Mendapatkan Angka Deklinasi Magnetik untuk Peta Rupabumi

Dr.-Ing. Fahmi Amhar
Peneliti Teknologi Pemetaan Digital, Pusat Pemetaan Dasar Rupabumi dan Tata Ruang, Bakosurtanal
Jl. Raya Jakarta-Bogor km. 46 Cibinong, tel./fax. 021-87901254 email: famhar@telkom.net

Abstrak

Pada tulisan ini disampaikan cara-cara yang dipakai selama ini dalam mendapatkan angka deklinasi magnetik sebagai bagian penting informasi tepi sebuah peta rupabumi. Selain itu sebagian problema dalam data magnetik di Indonesia yang membatasi keberlakuan informasi magnetik juga dibahas.

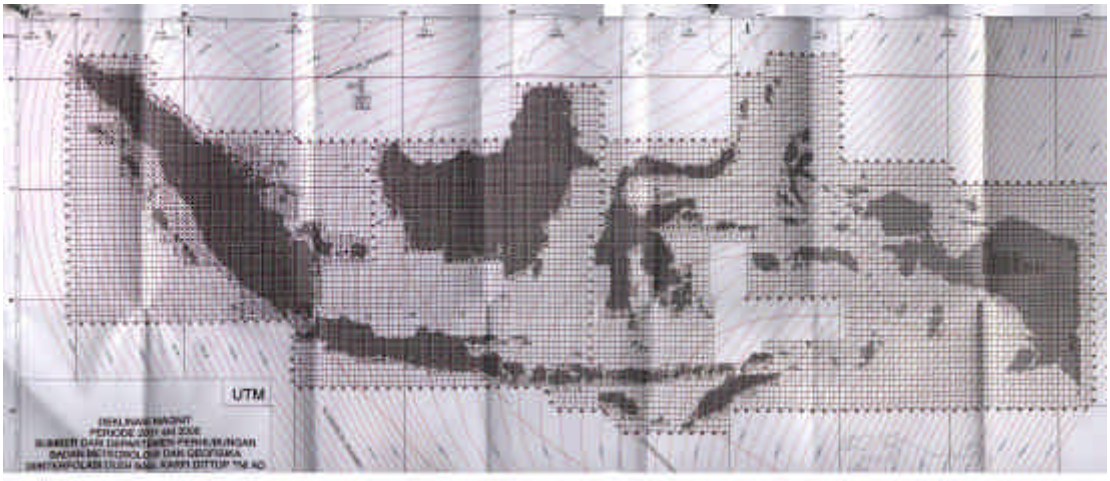
Pendahuluan

Salah satu data yang tercantum dalam informasi tepi peta rupabumi dan penting untuk penentuan arah adalah diagram deklinasi atau ikhtilaf peta. Ada dua deklinasi, yaitu deklinasi magnetik dan deklinasi grid akibat sistem proyeksi yang digunakan. Bagi pengguna kompas, yang sangat vital adalah deklinasi magnetik. Ini karena kutub utara magnetik tidak sama dengan kutub utara (poros) bumi. Diagram deklinasi akan menunjukkan arah utara sebenarnya (US) dengan utara magnetik (UM).

Deklinasi magnetik selalu berubah setiap waktu dan perubahannya tidak teratur. Oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), data dan peta deklinasi magnetik dikeluarkan setiap lima tahun sekali. Namun dalam kenyataannya, sejak 1990 hingga 2004 baru muncul dua kali, yaitu Geophysical Note no. 8 - Isomagnetic Maps of Indonesia for the Epoch 1990 (BMG, 1991) dan Geophysical Note no. 9 - Isomagnetic Maps of Indonesia for the Epoch 2000 (BMG, 2001).

Praktek Pembuatan Deklinasi Magnetik

Berdasarkan buku terbitan BMG di atas, Direktorat Topografi (Dittop) TNI-AD menerbitkan "Buku Petunjuk Tehnik tentang Penggunaan Tabel Deklinasi Magnit" yang antara lain berisi Delinasi Magnit (sudut US-UM) untuk setiap nomor helai peta kedar 1:50.000 (proyeksi UTM maupun LCO). Angka-angka dalam tabel itu dibaca dari garis isomagnetik yang dirapatkan (diinterpolasi) dari peta BMG skala 1:7.500.000. Peta isomagnetik ini kemudian ditumpangi dengan kotak-kota lembar peta, sehingga dari kotak itu angka deklinasi magnetik beserta perubahan tahunannya mudah dibaca (lihat Gambar-1). Karena sistem penomoran peta Dittop berbeda dengan peta Rupabumi Bakosurtanal, maka untuk membacanya perlu mengetahui konversi nomor lembar peta Dittop-Bakosurtanal (Amhar, 2002).



Gambar-1. Peta deklinasi magnetik BMG yang diinterpolasi oleh Dittop TNI-AD

Konsorsium Blom-Narcon dalam proyek Pemetaan Digital Jawa-Bali-Nusa Tenggara (1993-2000) menempuh cara yang sedikit berbeda. Setelah peta isomagnetik BMG diinterpolasi, garis-garis ini kemudian didigitasi, kemudian hasilnya dibuat DEM dengan software DEM. Dari DEM ini kemudian dibuat tabel deklinasi magnetik dengan Lintang-Bujur tiap 7,5 menit dengan titik nol di tengah peta yang paling kiri-bawah di wilayah Indonesia. Karena peta 1:25.000 dibuat tiap 7,5 menit maka dengan mengetahui koordinat titik tengah peta akan didapatkan angka deklinasinya.

Cara Blom-Narcon inilah yang kemudian diadopsi oleh penulis dengan membuat program "DECLINE" dalam bahasa Turbo Pascal pada 1998. Bahkan telah dibuat perapatan DEM sehingga dihasilkan data untuk 2,5 menit yang bisa digunakan hingga skala 1:10.000. Pada program DECLINE ini, masukan bisa dilakukan secara interaktif maupun batch (dengan cukup memasukkan nomor lembar peta). Software kemudian menghitung koordinat titik tengah lembar peta dan kemudian mencari data deklinasi di koordinat itu. Dalam proses pencarian lintang bujur ini, untuk menghindari tak ditemukannya angka yang tepat karena kesalahan pembulatan dilakukan pengujian toleransi sebesar 0,01 menit.

Selain deklinasi magnetik, software decline juga menghitung deklinasi utara sebenarnya (US) ke utara peta atau utara grid (UG). Berbeda dengan UM, UG ini bersifat tetap dan hanya tergantung kepada lokasi dan jenis sistem referensi serta sistem proyeksi yang digunakan (lihat Gambar-1).

Decline akan menghasilkan file decline.out yang berupa file ASCII dan bisa diimpor ke MS-Excel, atau dibaca software lain untuk menggambar simbol deklinasi ini secara otomatis ke dalam AutoCAD (melalui Autolisp) atau FreeHand (dengan Macromedia Script Engine).

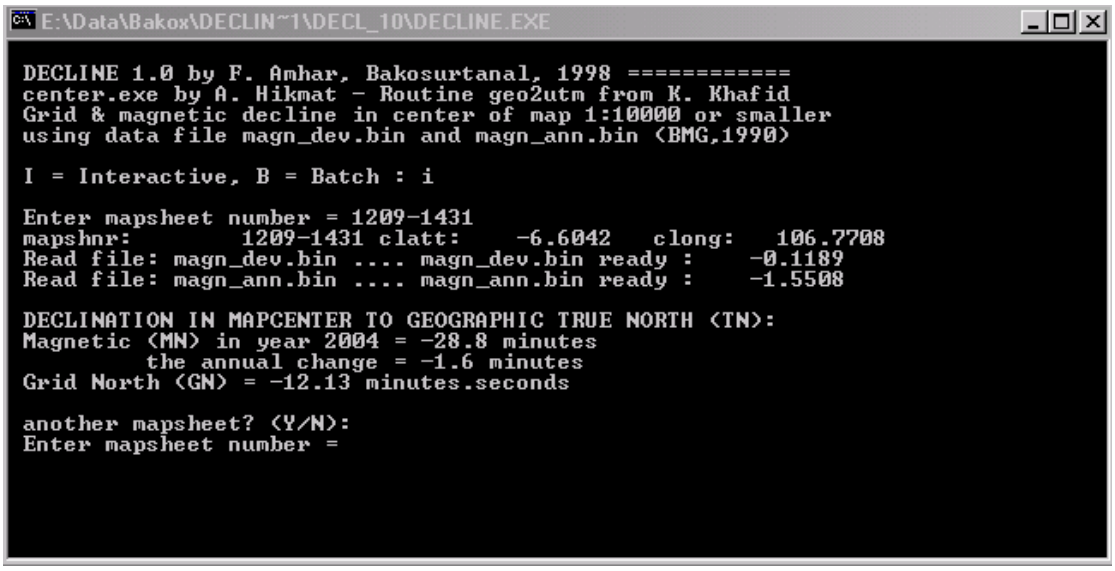
Tantangan di tahun 2000

Semula dipercaya bahwa angka yang dikeluarkan oleh software DECLINE ini masih bisa dipakai hingga tahun 2000. Namun sejak tahun 2000 mulai muncul beberapa kecurigaan dengan hasil yang dikeluarkan. Setiap data magnetik hasil pencarian langsung ditambah dengan angka perubahan tahunan (yang berasal dari tahun 1990) dikalikan dengan jumlah tahun yang berlalu sejak itu. Tetapi alur isomagnetik jadi semakin janggal. Namun berhubung hingga saat itu belum ada referensi yang lebih kuat, data dari DECLINE masih terus dipakai hingga tahun 2003.

Pada tahun 2003 didapatkan buku petunjuk tehnik tentang Penggunaan Tabel Deklinasi Magnit periode 2000-2005 dari Dittop TNI-AD. Ternyata angka-angkanya sudah jauh berbeda dari output DECLINE. Maka kemudian dilakukan pengadaan buku asli BMG – yang ternyata juga tidak terlalu populer termasuk di BMG sendiri.

Data mentah dari BMG ini – seperti juga di buku keluaran tahun 1991, berasal dari pengamatan di 53 stasiun magnit. Ada beberapa titik di buku 1991 yang di buku 2001 sudah tidak ada lagi, seperti di Dilli, Banda Aceh dan sebagainya. Tapi sebagian besar masih sama.

Kini pendekatan yang dipakai bukan dengan peta isomagnetik, melainkan murni dengan geostatistik, langsung dari sumber data aslinya, agar hasil yang dicapai paling akurat.



Gambar-2. Contoh tampilan software penghitung deklinasi magnetik DECLINE 1.0

Implementasi Geostatistik dalam Excel

Pendekatan dengan geostatistik dipandang akan lebih akurat dibanding derivasi dari peta isomagnetik. Implementasi dalam Excel dilakukan karena pada tahap awal terdapat model dan parameter yang harus dioptimasi. Selanjutnya, modul Excel ini diproteksi sehingga sel-sel yang bisa diubah hanya sheet interface untuk pengguna, yang bisa memilih antara memasukkan koordinat titik pusat peta, atau memasukkan nomor lembar peta sistematik (Gambar-4). Fasilitas memasukkan koordinat titik pusat peta secara bebas ini belum ada di DECLINE, namun dirasa penting untuk peta-peta non sistematis, seperti peta Lingkungan Pantai Indonesia atau peta Batas Wilayah.

Setelah koordinat titik pusat peta ini masuk, modul melakukan algoritma sebagai berikut:

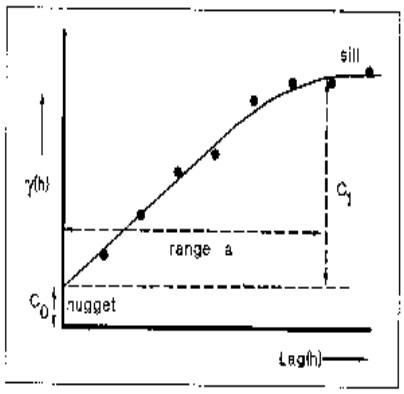
1. Data mentah adalah data magnetik yang berisi koordinat stasiun (Lintang, Bujur), declinasinya (**vektor M**) dan perubahan tahunannya (**vector C**).
2. Pertama-tama membuat matrix yang berisi jarak antar titik stasiun magnit BMG. Matrix ini disebut distance **matrix D**. Karena ada 53 stasiun magnit, maka besar matrix D adalah 53 x 53.
3. Membuat vektor yang berisi jarak titik pusat peta yang ingin dicari deklinasinya ini dengan semua titik stasiun magnit. Vektor ini disebut juga distance **vector V**.
4. Menggunakan persamaan geostatistik untuk substitusi elemen-elemen D dengan rumus:

   G(h) = c0 + c1 untuk h ? a

   G(h) = c0 + c1 ((3h)/(2a) – 0.5*(h/a)^3) untuk h < a

   dengan:
   c0 ... nugget dalam variogram
   c1 ... sill variogram
   a ... range variogram
   h .... jarak antar titik = elemen matrix D

   Matrix ini disebut **matrix A**.
5. Mensubstitusi elemen-elemen V dengan rumus yang sama menjadi **vector b**.
6. Menambah satu kolom dan baris terakhir pada matrix A dengan isian 1, kecuali pada elemen pojok kanan bawah dengan isian 0. Menambah 1 baris vector L dengan isi 1.
7. Melakukan invers atas matrix A => $\mathbf{A^{-1}}$
8. Mengalikan A^{-1} dengan b menjadi *weight* **vector L**. Bila L memiliki baris sebanyak n, maka jumlah isi elemen L hingga baris n-1 adalah 1.
9. **Harga** (deklinasi, perubahan tahunan) pada posisi **yang dicari** (yaitu pusat peta) adalah perkalian transpose vector L (seluruh elemennya minus baris terakhir) dengan vector M (untuk deklinasi magnetik) atau vector C (untuk perubahan tahunan).
10. Sedang harga **variance** (atau kuadrat dari sigma naught – yaitu indikator ketelitian) adalah perkalian vector L dengan vector b.
11. Parameter variogram dioptimasi dengan melihat seluruh elemen pada matrix D kecuali yang bernilai 0. Nugget c0 diambil dari nilai distance minimum. Sill c1 diambil dari nilai median. Sedang range a untuk variogram sferis bisa dihitung dari c0 + c1. Berikut ini adalah bentuk variogram sferis.

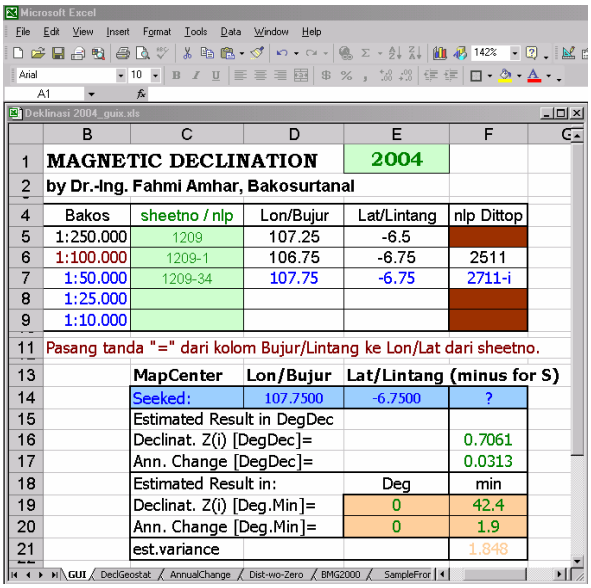


Gambar-3. spherical variogram

(lihat: Burrough & McDonnel (1998): Principle of Geographical Information Systems. chapter Six: Optimal Interpolation using Geostatistics)

Seluruh hitungan dilakukan dalam derajat decimal. Sedang fungsi Excel yang banyak dipakai adalah VLOOKUP untuk mencari angka-yang diperlukan sesuai index, dan fungsi matrix (MMULT, MIINVERSE, TRANSPOSE).

Sedang tampilan output diberikan dalam derajat decimal dan derajat-menit-detik. Pada modul **Deklinasi 2004_guix.xls** ini juga diberikan secara otomatis nomor lembar peta ala Dittop.



	B	C	D	E	F
1	MAGNETIC DECLINATION			2004	
2	by Dr.-Ing. Fahmi Amhar, Bakosurtanal				
4	Bakos	sheetno / nlp	Lon/Bujur	Lat/Lintang	nlp Dittop
5	1:250.000	1209	107.25	-6.5	
6	1:100.000	1209-1	106.75	-6.75	2511
7	1:50.000	1209-34	107.75	-6.75	2711-i
8	1:25.000				
9	1:10.000				
11	Pasang tanda "=" dari kolom Bujur/Lintang ke Lon/Lat dari sheetno.				
13		MapCenter	Lon/Bujur	Lat/Lintang (minus for S)	
14		Seeked:	107.7500	-6.7500	?
15		Estimated Result in DegDec			
16		Declinat. Z(i) [DegDec]=			0.7061
17		Ann. Change [DegDec]=			0.0313
18		Estimated Result in:		Deg	min
19		Declinat. Z(i) [Deg.Min]=		0	42.4
20		Ann. Change [Deg.Min]=		0	1.9
21		est.variance			1.848

Gambar-4 Graphic User Interface dari modul Deklinasi 2004_guix.xls

Diskusi Ketelitian

Dari sisi ketelitian an sich, modul geostatistik ini sangat akurat, Namun pertanyaan kembali muncul pada saat membandingkan peta-peta RBI yang keluaran dua tahun terakhir. Misalnya pada peta keluaran tahun 2002 tertulis deklinasi magnetik tahun itu serta perubahannya. Namun ternyata angka yang diberikan modul sangat berbeda, hingga mencapai 1 derajat serta ke arah yang berbeda.

Maka kecurigaan muncul pada data dasar BMG sendiri, di mana tiga kemungkinan bisa terjadi:

1. Akurasi alat yang sudah usang.
2. Jumlah stasiun yang terlalu sedikit sehingga interpolasi sangat sensitif pada kesalahan
3. Kesalahan model sehigga reduksi pada suatu epoch mengalami kesalahan.
4. Blunder, kesalahan entry data (?)

Berikut ini adalah tabel perbandingan hitung teoretis dengan pengalaman empiris.

City1990	Declination 1990	2000	Empiric Decl change 2000-1990	Empiric AC Decl ch/10	Annual Change 1990	2000	Empiric AC change 2000-1990
Balikpapan	1.76317	1.18333	-0.57983	-0.0580	0.13400	-0.00167	-0.13567
Banjarmasin	1.17833	1.26667	0.08833	0.0088	0.00050	0.00167	0.00117
Batam	-0.13117	0.19333	0.32450	0.0325	0.02483	0.03000	0.00517
Biak	3.23333	3.01667	-0.21667	-0.0217	-0.01067	-0.02167	-0.01100
Bima	1.47367	1.64500	0.17133	0.0171	0.02967	0.01667	-0.01300
Cilacap	0.26067	0.81000	0.54933	0.0549	0.02683	0.04667	0.01983
Cirebon	0.42183	0.77000	0.34817	0.0348	0.01600	0.03000	0.01400
Denpasar	0.99500	1.41333	0.41833	0.0418	0.06167	0.01833	-0.04333
Gorontalo	1.52950	1.19833	-0.33117	-0.0331	0.02917	-0.00500	-0.03417
Jambi	-0.23333	0.21167	0.44500	0.0445	0.03133	0.03500	0.00367
Jayapura	4.02417	4.13833	0.11417	0.0114	0.00783	0.04000	0.03217
Jember	0.60317	1.27000	0.66683	0.0667	0.04200	0.06667	0.02467
Kota Baru	1.23167	0.29767	-0.93400	-0.0934	0.00000	0.23117	0.23117
Kota Bumi	0.37000	-0.03167	-0.40167	-0.0402	0.04667	0.00000	-0.04667
Kupang	2.16833	2.05667	-0.11167	-0.0112	0.02033	-0.02167	-0.04200
Luwuk	1.38917	1.38167	-0.00750	-0.0008	0.03317	0.01000	-0.02317
Manado	1.40600	1.29833	-0.10767	-0.0108	0.02450	0.02500	0.00050
Manokwari	2.69283	2.39833	-0.29450	-0.0295	0.00383	0.02500	0.02117
Maumere	2.05250	1.94333	-0.10917	-0.0109	0.03783	-0.03500	-0.07283
Medan	-0.90650	0.72667	1.63317	0.1633	0.01400	-0.03667	-0.05067
Merauke	5.04400	4.88833	-0.15567	-0.0156	0.02983	-0.03333	-0.06317
Pacitan	0.47700	0.71833	0.24133	0.0241	0.01333	-0.06500	-0.07833
Padang	-0.83150	0.44667	1.27817	0.1278	0.01767	-0.01500	-0.03267
Palangkaraya	1.17567	1.24000	0.06433	0.0064	0.02417	-0.00333	-0.02750
Palembang	-0.02467	0.43500	0.45967	0.0460	0.01183	-0.04167	-0.05350
Palu	1.12233	1.13667	0.01433	0.0014	0.07683	0.00833	-0.06850
Pangkalpinang	0.59667	-0.15300	-0.74967	-0.0750	0.03667	0.09733	0.06067
Pekanbaru	0.22000	-0.54083	-0.76083	-0.0761	0.01167	-0.01750	-0.02917
Pelaburanratu	0.14333	0.42533	0.28200	0.0282	0.00667	0.00367	-0.00300
Pontianak	0.63367	0.84000	0.20633	0.0206	0.01867	0.02000	0.00133
Saumlaki	2.96967	2.96167	-0.00800	-0.0008	0.02233	0.00000	-0.02233
Semarang	0.77033	1.16000	0.38967	0.0390	0.00633	0.06333	0.05700
Sibolga	-0.78950	0.51333	1.30283	0.1303	0.00683	0.03667	0.02983
Sintang	0.73700	0.83333	0.09633	0.0096	0.02133	-0.02667	-0.04800
Sorong	1.95533	2.05833	0.10300	0.0103	0.08433	0.02333	-0.06100
Surabaya	0.96600	1.15167	0.18567	0.0186	0.02150	-0.00167	-0.02317
Tanjungpandan	0.77667	0.65150	-0.12517	-0.0125	0.01167	0.02900	0.01733
Tarakan	0.52983	0.62333	0.09350	0.0093	0.01133	-0.06667	-0.07800
Ternate	1.65417	1.55333	-0.10083	-0.0101	0.02250	0.00000	-0.02250
Timika	4.63033	3.60833	-1.02200	-0.1022	0.23467	0.00667	-0.22800
Toli-Toli	0.95500	0.86000	-0.09500	-0.0095	0.00500	0.00000	-0.00500
Tual	2.90617	2.87167	-0.03450	-0.0035	0.04950	-0.03333	-0.08283
Waingapu	1.69283	1.96333	0.27050	0.0271	0.06683	0.02667	-0.04017
Wamena	5.26817	3.93833	-1.32983	-0.1330	0.24933	0.00000	-0.24933

Gambar-5. Tabel deklinasi BMG tahun 1990 dan 2000 (dalam derajat-desimal)

Sajian Informasi Magnetik

Berdasarkan fakta di atas, maka kiranya data magnetik yang selama ini dimuat sebagai info tepi peta perlu ditinjau ulang. Kalimat yang lazim digunakan seperti dalam spesifikasi teknis:

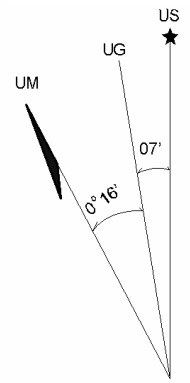
"Deklinasi magnetik rata-rata ... derajat pada tahun .... [tahun terbit peta]. Deklinasi tersebut setiap tahun berkurang/ bertambah .... Menit"

harus diganti dengan kalimat:

"Menurut Badan Meteorologi dan Geofisika, deklinasi magnetik rata-rata ..... derajat pada tahun .... [tahun epoch data BMG]. Deklinasi tersebut pada kurun 2000-2005 setiap tahun berubah .... Menit".

Ada pula kemungkinan bahwa sajian informasi magnetik ini selama ini mengikuti secara buta tradisi di Eropa atau Amerika sebagaimana ilmu pemetaan kita mengacu ke sana. Di Eropa atau Amerika, nilai deklinasi magnetik sangat besar (beberap belas / puluh derajat), namun perubahannya tampak teratur (periodis). Sedang di Indonesia, angka deklinasinya kecil, namun perubahannya tidak teratur, dan bisa lebih besar dari angka deklinasinya sendiri.

Karena nilai deklinasi di Indonesia sangat kecil, maka sulit digambarkan dalam grafik. Grafiknya selalu dibuat berlebih agar bisa mudah dibaca (Gambar-6)..



Gambar-6. Contoh grafik deklinasi Magnetik Bakosurtanal

Bentuk grafik deklinasi magnetik yang dipakai Dittop TNI AD dengan Bakosurtanal juga masih perlu dibakukan. Pada versi Dittop, garis yang tegak lurus ke atas, searah dengan tepi peta, adalah Utara Peta (UP) – atau sama dengan Utara Grid (UG) pada versi Bako. Hanya pada versi Bako, garis yang tegak lurus ke atas adalah Utara Sebenarnya (US). Ini tentu menjadikan pemakai peta harus selalu beradaptasi ketika berpindah dari sajian Dittop ke Bako atau sebaliknya.

Kesimpulan

Permasalahan informasi magnetik pada peta rupabumi ternyata menyimpan beberapa hal yang segera perlu diklarifikasi, baik secara ilmiah maupun praktis, dengan melibatkan BMG sebagai pemilik data magnetik serta Dittop-AD dan Bakosurtanal sebagai pembuat peta yang memerlukan data magnetik. Keterlibatan para pakar fisika / geofisika dari perguruan tinggi serta para pengguna dari militer dan sipil juga diperlukan. Untuk sementara baik data dari buku BMG, buku Dittop, maupun software yang dikembangkan di Bakosurtanal bisa dipakai sejauh mengetahui batasan-batasannya.

Meski sekarang ada perangkat GPS yang dengannya orang bisa mendapatkan posisi dengan akurat, namun untuk berbagai situasi data magnetik masih bisa diperlukan, misalnya pada saat orang berada di bawah tempat yang menghalangi penerimaan sinyal GPS, atau ketika di lapangan piranti GPS tidak berfungsi (baterei habis dsb).

Referensi

Amhar, F. (2002): Pedoman Konversi Nomor Lembar Peta Dittop-AD dan Bakosurtanal.

Badan Meteorologi dan Geofisika (1991): Geophysical Note no. 8, Isomagnetic Maps of Indonesia for the Epoch 1990.

Badan Meteorologi dan Geofisika (2001): Geophysical Note no. 9, Isomagnetic Maps of Indonesia for the Epoch 2000.

Burrough, P.A. and McDonnel, R.A.(1998): Principle of Geographical Information Systems. Oxford University Press.

Tentara Nasional Indonesia, markas Besar Angkatan Darat – Direktorat Topografi (2001): Buku Petunjuk Tehnik tentang Penggunaan Tabel Deklinasi Magnit Periode 2000-2005.