

# MODEL SEDERHANA IGRF REGIONAL INDONESIA 2010-2015

Fitri Nuraeni

Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)

e-mail: [fitrinuraeni@yahoo.com](mailto:fitrinuraeni@yahoo.com)

**Abstrak** — Kebutuhan untuk mengetahui medan geomagnet utama tanpa pengaruh faktor eksternal sangat besar bagi para surveyor pertambangan, pengguna atau penyedia navigasi satelit dan ilmuwan-ilmuwan yang mempelajari cuaca antariksa atau hubungan matahari bumi. Oleh karena itu dibuatlah suatu model geomagnet yang disepakati secara internasional yang dikenal sebagai model IGRF *International Geomagnetic Reference Field*. Medan geomagnet utama ini didekati dengan menggunakan *spherical harmonic* berorde  $n=13$  untuk medan utamanya dan  $n=8$  untuk variasi sekulernya. Pada makalah ini akan dipaparkan algoritma pembuatan model menggunakan koefisien Gauss untuk IGRF 2010-2015 tanpa memasukkan variasi sekulernya dan ketinggian dianggap seragam pada 600 km di atas permukaan laut. Sehingga dapat diperoleh model IGRF sederhana untuk wilayah Indonesia.

**Kata kunci:** IGRF, *spherical harmonic*, model geomagnet regional

*Abstract* — The geomagnet main field which exclude the influence from external factors very useful for mine/geological surveyors, satellite navigation user or provider and scientists who study the space weather or the Sun-Earth connection. Therefore an internationally agreed geomagnet model, called IGRF (International Geomagnetic Reference Field) is made. The geomagnetic main field is described as a spherical harmonic series with order  $n=13$  for the main field and  $n=8$  for the secular variation. In this paper, we will explain about the algorithm for this model using Gauss coefficient of IGRF 2010-2015 which exclude the secular variation and using the assumption that the height is uniform by 600 km above sea level. The result is a simple model of IGRF for Indonesia region.

**Key words :** IGRF, *spherical harmonic*, geomagnetic regional model

## 1. PENDAHULUAN

Medan magnet bumi digambarkan sebagai magnet batang dipol sederhana. Garis-garis gaya medan magnetnya mencapai 12 kali jari-jari bumi. Oleh karena itu garis-garis gaya tersebut berinteraksi dengan angin surya yang menyebabkan magnetosfer bumi mempunyai bentuk seperti komet. Karena interaksi ini pula geomagnet yang terukur di permukaan akan mengandung medan magnet eksternal yang disebabkan dari matahari tadi dan medan magnet internal yang berasal dari bumi sendiri. Pengaruh eksternal ini hanya sekitar 5% dari nilai total medan magnet terukur, tetapi ia menyebabkan terjadinya variasi harian dan musiman. Selain itu jika terjadi badai matahari maka faktor eksternal tersebut akan membesar secara ekstrim yang tentunya memperigaruhi nilai total terukur di permukaan bumi.

Sedangkan pada bidang geologi dan pertambangan, diperlukan nilai dasar geomagnet utama tanpa gangguan yang berasal dari faktor eksternal. Nilai dasar geomagnet utama tanpa gangguan tersebut akan digunakan untuk memisahkan anomali regional. Hal ini karena survei geomagnet biasanya mencari perbedaan nilai suseptibilitas antara suatu anomali dengan lingkungan sekitarnya. Suseptibilitas disini maksudnya adalah kerentanan magnet. Berbagai material batuan mempunyai

*Geomagnet dan Magnet Antariksa* (2010), hal 13-20

©2010 Massma Publishing Jakarta.

suseptibilitas yang berbeda-beda, sehingga suatu anomali atau target survei dapat dibedakan berdasarkan perbedaan suseptibilitasnya dengan lingkungan sekitar.

Model IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*) merupakan suatu model yang menggambarkan nilai medan geomagnet utama tanpa gangguan medan magnet dari luar bumi di titik manapun dari mulai inti bumi hingga angkasa. Model ini biasanya digunakan untuk penentuan anomali magnet regional dan lokal, survei pertambangan dan geologi, navigasi dan juga diperlukan oleh para ilmuwan yang mempelajari cuaca antariksa dan interaksi matahari bumi.

Model IGRF ini dikembangkan oleh suatu tim pemodelan dalam suatu organisasi yang disebut IAGA (*International Association of Geomagnetism and Aeronomy*) pada 1969. Pada perkembangannya model IGRF direvisi setiap lima tahun dengan melibatkan kolaborasi institusi-institusi yang melakukan pengukuran geomagnet baik menggunakan satelit maupun magnetometer landas bumi dan beberapa tim pemodelan geomagnet yang dikoordinasi oleh IAGA (Finlay *et.al*, 2010).

Perhitungan dan model yang dipaparkan dalam makalah ini masih sederhana, karena belum memasukan variasi sekuler yang disebabkan oleh dinamika inti bumi itu sendiri. Selain itu, digunakan juga ketinggian merata yaitu pada 600 km diatas permukaan laut di seluruh grid koordinat yang dibuat.

## 2. DATA DAN METODOLOGI

### 2.1. Data

Untuk memperoleh model IGRF diperlukan data berupa koefisien Gauss yang dapat diperoleh di situs [http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/geom\\_util/alhgrf.shtml](http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/geom_util/alhgrf.shtml). Untuk kegiatan ini data yang digunakan hanyalah data terakhir yaitu IGRF 2010. Karena model yang dibuat berbentuk area maka koordinat geografis yang digunakan sebagai input adalah 11° LS - 8°LU dan 93° BT-141°BT, dengan grid 0.5°.

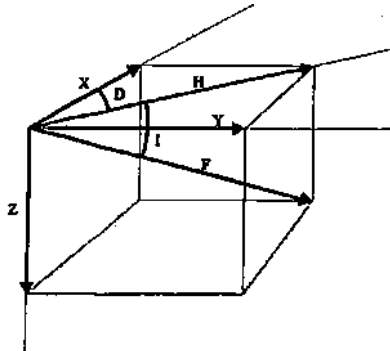
### 2.2. Metodologi

Potensial magnet bumi tanpa pengaruh eksternal dapat didekati dengan persamaan:

$$V = a \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n \left( \frac{a}{r} \right)^{n+1} \left( g_n^m \cos m\phi + h_n^m \sin m\phi \right) P_n^m(\cos\theta) \quad (2-1)$$

dengan  $a$  adalah jari-jari bumi, yaitu 6371.2 km, dan  $r$  merupakan jarak dari pusat bumi ke titik yang akan dicari nilai potensialnya;  $g$  dan  $h$  merupakan koefisien Gauss dengan orde  $n=1,2,3,\dots,N$  dan  $m < n$ ;  $\phi$  merupakan colatitude (90°-lintang) dan  $\theta$  merupakan garis bujur dari titik yang dicari nilai potensialnya tersebut. Sedangkan  $P_n^m(\cos\theta)$  merupakan fungsi Legendre dengan normalisasi Gauss-Schmidt.

Untuk memperoleh model IGRF perkomponen geomagnet (H, D, Z, sudut inklinasi, dan sudut deklinasi) seperti terlihat pada Gambar 2-1,



Gambar 2-1. Komponen-komponen geomagnet H,D,Z,X, Y, sudut deklinasi (D) dan sudut inklinsi (I).

Maka persamaan (2-1) di atas dimasukan ke persamaan yang diturunkan dari persamaan Maxwell (Cam *et.al*, 1964) sehingga diperoleh

$$B = \nabla V \tag{2-2}$$

maka

$$-X = B_{\theta} = \frac{\partial V}{r \partial \theta} = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r}\right)^{n+2} (g_n^m \cos m\phi + h_n^m \sin m\phi) \frac{\partial P_n^m}{\partial \theta} \tag{2-3}$$

$$Y = B_{\phi} = \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial V}{\partial \theta} = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r}\right)^{n+2} \frac{m}{\sin \theta} (-g_n^m \sin m\phi + h_n^m \cos m\phi) P_n^m(\theta) \tag{2-4}$$

$$-Z = B_r = \frac{\partial V}{\partial r} = -\sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r}\right)^{n+2} (n+1)(g_n^m \cos m\phi + h_n^m \sin m\phi) P_n^m(\theta) \tag{2-5}$$

Dari persamaan (2-3),(2-4) dan (2-5) kemudian dapat diperoleh persamaan untuk model IGRF perkomponen geomagnet sebagai berikut:

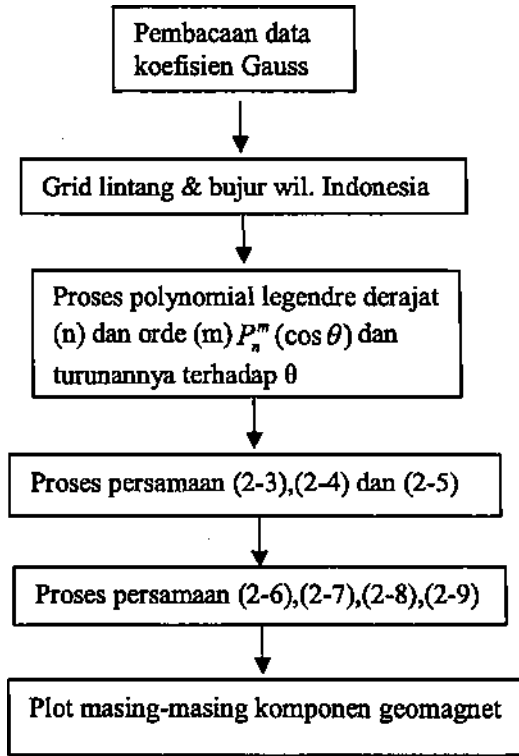
$$H(nT) = \sqrt{X^2 + Y^2} \tag{2-6}$$

$$D(^{\circ}) = \tan^{-1} \left( \frac{Y}{X} \right) \tag{2-7}$$

$$D(nT) = H \tan(D^{\circ}) \tag{2-8}$$

$$I(^{\circ}) = \tan^{-1} \left( \frac{Z}{H} \right) \tag{2-9}$$

Kemudian langkah selanjutnya adalah melakukan komputasi dengan menggunakan persamaan-persamaan di atas dengan langkah-langkah pengolahan data seperti terlihat pada Gambar 2-2.



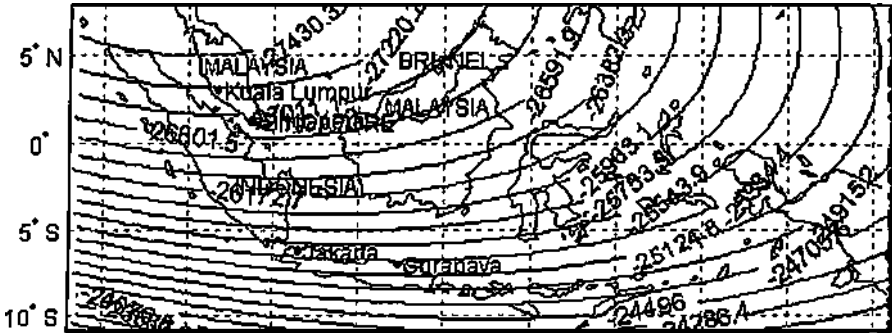
Gambar 2-2. Langkah-langkah pengolahan data untuk perhitungan model IGRF regional Indonesia.

### 3. HASIL

Dari pengolahan yang sudah dilakukan diperoleh hasil seperti yang terlihat pada Gambar (3-1) sampai (3-8). Hasil plot tersebut merupakan model IGRF hasil perhitungan menggunakan koefisien Gauss 2010-2015 tanpa memasukan seku ar variasinya.

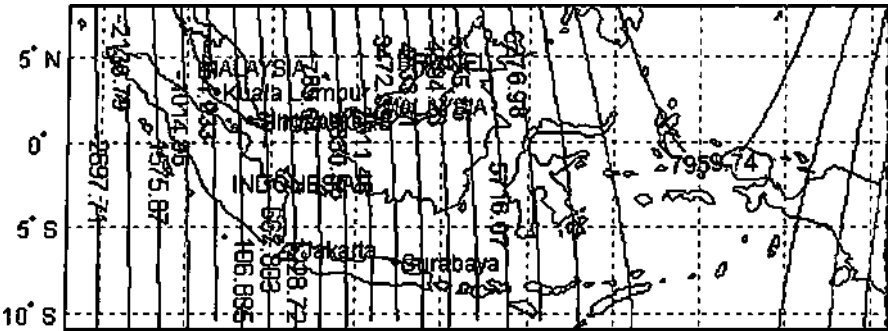
MODEL SEDERHANA IGRF REGIONAL

Komponen X



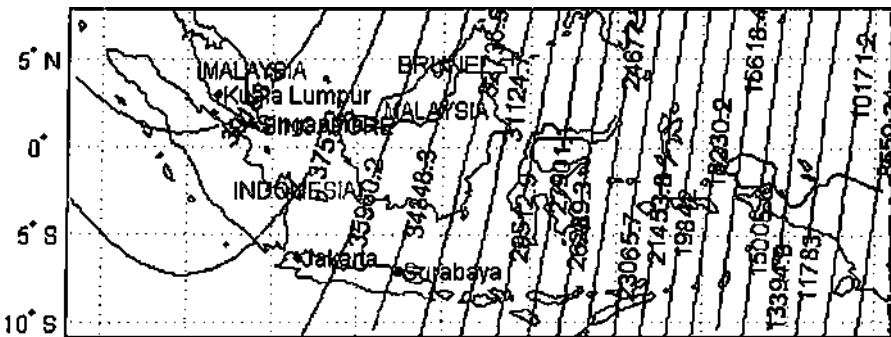
Gambar 3-1. Model IGRF komponen X regional Indonesia 2010-2015

Komponen Y

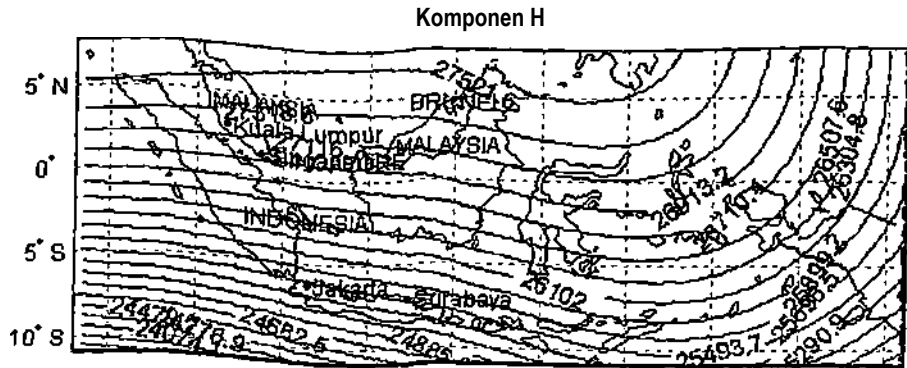


Gambar 3-2. Model IGRF komponen Y regional Indonesia 2010-2015

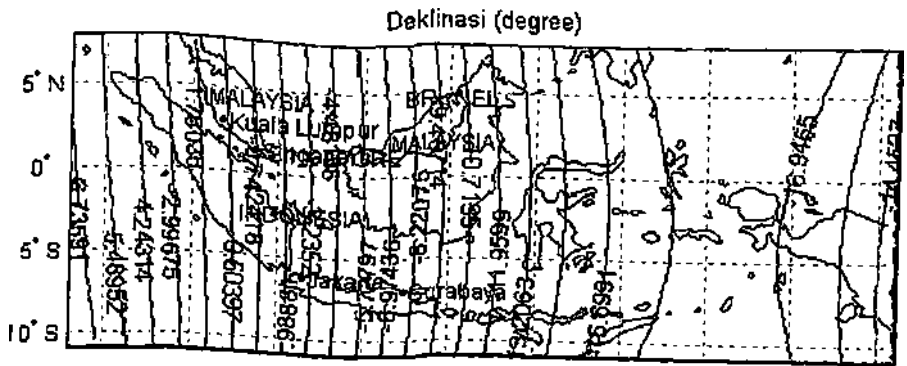
Komponen Z



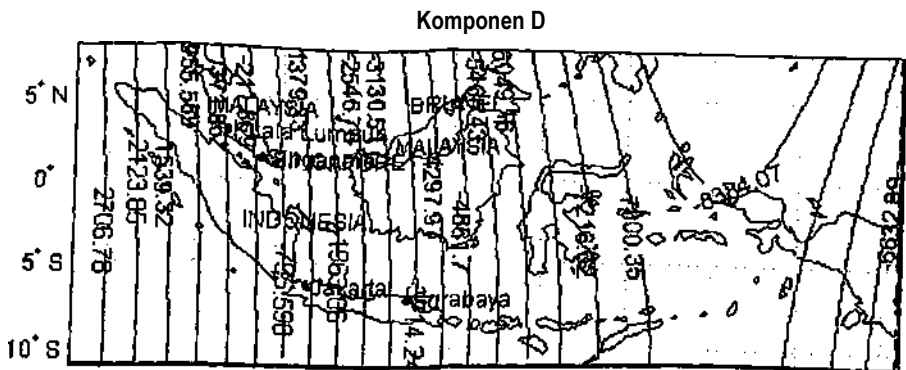
Gambar 3-3. Model IGRF komponen Z regional Indonesia 2010-2015



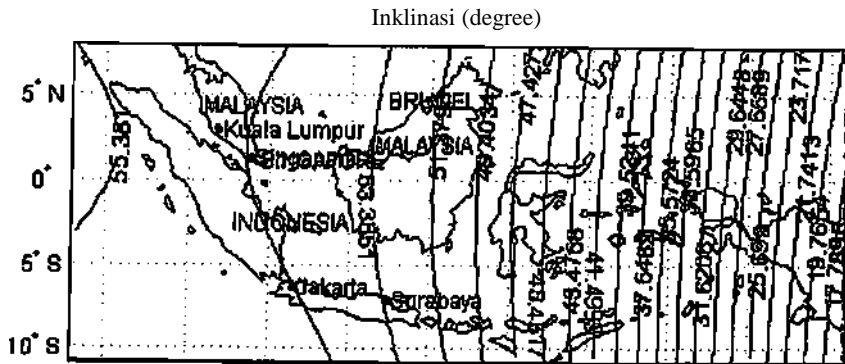
Gambar 3-4. Model IGRF Komponen H(nT) regional Indonesia 2010-2015



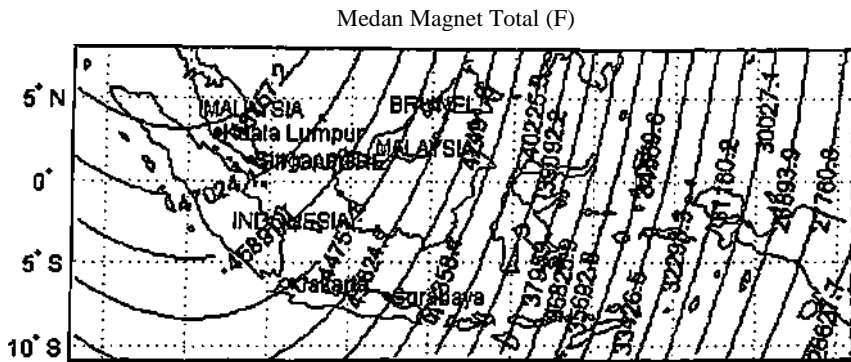
Gambar 3-5. Model IGRF sudut deklinasi regional Indonesia 2010-2015



Gambar 3-6. Model IGRF Komponen D (nT) regional Indonesia 2010-2015



Gambar 3-7. Model IGRF sudut Inklinali regional Indonesia 2010-2015



Gambar 3-8. Model IGRF medan magnet total (F dalam nT) regional Indonesia 2010-2015

## 2. PEMBAHASAN

Koefisien Gauss untuk epoch 2010-2015 ini memiliki  $n=13$  untuk model medan utamanya, dan  $n=8$  untuk variasi sekulernya. Hal ini merupakan ketentuan dari LAGA sejak tahun 2001, bahwa untuk perhitungan model IGRF sejak tahun 2000 harus menggunakan koefisien Gauss sampai orde  $n=13$  atau lebih agar memastikan akurasi model yang dapat tercermin dari data yang tersedia berkualitas tinggi (Maus *et al.*, 2005). Sebelum mendapatkan model dengan orde  $n=13$  ini, pernah juga digunakan  $n=8$ , hasilnya hanya sedikit berbeda. Pada konturnya pun secara umum memiliki trend yang hampir mirip dengan model yang menggunakan orde  $n=13$ , hanya terlihat lebih mendatar sehingga pergeseran koordinat ke arah bujur kurang pengaruhnya dibandingkan pergeseran koordinat ke arah lintang.

Pada makalah ini belum ditunjukkan variasi sekulernya, karena algoritma dan model yang dibangun bertujuan untuk melihat bentuk atau kontur dari nilai medan magnet utama pada berbagai komponen di regional Indonesia secara umum. Oleh karena itu untuk menguji apakah algoritma yang dibuat sudah benar, maka model ini dibandingkan dengan hasil dari NGDC NOAA yang dapat memodelkan IGRF 2010-

2015 ini secara Online. Dari hasil perbandingan tersebut terdapat perbedaan selatar puluhan nT. Hal ini kemungkinan disebabkan model yang dibuat NGDC NOAA ini sudah memasukan variasi sekuler dalam perhitungannya. Selain itu ketinggian pada model online tersebut dibatasi hanya sampai 600 km di atas permukaan laut. Sedangkan kontur topografi Indonesia banyak yang lebih dari 600 km di atas permukaan laut.

### 3. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh medan magnet total IGKF regional Indonesia berada pada rentang 48000 nT- 26000 nT, sedangkan komponen X, Y dan Z nya berturut-turut berada pada rentang 27000 nT- 24000 nT, -2600 nT — 8000 nT, dan 39000 nT - 8000nT. Orde koefisien Gauss yang digunakan ternyata berdampak pada ketelitian nilai perhitungan, semakin tinggi ordenya semakin tinggi tingkat ketelitiannya. Hal ini akan tampak pada hasil konturnya, orde yang lebih tinggi akan lebih dinamis dibandingkan orde yang lebih rendah. Selain itu pergeseran ke arah bujur lebih sedikit pengaruhnya dibandingkan pergeseran ke arah lintang.

### DAFTAR RUJUKAN

- Cain, J.C., Hendricks, S., Daniels, W.E., Jensen, D.,C., 1964, *Computation of The Main Geomagnetic Field from Spherical Harmonic Exxpansions*, NASA
- Finlay, C.C., Maus, S., Beggan, C.D., Hamoudi, M., Lowes, F.J., Olsen, N., Thebault, E., 2010, Evaluation of Candidate Geomagnetic Field Models for IGRF 11, *Earth Planets Space*, XX, 1-19
- Maus, S., Macmillan, S., Chemova, T., Choi, S., Dater, D., Golovkov, V., Lesur, V., Lowes, F., Luhr, H., Mai, W., Mclean, .S, Olsen, N., Rother, M., Sabaka, T., Thomson, A., Zvereva, T., 2005, The 10th Generation International Geomagnetic Reference Field, *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 151, 320-322