

# PEMODELAN 3-D SUSEPTIBILITAS MAGNETIK BAWAH PERMUKAAN DASAR LAUT PERAIRAN LANGSA, SELAT MALAKA-SUMATERA UTARA

Oleh :

**B. Nhirwana dan Subarsyah**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan  
Jl. Dr. Djundjuran No. 236 Bandung – 40174

Diterima : 13-05-2009; Disetujui : 18-11-2009

## S A R I

*Penyelidikan geomagnet laut di perairan Langsa, Selat Malaka-Sumatera Utara memberikan informasi tentang anomali magnetik akibat distribusi suseptibilitas magnetik di bawahnya. Distribusi suseptibilitas magnetik dapat diperoleh dengan menggunakan teknik pemodelan magnetik 3 dimensi (3-D). Penerapan metode ini pada data anomali magnetik residual perairan Selat Malaka menghasilkan model 3-D suseptibilitas magnetik dengan kisaran nilai -0.15 SI hingga 0.15 SI pada kedalaman 0 hingga 3000 m. Model suseptibilitas magnetik memperlihatkan adanya kelurusan struktur berarah relatif baratdaya-timurlaut yang membagi 2 sumber anomaly yang berada di bawah daerah selidikan. Diperkirakan adanya batuan diamagnetik dan batuan intrusif yang menjadi sumber anomali bawah permukaan daerah selidikan yang secara geografis terletak pada daerah cekungan busur belakang Sumatera Utara.*

Kata kunci : anomali magnetik, suseptibilitas magnetik, model inversi, Selat Malaka.

## ABSTRACT

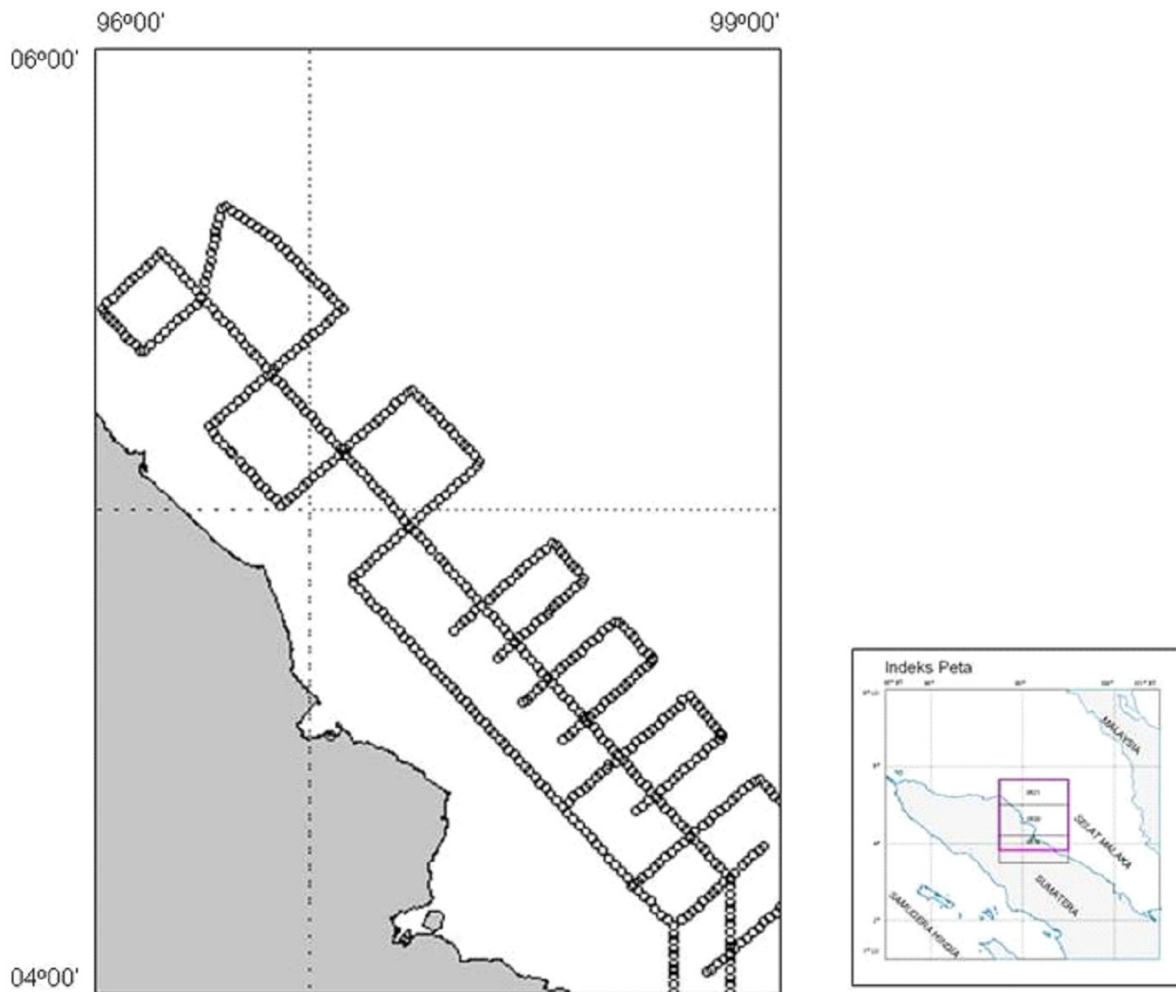
*Marine geomagnetic survey in Langsa Waters, Malaka Strait-North Sumatra provides information on the magnetic anomaly caused by magnetic susceptibility distribution underneath. Magnetic susceptibility model can be derived using 3-D geomagnetic inversion technique. The application of this method for residual magnetic anomaly data obtained from North Sumatra waters resulting 3-D of magnetic susceptibility model ranging from -0.15 – 0.15 SI at depth between 0 - 3000 m. Magnetic susceptibility model shows the present of structure lineation directing relatively southwest-northeast dividing two anomaly sources beneath investigated area. It is suggested that there are diamagnetic substance and intrusive rocks as anomaly source beneath the surveyed area where geographically located at fore arc basin area of North Sumatra.*

Keywords: magnetic anomaly, magnetic susceptibility, inverse modeling, Malaka Strait

## PENDAHULUAN

Survey penyelidikan geomagnetik kelautan dilakukan di Perairan Langsa, Selat Malaka-Sumatera Utara pada koordinat  $97.5^{\circ}$  -  $99^{\circ}$  BT dan  $3.5^{\circ}$  -  $6^{\circ}$  LU dengan menggunakan kapal survey Geomarin I milik Puslitbang Geologi Kelautan (Gambar 1). Secara fisiografis daerah

ini terletak pada daerah cekungan busur belakang Sumatera Utara. Data batimetri menunjukkan kedalaman laut di daerah ini mencapai kurang dari 300 m. Pengambilan data geomagnetik kelautan dilakukan menggunakan alat magnetometer *Sea Spy*. Panjang total lintasan survey geomagnet laut ini mencapai



Gambar 1. Daerah penelitian dan lintasan survey geomagnetik di perairan Sumatera Utara

hingga kurang lebih 1000 km. Anomali magnetik total diperoleh dari data intensitas magnet yang telah koreksi.

Peta anomali magnet total perairan Langsa, Selat Malaka-Sumatera Utara (Gambar 2), memberikan informasi pola anomali magnetik yang diakibatkan oleh sebaran suseptibilitas magnetik di bawahnya. Model 3-D suseptibilitas magnetik diperoleh dengan menggunakan metode pemodelan inversi agar mendapatkan informasi model geologi bawah permukaan yang layak.

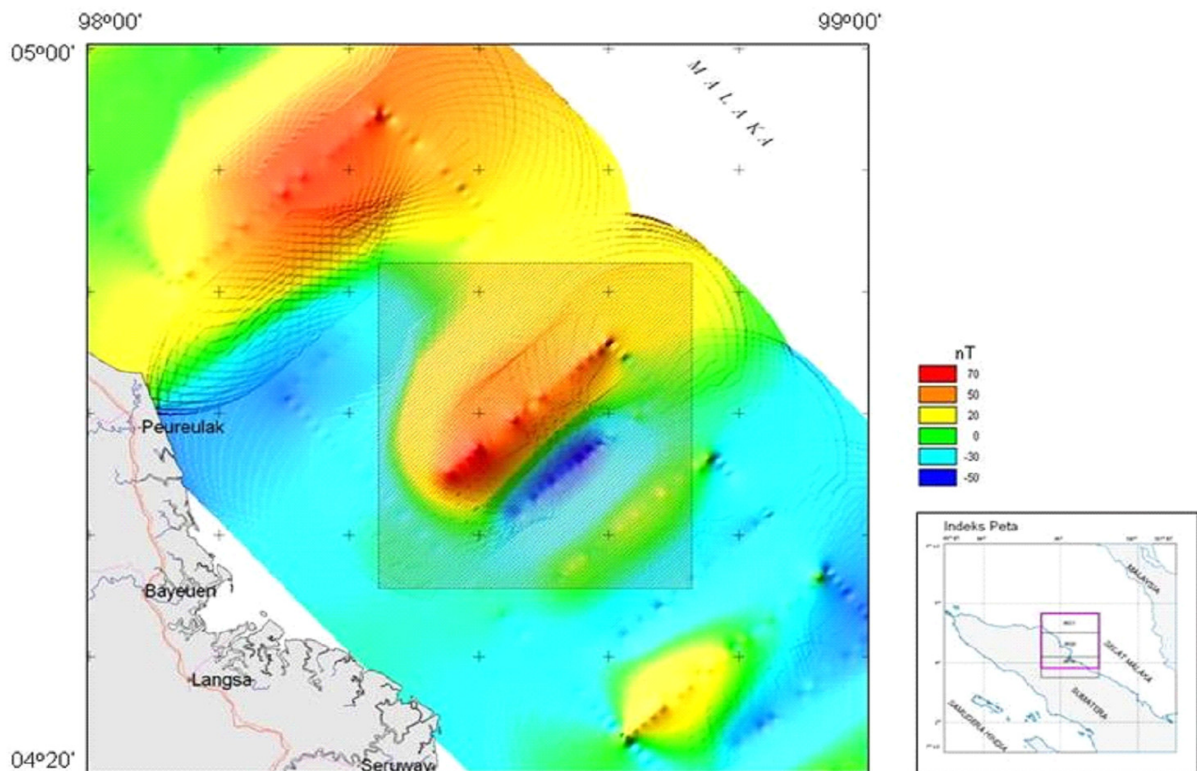
## METODE

Metode yang digunakan dalam menentukan distribusi/sebaran suseptibilitas sumber anomali ini adalah metode pemodelan geomagnetik 3 dimensi (3-D) dari (Grandis dan Yudistira, 2007). Secara garis besar distribusi suseptibilitas

sumber anomali ini diperoleh dari proses *inverse modeling* terhadap data anomali magnet hasil pengukuran beserta data kontinyuasi ke atasnya. Data magnetik kontinyuasi ke atas (beberapa level ketinggian) diperlukan sebagai kelengkapan data atau berupa data tambahan dalam melakukan perhitungan matriks hingga tercapai kondisi *over-determined*, selain itu data geomagnetik pada beberapa level ketinggian mengandung informasi yang lebih lengkap tentang variasi intensitas magnetisasi terhadap kedalaman, dengan demikian proses inversi yang dilakukan terhadap data yang terdistribusi dalam ruang 3-D dapat menghasilkan model dengan resolusi vertikal yang lebih baik (Grandis dan Yudistira, 2007).

## Kontinyuasi ke Atas

Kontinyuasi ke atas ini dilakukan terhadap data permukaan (ketinggian 0 m) untuk



Gambar 2. Peta anomali magnet total Perairan Langsa, Selat Malaka-Sumatera Utara (area dalam kotak merupakan lokasi pemodelan suseptibilitas magnetik 3-D)

mendapatkan data anomali magnet pada beberapa level ketinggian. Kontinyuasi ke atas ini dilakukan menggunakan metode FFT.

### Pemodelan Inversi

Jika suatu model bawah permukaan 3-D dibangun dari himpunan prisma tegak dengan intensitas magnetisasi/suseptibilitas homogen maka vektor data magnetik  $d$  ( $d_i$ ,  $i=1,2,...,N$ ) adalah transformasi linier antara intensitas magnetisasi tiap prisma ( $m_i$ ,  $i=1,2,...,M$ ) dengan matrix kernel  $\underline{G}$  (Grandis & Yudistira, 2001) berukuran ( $N \times M$ ) sebagai berikut :

$$d = \underline{G} m$$

dimana :

$\underline{G}$  = matrix kernel

$M$  = parameter model

$d$  = data

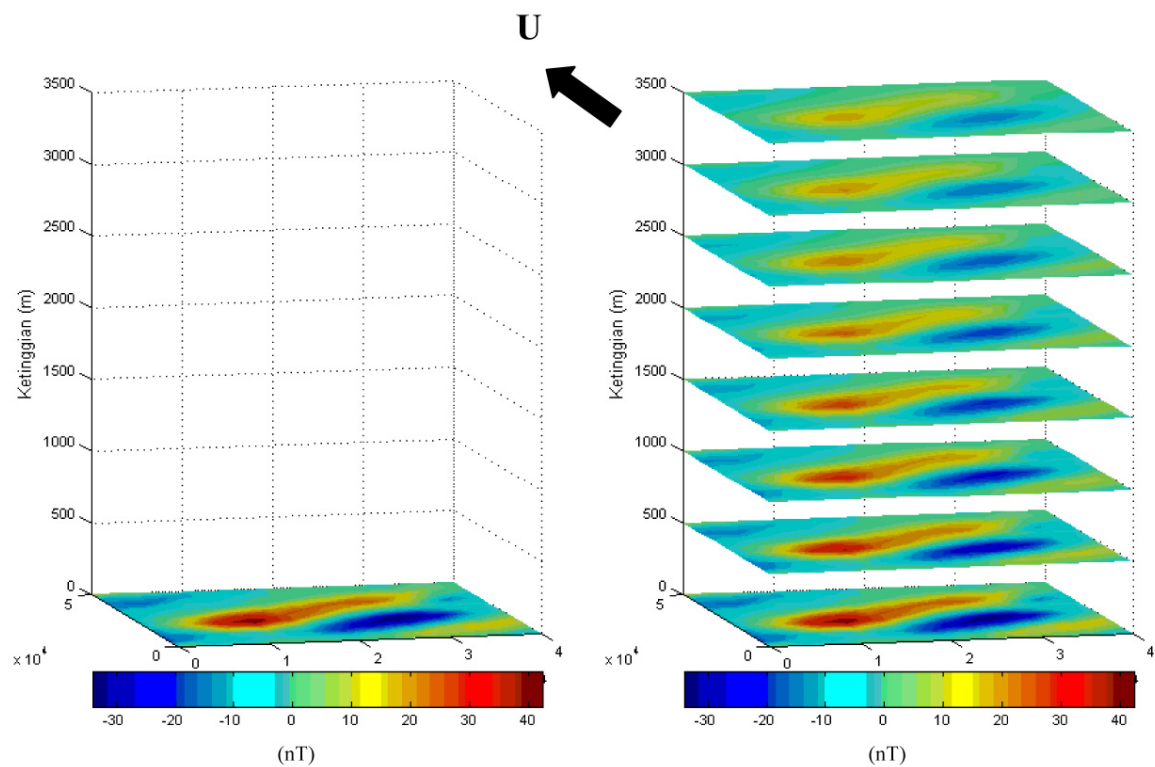
Uraian persamaan di atas juga dapat dituliskan menjadi :

$$d_i = \sum_{j=1}^M G_{ij} m_j$$

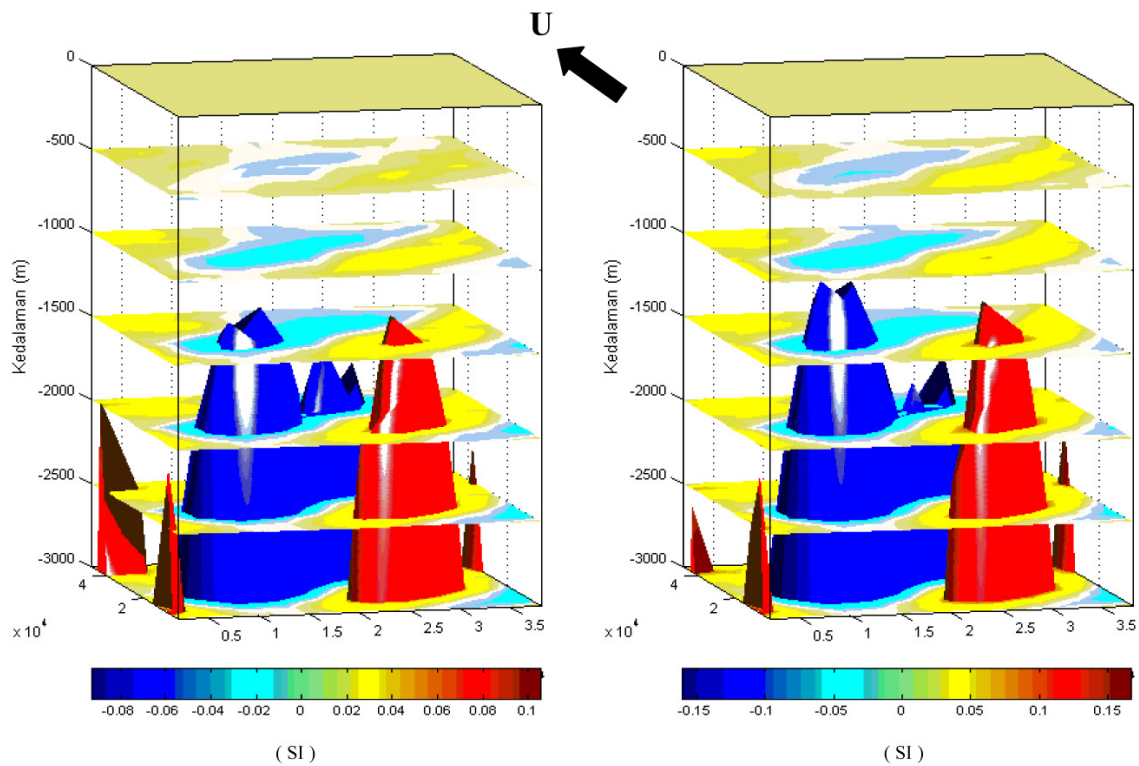
Matriks kernel merupakan ekspresi/penjabaran geometri dari model anomali yang dibangun dari kumpulan prisma. Data ( $d$ ) merupakan data anomali magnetik, sementara parameter model ( $m$ ) merupakan suseptibilitas dari masing-masing prisma dan merupakan parameter yang dicari. Gabungan data di permukaan ( $z=0$ ) dan hasil kontinyuasi ke atas ( $z>0$ ) menghasilkan data dengan jumlah lebih besar dari jumlah parameter model ( $N>M$ ) sehingga solusi inversi bersifat *over-determined* :

$$m = [\underline{G}^T \underline{G}]^{-1} \underline{G}^T d$$

Untuk menghindari ketidakstabilan inversi matriks yang mendekati kondisi singular maka dilakukan minimisasi "*norm*" melalui faktor redaman (?) (Barbosa dan Silva, 2006) sehingga persamaan di atas menjadi :



Gambar 3. Anomali magnet residual (*moving average*) perairan Langsa-Selat Malaka (kiri). Anomali magnet residual perairan Langsa-Selat Malaka hasil kontinyuasi ke atas (*magpick/fft*) (kanan)



Gambar 4. Model 3D suseptibilitas magnetik bawah permukaan hasil inverse data permukaan (kiri). Model 3D suseptibilitas magnetik bawah permukaan hasil inverse data kontinyuasi ke atas (*magpick/fft*) (kanan)

$$m = D [ D G^T G D + ? I ]^{-1} D G^T d$$

dimana :

D = matriks diagonal (M x M), dengan

$$D_{ii} = \left( \sum_{j=1}^N G_{ji}^2 \right)^{-1/2}$$

elemen-elemen

? = faktor redaman ( $0 < ? < 1$ )

Proses inversi menggunakan metode *Singular Value Decomposition* (SVD) yang dikontrol oleh faktor redaman (?) yang dipilih secara *trial and error*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Peta anomali magnetik total perairan Langsa daerah Selat Malaka menunjukkan adanya *trend* kemagnetan berarah timurlaut-baratdaya yang beriringan dengan dua anomali besar yaitu anomali positif (50-70 nT) dan negatif (-50 - (-70) nT) yang diperkirakan berhubungan dengan struktur yang ada di bawah permukaan daerah selidikan (Gambar 3.). Model 3-D suseptibilitas magnetik memperlihatkan terdapatnya struktur berarah relatif timurlaut-baratdaya yang menjadi zona kontak antara 2 sumber anomali yang berbeda terdapat di bawah permukaan daerah selidikan. Hal ini memberikan bukti yang menguatkan pada apa yang diperlihatkan pada peta anomali magnetik total. Struktur ini dicirikan oleh suseptibilitas magnetik dengan kisaran -0.5 SI hingga 0.5 SI membelah dua sumber anomali yang cukup besar memanjang berarah baratdaya-timurlaut daerah selidikan terdapat pada kedalaman 1000 m ke bawah.

Sumber anomali berwarna biru dengan kisaran suseptibilitas magnet negatif dengan kisaran -1.5 – (-0.5) SI terdapat pada kedalaman 1500 m ke bawah di sebelah barat laut struktur (Gambar 4), diperkirakan merupakan sumber anomali yang terbentuk oleh batuan *diamagnetic substance* sementara sumber anomali berwarna merah dengan kisaran suseptibilitas magnet 0.5 – 1.5 SI (Gambar 4.) yang terdapat pada kedalaman 1500 m ke bawah diperkirakan

berhubungan dengan adanya batuan intrusi akibat aktivitas tektonik zona subduksi sebelah barat pulau sumatera.

## KESIMPULAN

Pemodelan suseptibilitas magnetic menunjukkan bukti yang menguatkan adanya kelurusan struktur berarah baratdaya-timurlaut seperti yang diperlihatkan pada peta anomaly magnet total perairan Langsa Selat Malaka. Kelurusan struktur ini terdapat pada kedalaman mulai dari 1500 m ke bawah. Kemungkinan batuan dasar atau benda magnetik lainnya berada mulai kedalaman 1500 m ditandai dengan anomali magnetik yang cenderung membesar. Pada prinsipnya metode ini bisa diterapkan juga pada data gravitasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Delyuzar Ilahude dan Ir. Joni Widodo M.Si yang telah membantu sehingga proses akuisisi data berlangsung, kepada Tim Pemetaan Geologi Kelautan LP0719-0721 yang telah membantu dalam pelaksanaan kegiatan ini. Tidak lupa beberapa rekan yang lain yang telah membantu, dan tidak memungkinkan untuk disebutkan satu per satu.

## ACUAN

- Barbosa, V. C. Fand Silva J. B. C., 2006, Interactive 2D magnetic inversion: A tool for aiding forward modeling and testing geologic hypotheses, *Geophysics*, Vol. 71, No.5, P. L43-L50.
- Grandis, H. dan Yudistira, T., 2001, Inversi Data Magnetik 3-D (*Inversion of 3-D Magnetic Data*), *Pertemuan Ilmiah Tahunan HAGI ke-26, Jakarta*.
- Grandis, H. dan Yudistira, T., 2007, Pemodelan Magnetik Menggunakan Data dengan Distribusi Spasial 3-D, *Jurnal Teknologi Mineral Vol. XIV, No. 1*.

