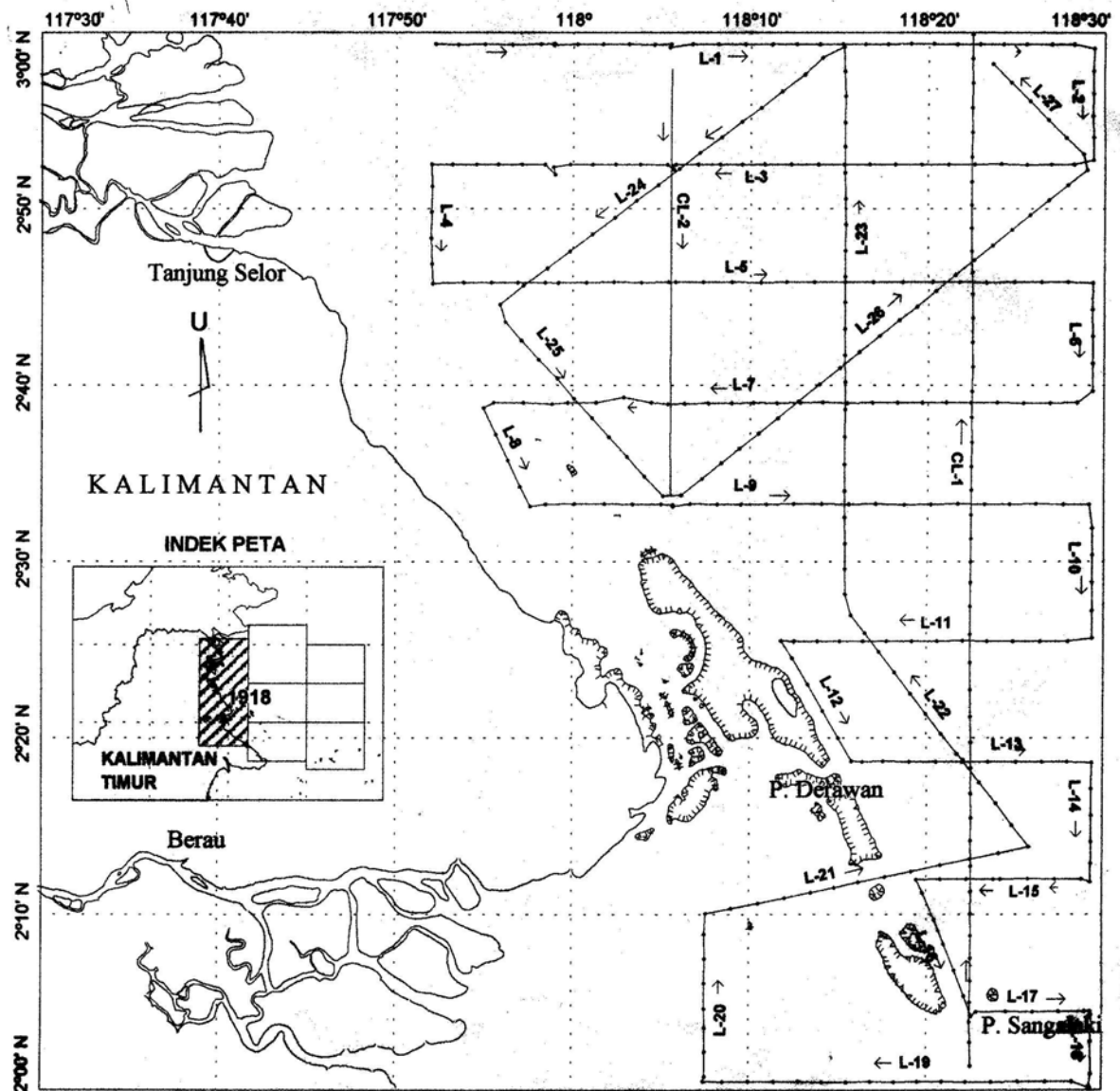
Metode

Penelitian dengan metode magnet ini menggunakan alat proton magnetometer dengan cara sensor magnet ditarik di belakang kapal pada jarak 3 kali panjang kapal untuk menghindari pengaruh benda magnetik dari kapal.

Bersamaan itu juga digunakan metode seismik pantul dangkal saluran tunggal yang ditarik di belakang kapal dengan menggunakan sumber suara sparker dengan *firing rate* 1 - 4 detik dan *sweep rate* 0.5 - 1 detik pada tingkat energi 600 hingga 3600 Joule.

Untuk menentukan posisi pengambilan data di lapangan digunakan sistem satelit navigasi terpadu dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS) Garmin 100 dan Magellan Nav 5000 Pro. Data ini diterima setiap dua detik diproses secara digital menggunakan fasilitas program *Hypack Software*.

Pendekatan dengan metode seismik pantul dangkal ini kadang mengalami kendala, antara lain adanya gangguan yang disebabkan hilangnya pantulan energi gelombang seismik yang diakibatkan oleh tatanan geologi daerah setempat.



Gambar 1. Lokasi dan lintasan penelitian di Kalimantan timur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi Dasar Laut dan Struktur Geologi

Daerah penelitian merupakan bagian dari perairan Tanjung Selor dan Berau yang mempunyai kedalaman laut yang cukup dalam. Kondisi dasar laut di perairan ini umumnya bergelombang terjal dengan kedalaman laut semakin bertambah ke arah timur yaitu antara 200 hingga 3000 meter (Gambar 2). Morfologi dasar laut seperti sekarang ini, diduga sangat berkaitan dengan aktifitas tektonik pada kala Miosen Akhir hingga Pliosen (Situmorang dan Burhan, 1995).

Jika dilihat dari tatanan geologi regionalnya menunjukkan bahwa struktur geologi di daerah ini terdiri dari lipatan, sesar normal, sesar geser, dan kelurusan, yang berarah utama baratlaut-tenggara dan baratdaya-timurlaut, sedangkan struktur lipatan seperti antiklin dan sinklin berarah baratlaut tenggara dan baratdaya-timurlaut.

Di daerah ini diduga telah terjadi empat kali proses tektonik yang mana proses tektonik awal terjadi pada Akhir Kapur atau lebih tua. Gejala ini mengakibatkan perlipatan, pensesaran dan pemalihan regional derajat rendah pada Formasi Bangara. Pada Awal Eosen di bagian tengah dan barat daerah penelitian terbentuk Formasi Sebakung dalam lingkungan laut dangkal, diikuti pengendapan Formasi Tabalar di bagian tenggara pada kala Eosen-Oligosen dan diikuti proses tektonik kedua. Sesudah kegiatan tektonik tersebut terjadi pengendapan Formasi Birang di bagian tengah, timur, selatan maupun di bagian barat daerah penelitian pada kala Oligo-Miosen (Situmorang dan Burhan, 1995).

Anomali Magnet Total

Anomali magnet yang diperoleh merupakan gabungan dari komponen medan magnet permanen dan magnet terinduksi pada batuan dasar. Gabungan dari kedua komponen ini paling tidak akan cukup memberikan gambaran tatanan struktur geologi bawah permukaan dasar laut. Dari nilai kontur kemagnitan batuan tersebut diperoleh gambaran bahwa nilai intensitas magnet terendah (negatif) disebabkan oleh struktur kemagnitan dari batuan dasar (*magnetic*

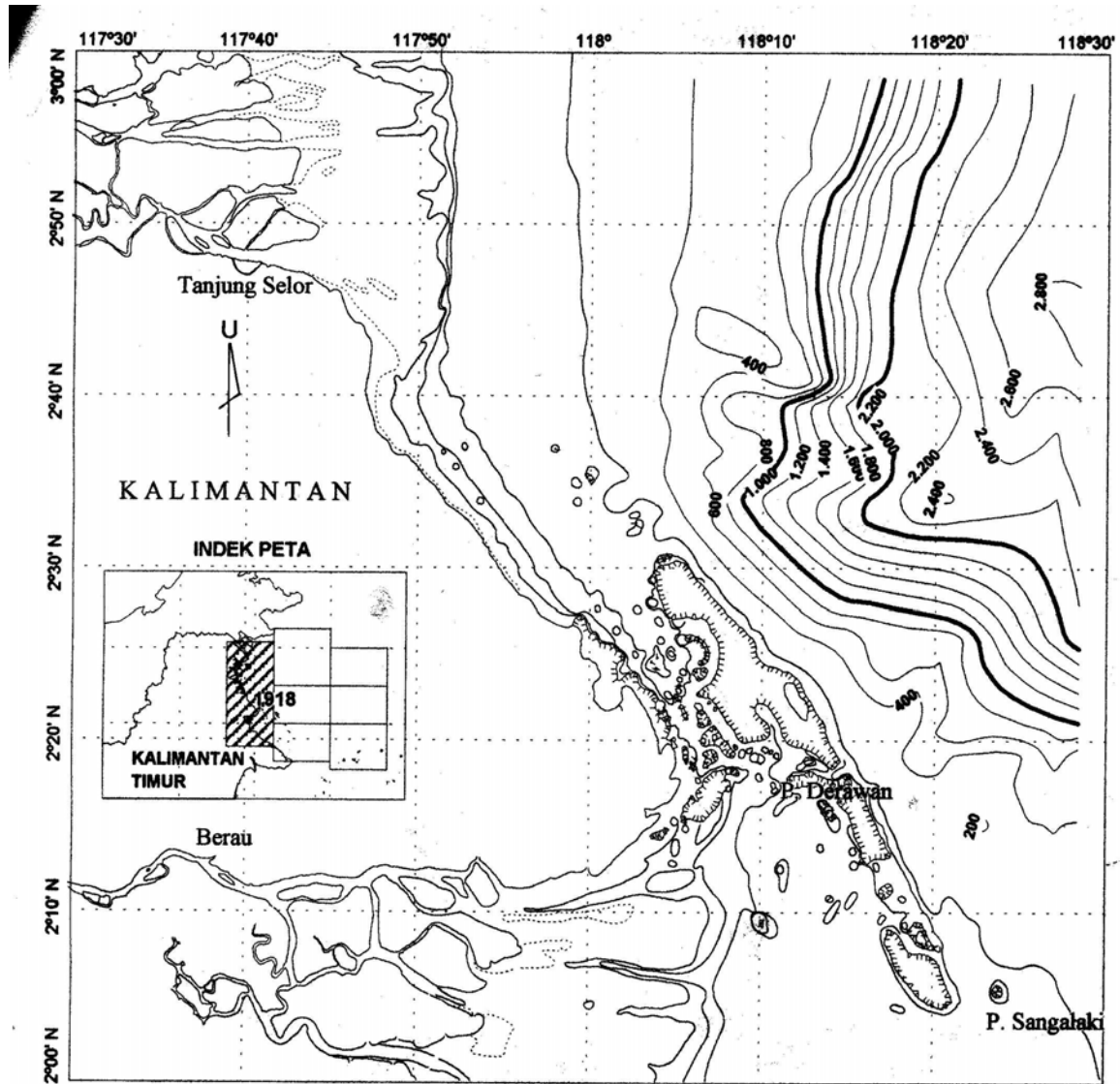
basement) yang diperkirakan berkaitan dengan proses perubahan tatanan geologi di daerah itu. Nilai intensitas magnet negatif terendah ini berada di bagian tenggara dan timur daerah telitian, sedangkan nilai intensitas positif yang tinggi berada di bagian barat dan barat daya daerah telitian.

Kontur rapat dan memusat terletak di bagian baratlaut, baratdaya dan di bagian tenggara daerah telitian. Kontur yang rapat ini mengindikasikan bahwa di daerah tersebut dapat dikatakan, paling tidak telah terjadi perubahan magnetik batuan dasar, yang diperkirakan berkaitan dengan periode aktifitas tektonik pada zaman dulu. Pola anomali tersebut dapat dikorelasikan dengan data rekaman seismik dangkal, walaupun nilai anomali tersebut merupakan gabungan dari beberapa komponen intensitas magnet. Akan tetapi perubahan secara signifikan akibat proses tektonik ini ternyata nampak jelas pada data rekaman seismik maupun anomali magnet total seperti yang ditunjukkan dalam beberapa gambar penampang yaitu pada tampilan gambar penampang anomali total dengan rekaman seismik dangkal.

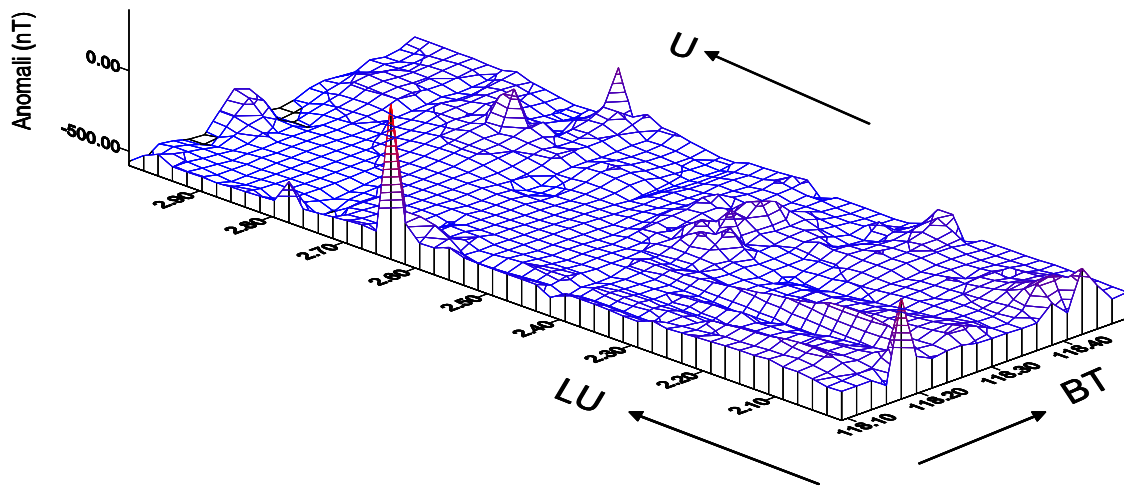
Di bagian timur dan tenggara daerah telitian banyak dijumpai pola struktur pada beberapa lintasan yang di perkirakan merupakan indikasi dari aktifitas tektonik pada zaman dulu. Struktur geologi yang terekam dalam seismik dangkal tersebut berupa pola struktur sesar normal, perlipatan kuat dan struktur terban (*graben*).

Indikasi Struktur Pada Profil Seismik dan Anomali Magnet Total

Untuk menafsirkan data seismik pada prinsipnya mengacu pada analisis batas perubahan pantulan berupa kontras pantulan menyudut *onlap* dan *downlap* secara vertikal maupun horizontal. Kondisi dari karakter pantulan ini sangat berkaitan dengan lingkungan pengendapan sedimen itu sendiri. Oleh sebab itu untuk melakukan analisis data seismik, dalam tulisan ini digunakan prinsip penafsiran yang mengacu pada konsep seismik stratigrafi yang diklasifikasikan oleh Sangree dan Widmier (1977). Penerapan metode ini dilakukan bersamaan dengan pengukuran intensitas magnet total di sepanjang lebih kurang 800 kilometer dari total panjang lintasan seismik 1200 kilometer



Gambar 2. Peta batimetri daerah penelitian



Gambar 3. Bentuk tiga dimensi anomali magnet total perairan Tanjung Selor dan sekitarnya (Andrian dalam Ilahude drr, 2004).

dengan arah utara-selatan dan barat-timur. Pada prinsipnya penafsiran metode magnet ini didasarkan pada sifat kemagnitan (*susceptibilitas*) dari batuan atau mineral yang berada pada kedalaman tertentu.

Nilai intensitas magnet total yang diperoleh adalah hasil pengamatan (*F-observe*), yang dikoreksi terhadap intensitas dari fluktuasi magnet variasi harian dan datum kemagnetan global (IGRF 2000). Koreksi ini untuk menghindari adanya gangguan berupa munculnya badai magnet dan efek temperatur bumi. Nilai anomali tersebut ditransformasikan dalam sistem satuan nano-Tesla (nT) dan disajikan dalam peta dan kurva anomali magnet total. Dari hasil analisis ini menunjukkan bahwa profil fluktuasi nilai intensitas magnet regional di beberapa lokasi menghasilkan nilai yang sangat bervariasi, mulai dari yang terendah yaitu - 630 nT sampai yang tertinggi + 532 nT.

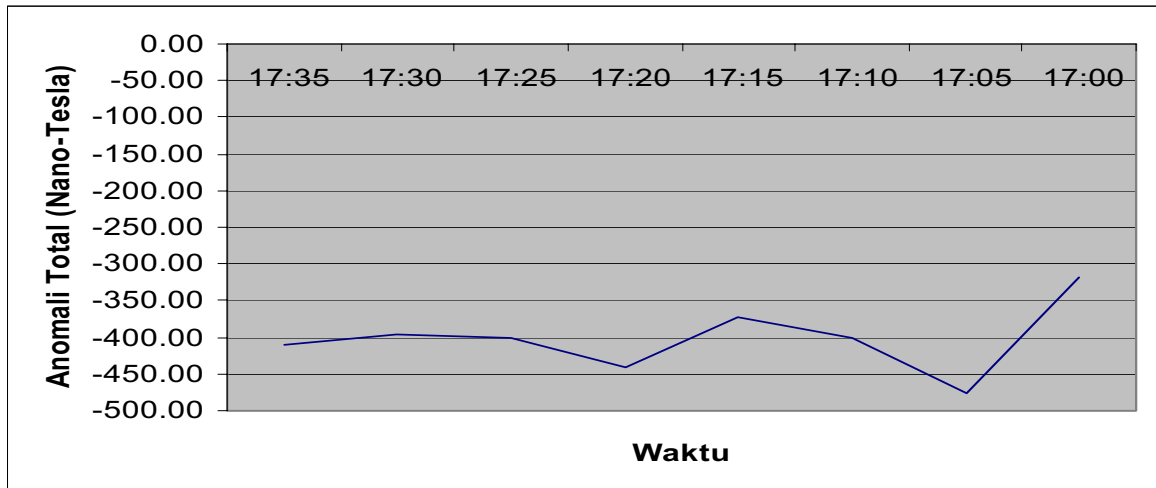
Pola kontur dengan nilai anomali magnet terendah (negatif) diperkirakan disebabkan oleh struktur magnetik batuan dasar (*magnetic basement*) yang telah mengalami deformasi. Struktur geologi yang terekam dalam seismik tersebut berupa struktur sesar normal maupun perlipatan kuat. Sebagai contoh pada lintasan CL-1 yang terletak di bagian tenggara daerah telitian atau di bagian timur dari Pulau Derawan menunjukkan bahwa pada lintasan ini kurva anomali mengalami perubahan signifikan yang ditunjukkan oleh nilai anomali

menurun dari angka sebesar - 318.04 nT hingga mencapai angka sebesar - 475 nT (Gambar 4).

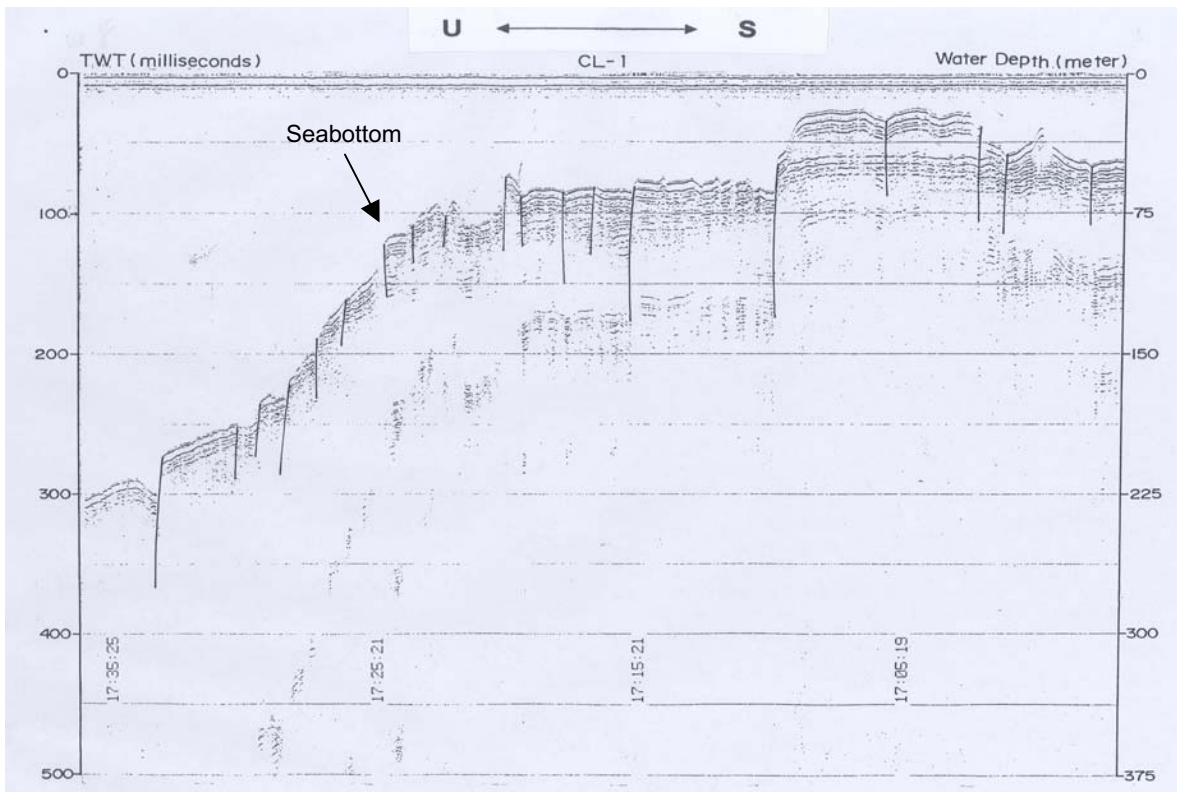
Perubahan nilai tersebut mempunyai korelasi yang sama dengan rekaman seismik pada lintasan seismik CL-1 (Gambar 5). Demikian pula pada lintasan L-14 yang terletak di bagian tenggara daerah telitian, memperlihatkan kurva nilai anomali magnet dengan perubahan nilai secara signifikan yang ditunjukkan oleh nilai anomali negatif menurun dari angka sebesar - 453.50 nT hingga mencapai angka sebesar - 960 nT (Gambar 6).

Lintasan CL-1 dan L-14 tersebut hampir sejajar dan keduanya berada di bagian tenggara daerah telitian dengan kedalaman laut antara 75 hingga 600 meter (Gambar 7). Identifikasi pola rekaman seismik pada kedua penampang tersebut menunjukkan karakter pantulan eksternal yang mempunyai kemiripan satu sama lain.

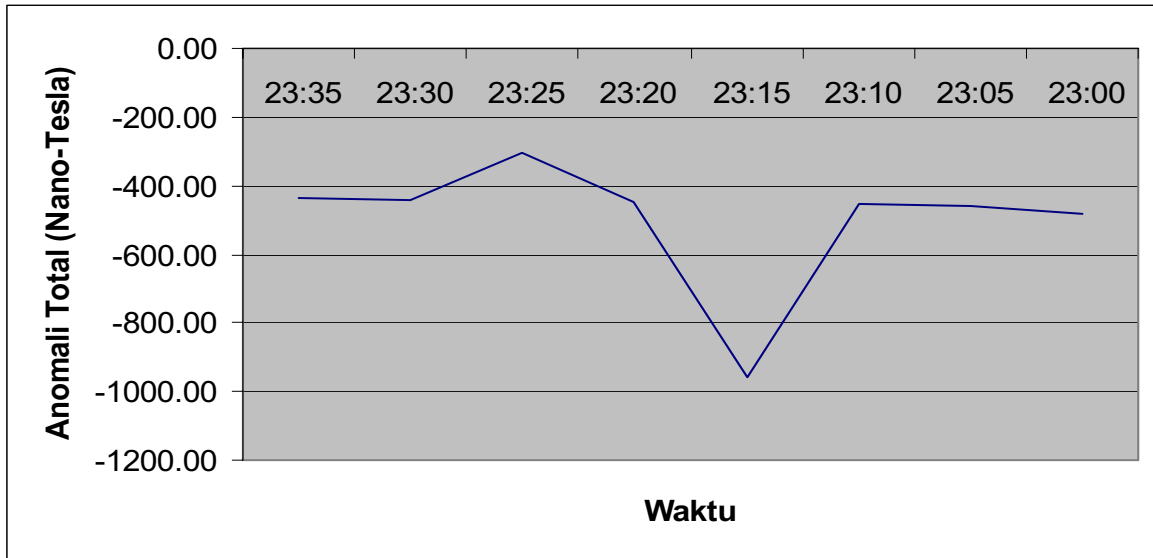
Kondisi ini menggambarkan bahwa pola pantulan eksternal dan nilai anomali magnet pada kedua lintasan tersebut menggambarkan adanya gangguan pada tatanan geologi bawah permukaan dasar laut yang dicirikan oleh rekaman seismik berupa struktur terban (*graben*) yang diperkirakan disebabkan oleh aktifitas tektonik (Gambar 5).



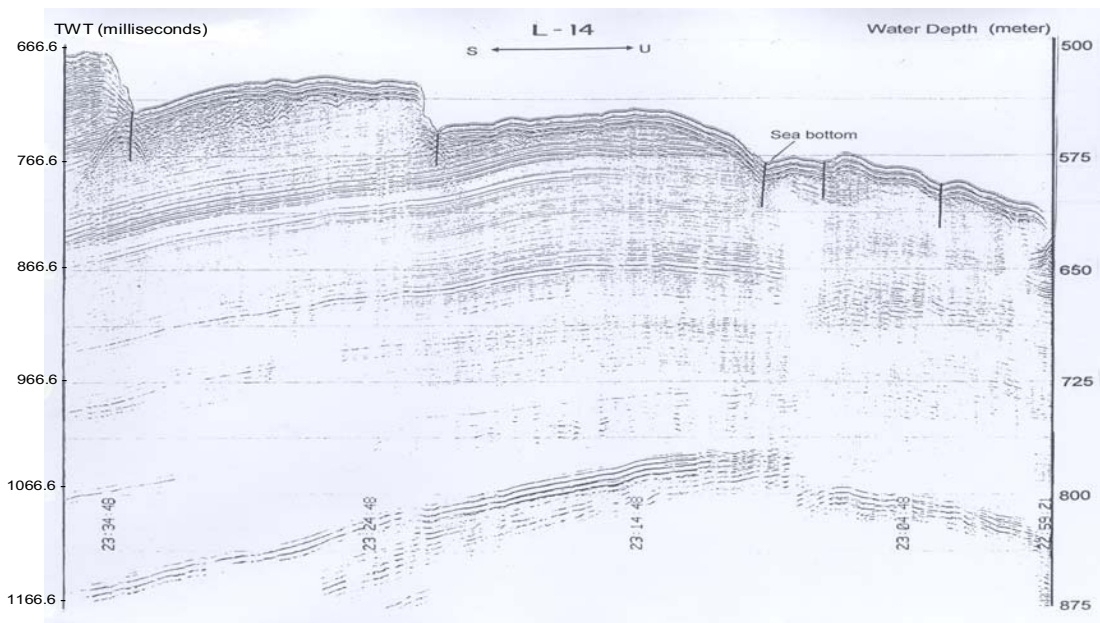
Gambar 4. Kurva anomali magnet pada lintasan CL-1 dengan arah selatan-utara di bagian timur Pulau Derawan.



Gambar 5. Penafsiran rekaman seismik dengan arah yang sama dengan kurva magnet pada lintasan CL-1 di perairan bagian timur Pulau Derawan.



Gambar 6. Kurva anomali magnet pada lintasan L-14 dengan arah utara-selatan di bagian timur Pulau Derawan.



Gambar 7. Penafsiran rekaman seismik dengan arah yang sama dengan kurva magnet pada lintasan L-14 di perairan bagian timur Pulau Derawan.

Adanya pola struktur sesar yang terpantau dan muncul di permukaan dasar laut ini menunjukkan bahwa lapisan penutup (*Recent sediment*) di perairan tersebut mengalami proses erosi oleh energi arus umum yang melintasi Indonesia. Arus ini dikenal dengan arus lintas Indonesia (Arlindo) yang bergerak cenderung dari arah utara ke selatan.

Dilain pihak pada lintasan-lintasan di bagian utara dan timur laut laut, kondisi morfologi dasar lautnya agak berbeda dengan morfologi dasar laut di bagian tenggara daerah telitian. Hampir semua lintasan di bagian utara dan timurlaut ini mempunyai morfologi bergelombang terjal dengan kedalaman laut di atas 1000 meter.

Sebagai contoh adalah lintasan L-27 yang terletak di bagian timur laut daerah telitian, menunjukkan adanya perubahan nilai anomali yang fluktuatif dengan variasi intensitas magnet yang ditunjukkan oleh nilai anomali menurun dari angka sebesar - 425.89 nT hingga berfluktuasi pada angka sebesar - 456.39 nT (Gambar 8). Perubahan anomali tersebut dapat diidentifikasi pada rekaman seismik di lintasan yang sama, dengan pola pantulan eksternal berupa pola struktur perlipatan kuat yang diperkirakan mengalami deformasi pada kala Miosen Akhir-Pliosen yang berkaitan dengan aktifitas tektonik (Gambar 9).

Demikian pula pada lintasan L-1 yang terletak di bagian utara daerah telitian memperlihatkan kurva anomali magnet dengan nilai perubahan secara signifikan yang ditunjukkan oleh nilai anomali negatif menanjak dari angka sebesar - 471.18 nT hingga mencapai angka sebesar - 430.50 nT (Gambar 10).

Nilai anomali magnet total dan pola rekaman seismik pada kedua penampang di lintasan L-1 tersebut menunjukkan pola anomali dan karakter pantulan eksternal yang mirip satu sama lain (Gambar 11). Kondisi ini menggambarkan bahwa pola pantulan eksternal dan nilai anomali magnet di lintasan tersebut menggambarkan adanya gangguan pada tatanan geologi bawah permukaan dasar laut yang dicirikan oleh rekaman seismik berupa struktur sesar maupun cekungan.

Data-data ini sangat didukung oleh beberapa literatur dari Pertamina yang menunjukkan adanya perubahan tatanan geologi di daerah penelitian baik berupa struktur sesar, sinklin maupun antiklin. Struktur geologi yang terpantau ini antara lain ditunjukkan dalam

peta kerangka tektonik dari cekungan Tarakan (Pertamina, 1996).

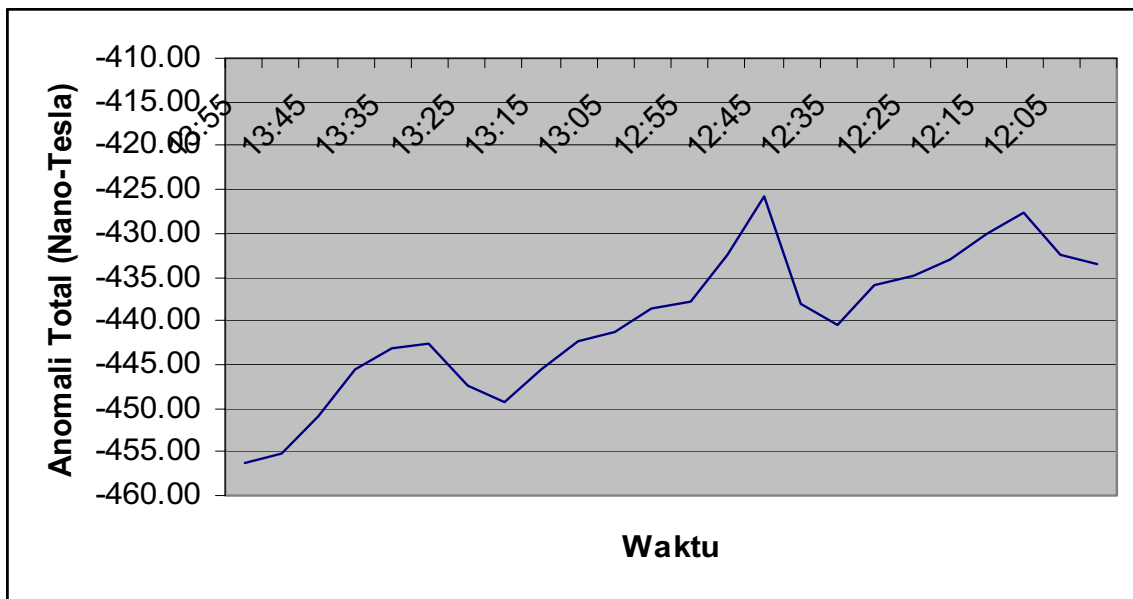
Dari beberapa tampilan data baik pada lintasan di bagian tenggara maupun di bagian utara daerah telitian, menggambarkan bahwa daerah perairan Tanjung Selor dan sekitarnya diduga merupakan bagian yang telah mengalami deformasi akibat aktifitas tektonik pada kala Miosen Akhir-Pliosen (Situmorang dan Burhan, 1995), seperti yang ditunjukkan dalam gambar kurva anomali magnet total dan profil seismik.

Kesimpulan

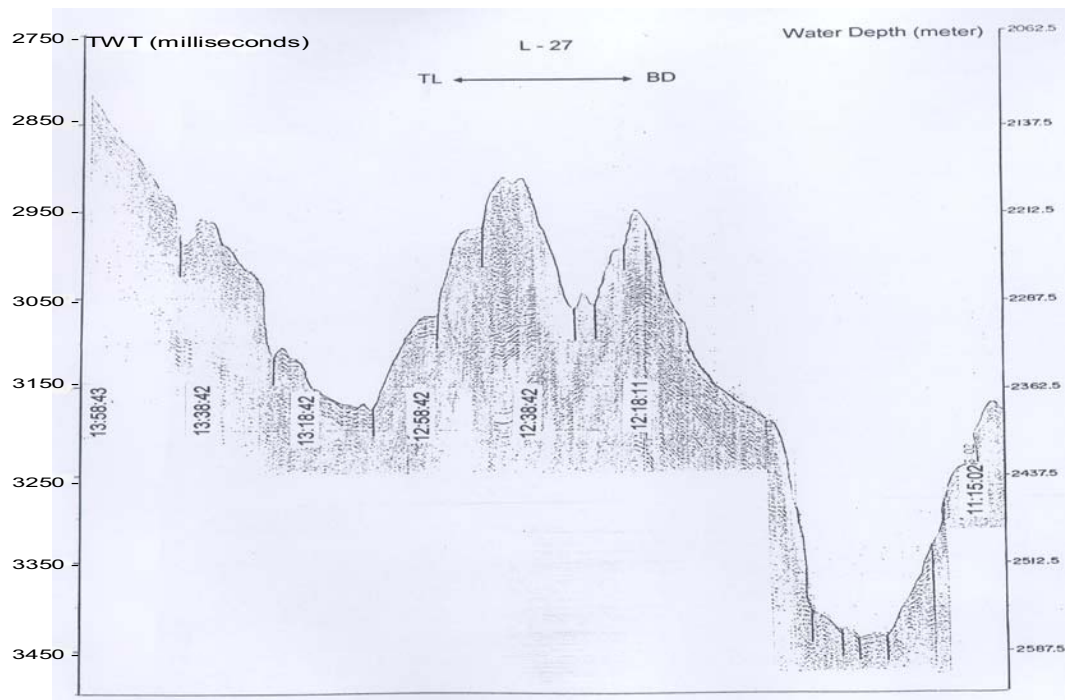
Daerah perairan Tanjung Selor dan sekitarnya diduga merupakan bagian yang telah mengalami deformasi pada kala Miosen Akhir hingga Pliosen. Pola anomali total pada daerah-daerah tertentu dapat dikorelasikan dengan data rekaman seismik dangkal, walaupun nilai anomali tersebut masih merupakan gabungan dari beberapa komponen intensitas magnet. Kemiripan antara kurva anomali magnet dan pola pantulan eksternal pada rekaman seismik sangat ditentukan oleh arah lintasan terhadap struktur geologi di daerah penelitian. Perubahan secara signifikan akibat aktifitas tektonik, cukup jelas terpantau pada anomali magnet total maupun pada rekaman seismik dangkal.

Acuan

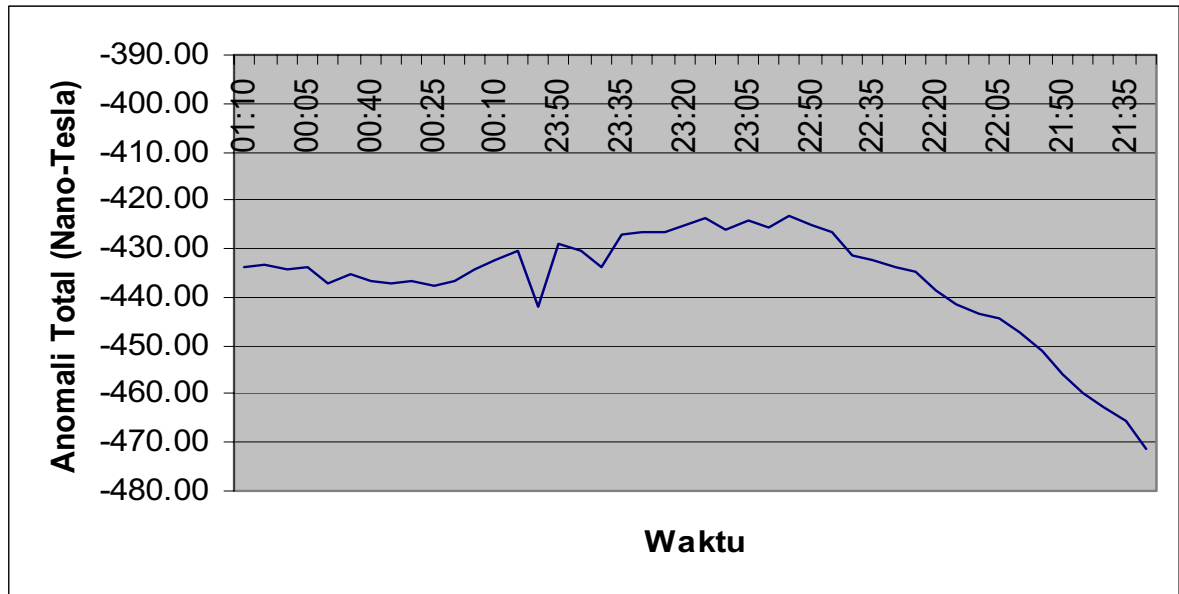
- Ilahude, D., Surachman, M., Kresna, T.D., Winusita, N., Naibaho, T., Yuningsih, A., Kusnida, D., Andrian, Sutisna, 2004. *Laporan Penyelidikan Geologi dan Geofisika Kelautan Perairan Tarakan Lembar Peta 1918 Kalimantan Timur*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung, Tidak dipublikasikan
- Pertamina BPPKA, 1996, *Petroleum Geology Of Indonesian Basins Northeast Kalimantan*, Volume V, Jakarta.
- Sangree, J.B. and Widmier, J.M., 1977. *Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Seismic Interpretation of Clastic Depositional Facies*. Tulsa, Oklahoma, USA, AAPG, Memoir 26.
- Situmorang, R.L., Burhan, G., 1995. *Peta Geologi Lembar Tanjung Redeb Kalimantan*, Skala 1 : 250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung. ❖



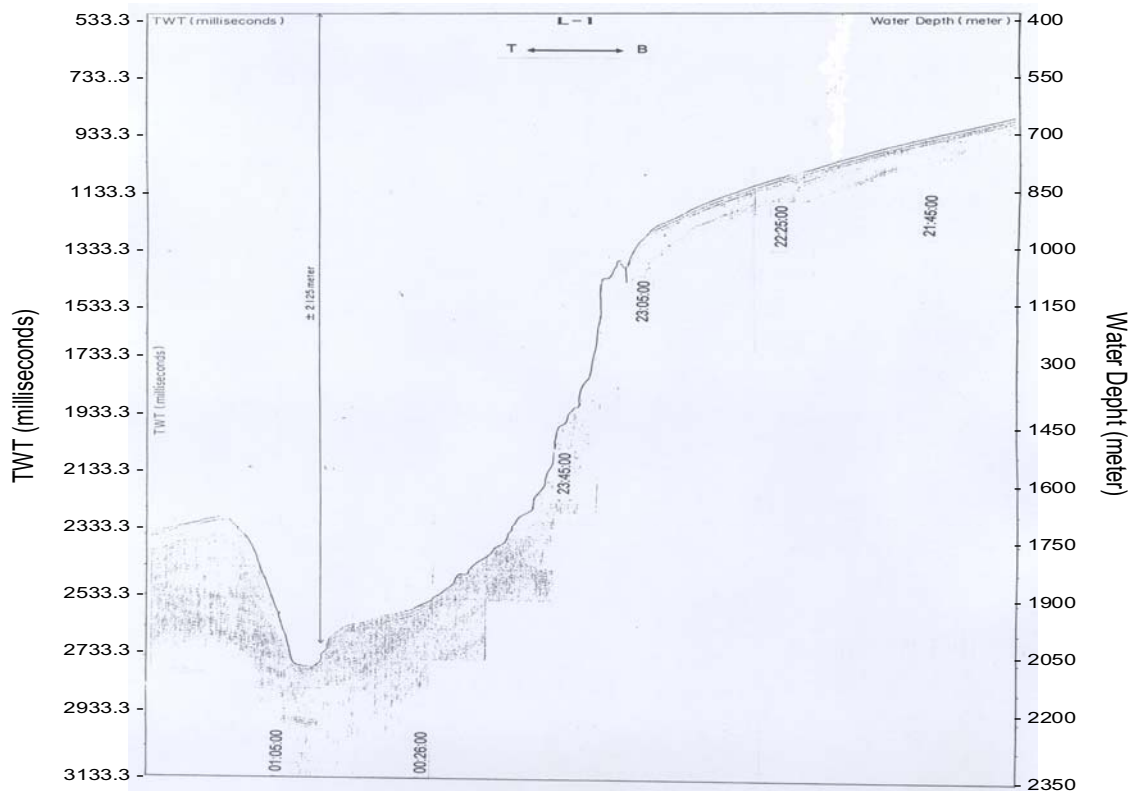
Gambar 8. Kurva anomali magnet pada lintasan L-27 dengan arah barat daya-timur laut di bagian timur-laut daerah telitian.



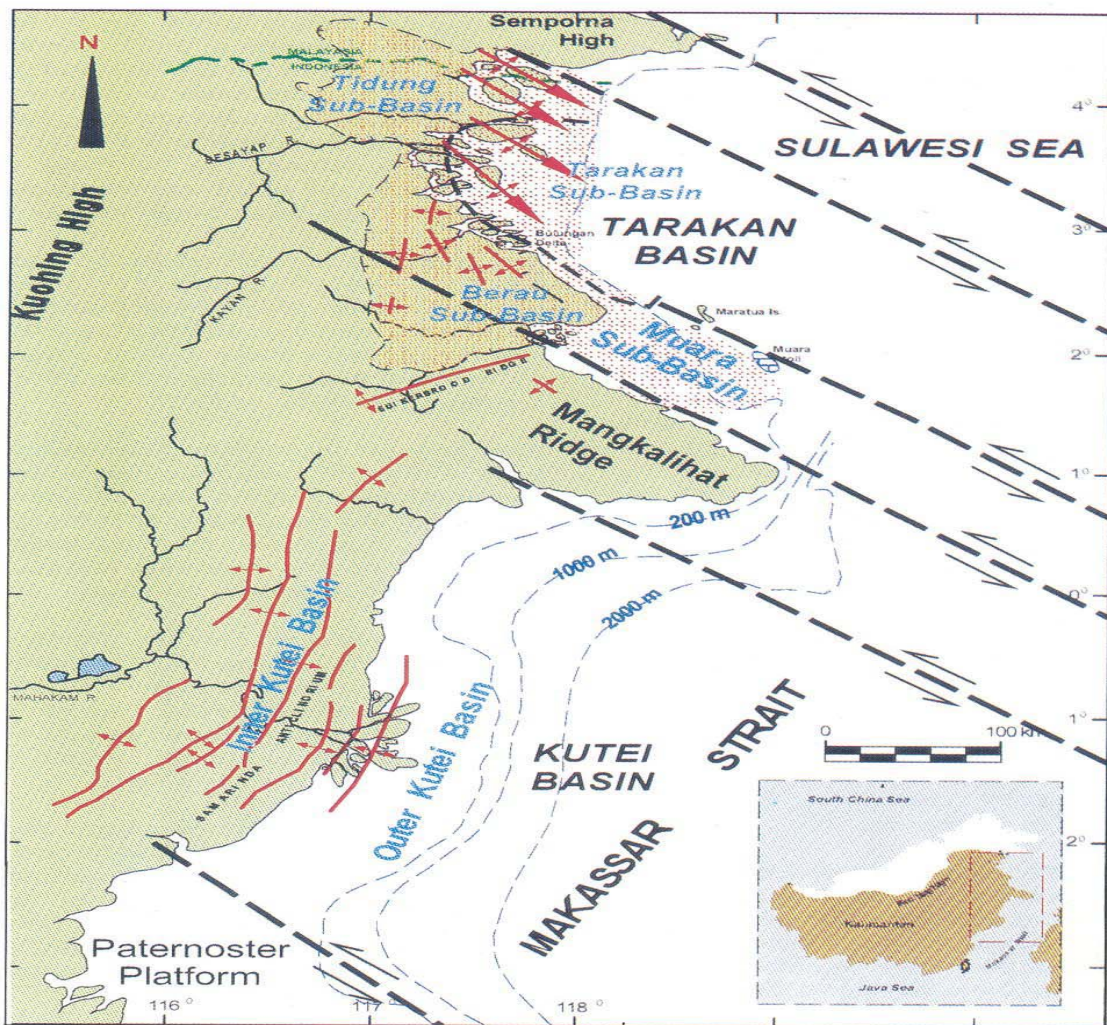
Gambar 9. Penafsiran rekaman seismik dengan arah yang sama dengan arah barat daya-timur laut di bagian timur-laut daerah telitian.



Gambar 10. Kurva anomali magnet pada lintasan L-1 dengan arah barat -timur di bagian utara daerah telitian.



Gambar 11. Penampang seismik dengan arah yang sama dengan kurva magnet pada lintasan L-1 dengan arah barat - timur di bagian utara daerah telitian.



Gambar 12. Peta kerangka tektonik dari Cekungan Tarakan (Modified after BEICIP, 1985, dalam Pertamina, 1996).