

Peningkatan Kualitas Data Medan Magnet Bumi Indonesia

Relly Margiono,^{1,2} Yosi Setiawan³

¹Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

²Mahasiswa Pascasarjana, *University of Edinburgh*

³Stasiun Geofisika Klas I Tuntungan

*korespondensi; E-mail: s1582507@sms.ed.ac.uk, yosi.setiawan@bmgk.go.id

1 Latar Belakang

Indonesia melalui Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) telah memiliki enam stasiun pengamat medan magnet bumi. Stasiun ini tersebar dari mulai barat Indonesia yaitu Stasiun Geofisika Kelas 1 Tuntungan, Medan dan di timur Indonesia yaitu Stasiun Geofisika Kelas 1 Angkasapura, Jayapura. Tugas utama dalam pengamatan medan magnet bumi yaitu untuk mendapatkan nilai medan magnet bumi melalui pengamatan absolut dan variasi. Hasil dari pengamatan tersebut adalah didaptkannya nilai komponen medan magnet bumi seperti inklinasi, deklinasi dan juga berupa nilai dasar (*baseline*) dari setiap komponen medan magnet bumi yang baseline ini akan terus menerus dipantau sebagai monitoring dalam proses dinamika perubahan nilai medan magnet bumi.

Pada saat ini, data medan magnet bumi tidak hanya digunakan sebagai monitoring perubahan medan magnet bumi saja, namun lebih daripada itu. Sebagai contoh nilai medan magnet bumi sudah diterapkan untuk prediksi atau prekursor gempabumi [1], dan juga digunakan oleh beberapa perusahaan dalam ranah pencarian minyak dan gas bumi[10]. Dikarenakan hal tersebut, kualitas data medan magnet bumi harus diberikan perhatian khusus, karena jika kualitas datanya rendah maka produk pengolahan data akan menjadi kurang akurat. Pada paparan kali akan dipaparkan beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam rangka peningkatan kualitas data medan magnet bumi. Kualitas medan magnet bumi yang akan dipaparkan terdiri dari kualitas rekaman, kualitas variasi sekuler dan faktor eksternal.

2 Analisis Kualitas Data Medan Magnet Bumi di Indonesia

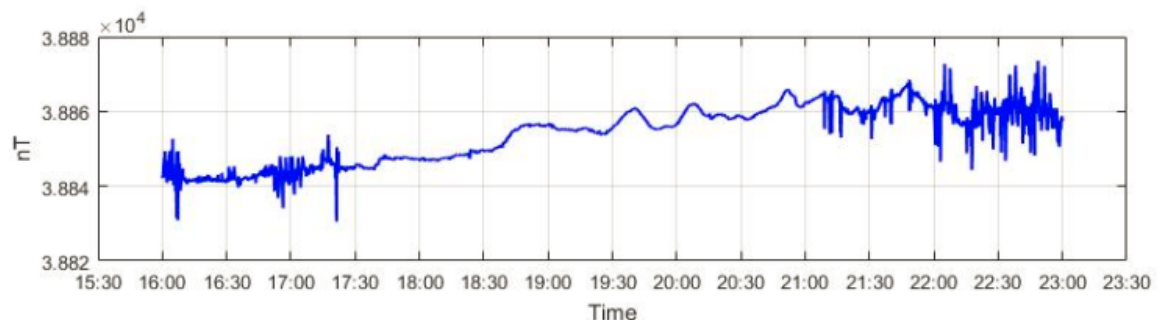
Kualitas medan magnet bumi dapat dilihat oleh beberapa faktor seperti kualitas rekaman variometer, kualitas variasi sekuler dan faktor eksternal.

2.1 Kualitas Rekaman Variasi Medan Magnet Bumi

Nilai variasi medan magnet bumi direkam oleh suatu alat bernama variometer. Alat ini merekam fluktuasi komponen medan magnet bumi harian dalam bentuk nilai *ordinat* atau variasi bukan nilai sebenarnya. Untuk mendapatkan nilai medan magnet bumi secara *real*, maka dibutuhkan pengamatan absolut medan magnet bumi. Variometer yang digunakan menggunakan beberapa prinsip seperti *fluxgate magnetometer*, *photoelectric magnetometer* dan *scalar magnetometer*. Pada awal beroperasinya, stasiun magnet di Indonesia menggunakan variometer dengan prinsip *photoelectric* yaitu variometer ditempatkan pada ruang gelap dan perekaman menggunakan kertas foto. Pengamat membutuhkan waktu untuk mendapatkan hasil rekaman dikarenakan kertas foto harus diproses terlebih dahulu dan hasilnya juga memerlukan kehati-hatian pengamat. Pada generasi sekarang ini, semua stasiun magnet di Indonesia telah menggunakan *fluxgate magnetometer* untuk mengukur nilai variasi medan magnet bumi. Keluaran dari nilai variasi tersebut terinterpretasi dalam bentuk digital dan metode analisisnya sangat berbeda dibandingkan sistem *photoelectric* yang sebagian besar masih manual.

Kualitas rekaman variometer dapat ditentukan dengan mengamati tiga indikator yaitu penampilan baseline, pengecekan delta F (ΔF) dan perbandingan antara beberapa variometer. Sebelum melakukan pengecekan indikator tersebut, hal pertama yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pengamatan visual data variasi apakah terdapat interferensi atau tidak. Interferensi adalah gangguan terhadap data variasi sehingga data tidak menunjukkan keadaan aslinya. Gangguan terhadap data dapat berupa *spike*, lompatan (*jump*) ataupun *drift*. Gangguan data berupa *spike* dapat dihasilkan oleh beberapa hal seperti aktivitas kereta api [2], kabel listrik bertegangan tinggi [7] ataupun aktivitas yang terjadi di sekitar ruangan variometer. Oleh karena itu, keadaan lingkungan stasiun pengamat magnet bumi harus sangat diperhatikan terutama dari beberapa hal yang berpotensi mengganggu data.

Gangguan data variasi medan magnetik akibat aktivitas kereta api dapat dilihat seperti pada gambar 1. Gambar tersebut menunjukkan data variasi komponen X pada salah satu stasiun magnet di Indonesia yaitu Stasiun Geofisika kelas 1 Tangerang. Gangguan yang terjadi pada rentang jam 16:00 s.d 17:20 UTC dan pada rentang 21:15 s.d 23:00 UTC ini diidentifikasi sebagai gangguan dari beroperasinya kereta api listrik di Kota Tangerang [6, 5].



Gambar 1: Variasi komponen X di TNG, 22:00:00 s.d 23:00:00 UTC

Tabel 1: Jarak Benda Magnetis[4]

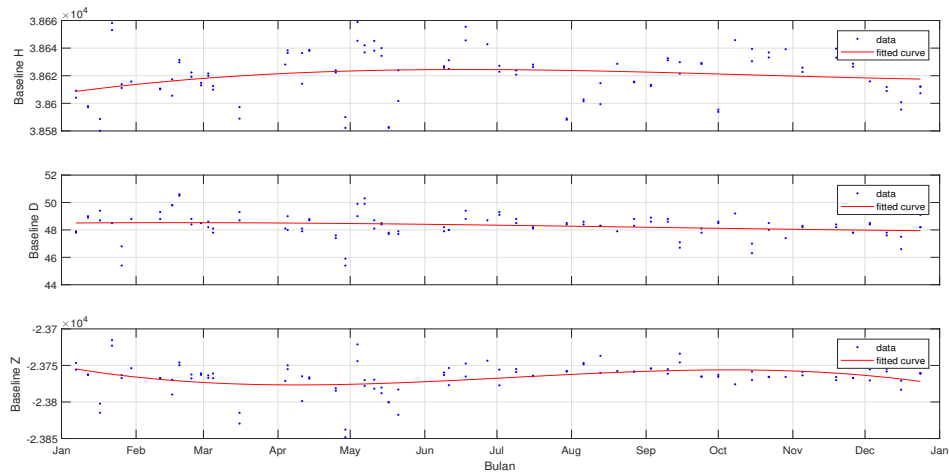
Benda	Jarak (meter)
Peniti	1
Simpul Ikat Pinggang	1
Jam Tangan	1
Bolpoint logam	1
Pisau	2
Obeng	2
Pistol	3
Palu	4
Sekop	5
Senapan	7
Sepeda	7
Sepeda Motor	20
Mobil	40
Bus	80

Benda benda yang memiliki nilai magnetis harus diletakkan jauh dari ruangan variometer karena dapat mempengaruhi nilai pengukuran variasi. Benda benda magnetis tersebut sering tidak disadari terletak sangat dekat dengan ruangan variometer, sehingga gangguan terhadap data variasi tidak dapat dihindarkan. Pada tabel 1 dinyatakan bahwa benda benda magnetis dalam jarak sekian meter dapat menyebabkan gangguan sebesar 1 *nano tesla*, hal ini tentu harus menjadi perhatian kepada para petugas stasiun magnetik untuk mewaspadai benda-benda tersebut agar tidak mengganggu data variasi. Gedung variometer diharapkan diletakkan jauh dari aktifitas manusia seperti pejalan kaki, sepeda motor ataupun aktivitas rutin seperti berkebun karena hal ini dapat meningkatkan gangguan terhadap data. Perawatan terhadap gedung seperti kebersihan diharapkan juga tidak terlalu sering, dan sangat direkomendasikan bahwa seluruh aktifitas pemrosesan data berada pada gedung terpisah dan pengambilan data dapat menggunakan kabel optik atau sistem komunikasi lainnya sehingga gangguan terhadap data dapat diminimalisir.

Secara umum baseline adalah nilai yang didapatkan dengan mengurangi nilai dari pengamatan absolut dengan nilai variasi[12]. Setiap komponen medan magnet bumi menghasilkan baseline sendiri baik dengan orientasi X,Y,Z maupun H,D,Z. Dikarenakan pengamatan absolut hanya dilakukan dua kali dalam sepekan, maka baseline awal yang terbentuk adalah berupa titik. Untuk menggabungkan titik titik ini menjadi sebuah baseline yang utuh maka digunakan persamaan *polynomial*. Beberapa stasiun magnet di Indonesia menggunakan *software* khusus untuk mengolah baseline seperti GDASview (*The Geomagnetic Data Acquisition System*) yang dikembangkan oleh BGS (*British Geological Survey*), namun ada juga yang mengolahnya manual dengan *Ms.Excel* ataupun dengan bahasa pemrograman lain seperti *Python*, *MatLab* dan lain sebagainya. Baseline yang konsisten dalam jangka panjang menunjukkan kualitas data yang maksimal, namun jika baseline kon-

sistensinya kurang maka bisa dipastikan kualitas dari rekaman variasi maupun pengamatan absolut bermasalah.

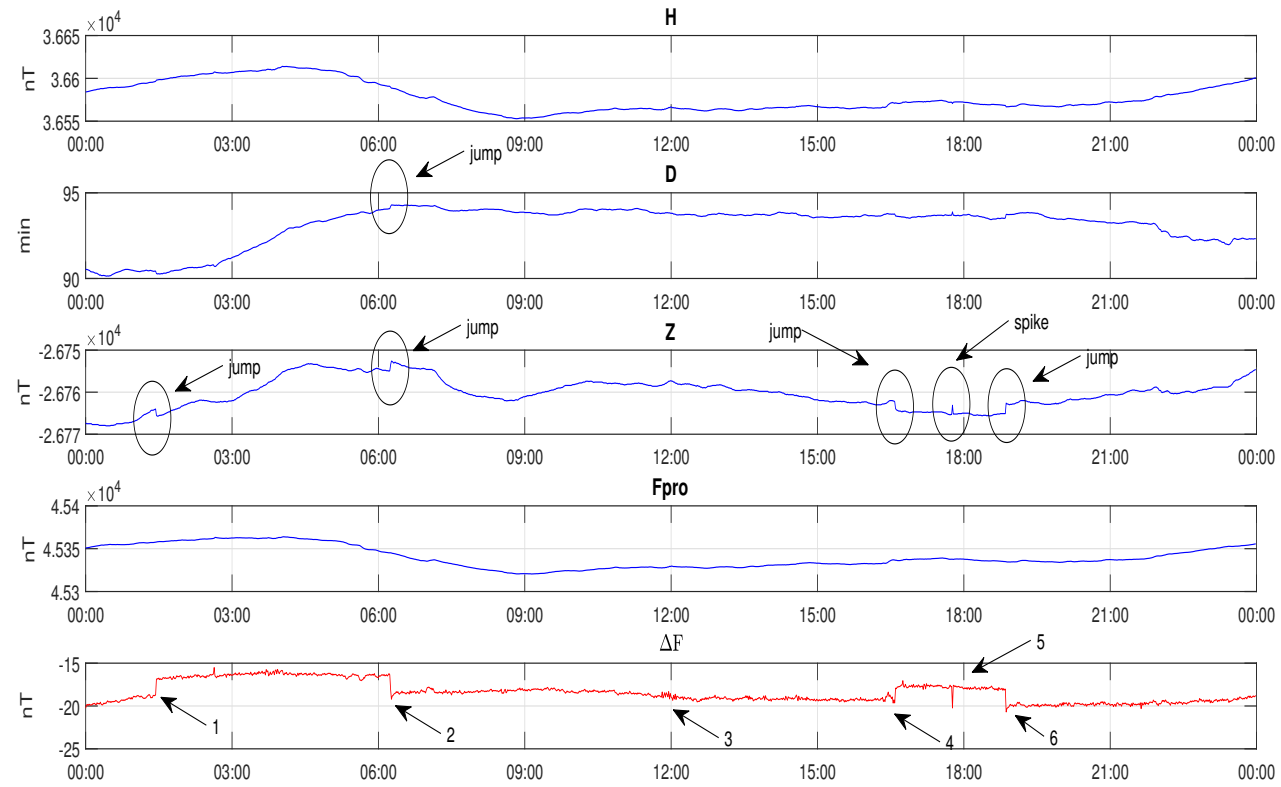
Pada gambar 2 ditampilkan baseline komponen H,D,Z dari Stasiun Magnit Bumi Pelabuhan Ratu pada tahun 2014. Dapat dilihat bahwa baseline yang terbentuk bervariasi untuk setiap komponennya berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan. Konsistensi terlihat di semua komponen, namun baseline dari komponen deklinasi memiliki konsistensi yang lebih baik dibandingkan dengan komponen H dan Z. Hal ini bisa disebabkan karena hasil pengamatan absolut pada komponen inklinasi sedikit kurang akurat sehingga banyak terjadi *outlier* dan akhirnya berdampak pada hasil baseline komponen H dan Z yang diturunkan dari perhitungan matematis komponen inklinasi. Pada Gambar 2 tersebut, baseline yang dihasilkan diturunkan dari persamaan polynomial orde ke-2 karena pada orde tersebut dihasilkan baseline yang paling cocok dibandingkan dengan orde yang lain.



Gambar 2: Baseline Pelabuhan Ratu (PLR), 2014

Metode kedua untuk mengecek kualitas dari data variasi medan magnetik adalah pengecekan nilai delta F (ΔF). Delta F merupakan hasil selisih antara nilai total medan magnetik $F_{calculated}$ yang berasal dari variasi H,D,Z atau X,Y,Z dengan F proton. Metode ini mensyaratkan tersedianya sensor proton yang terpasang secara terus menerus bersamaan dengan variometer. Tanpa adanya sensor proton yang dipasang secara terus menerus, maka metode ini tidak bisa digunakan. Plot (ΔF) yang lurus, konsisten dan halus menunjukkan variometer memiliki kualitas yang baik, sedangkan jika terdapat *jump*, *spike* maupun *drift*, maka hal tersebut menunjukkan terdapat gangguan pada variometer [11]. Dalam kondisi tertentu, tampilan (ΔF) terlihat seperti variasi harian, maka hal ini menunjukkan masalah pada *scale value* variometer. *Jump* dan *spike* mengindikasikan adanya gangguan yang berasal dari luar variometer seperti aktifitas manusia ataupun benda magnetis di dekat variometer yang lamanya sesuai dengan durasi gangguan, sedangkan *drift* menunjukkan adanya masalah pada baseline variometer.

CT

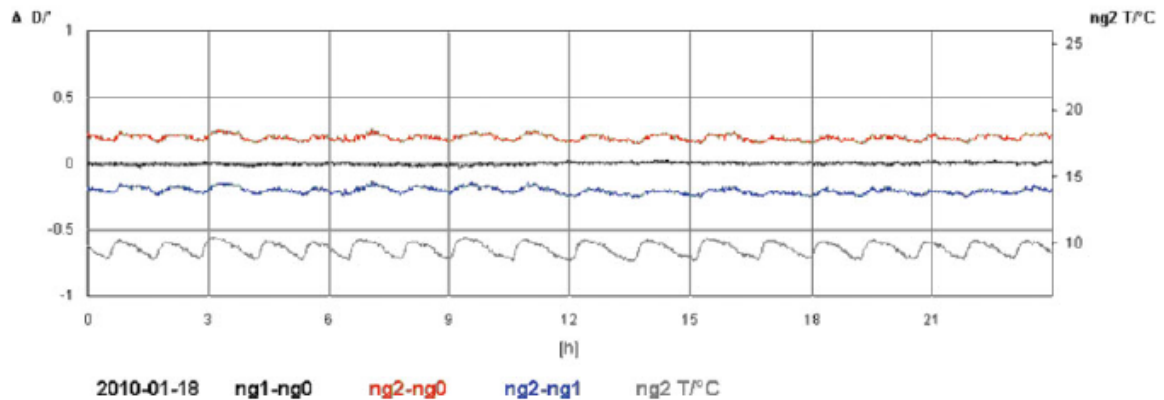


Gambar 3: ΔF cek, Kupang (KUG) 15 Januari 2016

Analisis kualitas data melalui metode ΔF dapat dilihat pada gambar 3. Gambar 3 merupakan plot dari komponen H D dan Z beserta F proton dari Stasiun Magnet Kupang (KPG). Dapat dilihat bahwa ΔF sangat efektif dalam mendeteksi kualitas data variasi medan magnet bumi. Pada kondisi normal, nilai ΔF harusnya stabil dikarenakan selisih antara total intensitas dari perhitungan dan total intensitas dari proton adalah sama, namun kita melihat grafik ΔF mengalami ketidakstabilan. Deteksi pertama terjadi pada pukul 1.30 UTC yang diidentifikasi sebagai *jump*, dan hal ini terulang kembali pada deteksi ke-2, ke-4 dan ke-6. Lompatan data yang terjadi lebih dari 2 *nano tesla* (nT) ini sangat jelas dan perlu diteliti lebih lanjut penyebabnya. Asumsi awal adalah karena *power supply* yang kurang stabil berdasarkan beberapa laporan dari pegawai yang bertugas di stasiun tersebut. Deteksi ke-5 adalah gangguan berupa *spike* pada data. Gangguan ini bisa dilihat dengan jelas pada komponen Z dan D sehingga keduanya terkonfirmasi pada nilai ΔF .

Metode ketiga dalam upaya mendeteksi kualitas data variometer yaitu dengan membandingkan data variometer dalam satu stasiun magnet. Hal ini dapat dilaksanakan jika stasiun magnet memiliki lebih dari satu variometer. Jumlah variometer yang paling ideal dengan metode ini adalah setiap stasiun memiliki tiga variometer, sehingga jika terdapat gangguan dari salah satu variometer, kedua variometer yang lain dapat dengan mudah untuk mengkonfirmasinya. Memiliki lebih dari satu variometer dalam satu stasiun magnet pasti membutuhkan biaya yang tidak sedikit, namun keseriusan dalam mendapatkan kualitas data yang terbaik tentu akan menghasilkan sesuatu yang bermanfaat lebih. Hal ini telah dilakukan beberapa stasiun magnet di Eropa, sebagai contoh Eksdelamuir Observatory (ESK), Scotlandia memiliki tiga variometer dalam satu stasiun, sehingga metode ini sangat akurat dalam mendeteksi kualitas rekaman dari variasi medan magnet bumi. Namun sangat disayangkan belum satupun stasiun magnet di Indonesia memiliki *secondary* variometer sebagai metode dalam pengecekan kualitas data ini.

Pada gambar 4 diberikan contoh tentang pemasangan lebih dari satu variometer di Stasiun Magnet Niegmeck, Jerman. Stasiun magnet tersebut memiliki tiga variometer yang masing masing saling mengoreksi. Ketika terdapat salah satu variometer bermasalah, maka akan terdeteksi dengan cepat melalui metode perbandingan ini. Pada gambar 4 tersebut ditunjukkan nilai variasi deklinasi dari tiga variometer (*ng0*, *ng1* dan *ng2*). Koreksi variasi deklinasi antara *ng0* terhadap *ng1* menghasilkan koreksi yang stabil sehingga kedua data variasi deklinasi ini cocok dan mendekati nilai 0. Sedangkan koreksi antara *ng0* terhadap *ng2* dan koreksi antara *ng1* terhadap *ng2* menghasilkan nilai yang tidak stabil. Dari metode perbandingan ini dapat disimpulkan bahwa variasi deklinasi pada variometer *ng2* bermasalah.



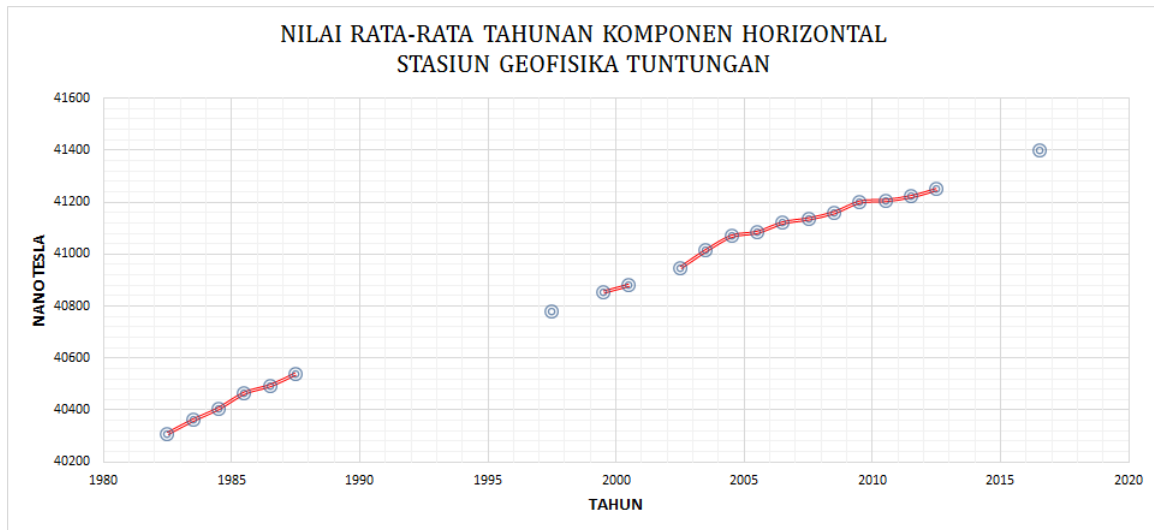
Gambar 4: Perbandingan Variometer Komponen D, Niegmeck Observatory [11]

2.2 Kualitas Pengamatan Variasi Sekuler

Salah satu tujuan pengamatan magnet bumi adalah untuk memonitor variasi sekuler. Variasi sekuler adalah perubahan nilai medan magnet bumi dalam skala waktu tahunan. Variasi ini disebabkan oleh perubahan kemagnetan di dalam bumi. Sementara itu, variasi dengan frekuensi yang lebih tinggi biasanya disebabkan oleh aktivitas di ionosfer dan magnetosfer. Untuk mengamati variasi sekuler ini diperlukan skala waktu yang panjang, antara puluhan hingga ratusan tahun. Semakin lama data yang tersedia dan semakin akurat nilai pengamatan absolut, data akan semakin berarti. Variasi sekuler ini bisa dilihat dari nilai rata-rata tahunannya (*Annual means*). Pada gambar 5 ditampilkan nilai rata-rata tahunan komponen horizontal di Stasiun Geofisika Tuntungan dari tahun 1982-2016. Terlihat bahwa nilai rata-rata tahunan komponen horizontal mengalami kenaikan. Perubahan nilai inilah yang disebut dengan variasi sekuler. Data yang kosong disebabkan oleh tidak adanya pengamatan absolut. Variasi sekuler yang baik ditunjukkan dengan grafik yang halus dan tidak ada lompatan nilai secara tiba-tiba.

Untuk mendapatkan nilai rata-rata tahunan yang akurat, diperlukan pengamatan absolut yang baik. Pengamatan absolut ini diperlukan untuk menentukan nilai baseline, dimana baseline dihitung dengan cara mengurangkan nilai absolut dengan nilai variometer. Secara fisis nilai baseline tidak ada artinya. Namun kestabilan nilai baseline menjadi hal yang sangat penting dalam menunjukkan keakuratan data magnet bumi yang diamati oleh stasiun magnet. Semakin kecil simpangan pada nilai pengamatan absolut dan semakin rapat frekuensi pengamatan absolut, maka data magnet bumi yang dihasilkan semakin akurat. Dalam jangka panjang, nilai baseline dapat dijadikan bukti stabilitas sensor variometer. Baseline yang stabil akan memudahkan dalam mengamati variasi sekuler.

Kualitas pengamatan absolut sendiri sangat dipengaruhi oleh kemampuan pengamat. Untuk meningkatkan kualitas data pengamatan absolut, salah satu cara yang bisa dilakukan adalah dengan melakukan pertukaran personel dari stasiun magnet lain. Hal ini selain dilakukan untuk membandingkan peralatan yang digunakan juga untuk membandingkan data



Gambar 5: Grafik nilai rata-rata tahunan (*Annual means*) komponen Horizontal di Stasiun Geofisika Tuntungan

pengamatan absolut itu sendiri. Selain itu, untuk meningkatkan kualitas data pengamatan absolut juga bisa digunakan peralatan pengamatan absolut otomatis. Namun karena harga alat ini relatif mahal maka masih jarang stasiun magnet yang telah memakainya. Penggunaan alat otomatis ini bisa mengurangi kesalahan data akibat kesalahan pengamat.

Jika kedua hal diatas tidak dapat dilakukan, cara lainnya untuk meningkatkan kualitas data adalah dengan membandingkan data antar stasiun magnet. Dengan bergabung ke organisasi magnet bumi global seperti Intermagnet, pengamat bisa dengan mudah membandingkan data antar stasiun magnet di seluruh dunia. Stasiun yang bergabung dengan Intermagnet berkewajiban untuk mengirim data variasi magnet bumi secara *near real time* (dalam waktu kurang dari 72 jam setelah data rekaman). Data ini disebut dengan data *reported* dan kemungkinan masih memiliki error seperti *noise* atau *spike*. Data *definitive* atau data nilai variasi magnet bumi yang telah dikoreksi nilai baseline sendiri baru tersedia setelah tahun pengamatan berakhir atau baru tersedia di tahun berikutnya.

Data magnet bumi *near real time* diperlukan untuk menghitung *Dst Index* maupun *AE Index*. Keduanya memerlukan data magnet bumi yang *near real time* namun memiliki akurasi yang baik, atau nilainya tidak jauh dari nilai *definitive*-nya. Sedangkan data *definitive* sendiri baru tersedia di tahun berikutnya. Untuk mengatasi hal ini digunakan data dengan tipe *quasi definitive*. Data ini adalah data variasi magnet bumi yang telah dikoreksi nilai baseline selama satu bulan dan nilainya mendekati nilai *definitive*. Metode seperti ini telah dilakukan oleh IPGP (*Institut de Physique du Globe de Paris*) Perancis [8]. Untuk mendapatkan nilai *quasi definitive* ini beberapa hal yang harus dilakukan antara lain:

- pengecekan visual pada baseline *quasi definitive*

- pengecekan kesinambungan data antara data *quasi definitive* dengan data *definitive* tahun sebelumnya
- pengecekan residual delta F (selisih antara nilai F dari proton dengan nilai F dari perhitungan komponen HDZ atau XYZ)
- pengecekan visual pada semua komponen magnet

Selain cara diatas, BGS (*British Geological Survey*) Inggris telah mengembangkan metode untuk mendapatkan nilai *quasi definitive* lebih cepat. Mereka melakukan ekstrapolasi data baseline sebelumnya untuk memperkirakan nilai baseline saat ini. Misalnya, nilai baseline selama bulan Desember tahun sebelumnya digunakan untuk menghitung nilai baseline pada awal bulan Januari. Begitu seterusnya, nilai baseline awal Januari diekstrapolasi untuk mendapatkan nilai baseline tanggal berikutnya. Dalam melakukan ekstrapolasi ini, nilai perbedaan antara baseline prediksi dengan baseline yang sebenarnya tidak boleh lebih dari 2.5 nT. Jika selisihnya lebih dari 2.5 nT maka baseline dianggap tidak stabil dan harus dilakukan pengamatan absolut lagi untuk mendapatkan baseline yang benar. Dengan cara ini, BGS menghasilkan data *quasi definitive* dengan delay yang tidak sampai satu bulan, namun hanya dalam hitungan hari [3].

2.3 Gangguan Faktor Eksternal Pada Pengamatan Magnet Bumi

Untuk menghasilkan data magnet bumi yang berkualitas baik, perlu diperhatikan kondisi lingkungan alam dimana stasiun magnet berada. Nilai medan magnet yang tidak diinginkan namun ikut terekam di data magnet bumi di stasiun magnet adalah nilai medan magnet lokal. Medan ini disebabkan oleh magnetisasi batuan di kerak bumi. Karena stasiun magnet bumi yang baik harus menjadi representasi nilai magnet untuk area yang luas, maka wilayah dengan gradien vertikal dan horizontal tinggi ($>1\text{nT/m}$) atau wilayah dengan konduktivitas listrik tidak homogen secara lateral harus dihindari pada saat pemilihan lokasi stasiun karena nilai medan magnet yang terekam tidak akan merepresentasikan area seharusnya [4], namun hanya merepresentasikan nilai medan magnet di sekitar stasiun magnet. Stasiun magnet bumi yang terletak di batuan vulkanik akan terpengaruh oleh perubahan kemagnetan batuan akibat perubahan temperatur dan ini adalah hal yang tidak diinginkan.

Selain itu, sebelum stasiun magnet dibangun harus dicek apakah lokasi tersebut terpengaruh oleh aktivitas manusia. Jalur kereta listrik DC dilaporkan dapat mempengaruhi nilai kemagnetan hingga jarak 5 km. Namun secara teoritis jarak stasiun dengan jalur kereta listrik DC minimal 30 km [9]. Contoh stasiun magnet di Indonesia yang mengalami gangguan seperti ini adalah Stasiun Magnet Bumi Tangerang dan Pelabuhanratu. Keduanya mengalami gangguan yang signifikan dan sulit untuk dilakukan filtering. Filtering data magnet bumi sendiri merupakan hal yang tidak diinginkan, karena hasil filter data magnet tidak akan sama persis dengan data magnet sebenarnya.

2.4 Verifikasi Data Magnet Bumi

Untuk memastikan data magnet bumi yang terekam memiliki kualitas yang baik, perlu dilakukan verifikasi data. Verifikasi kualitas data dapat dilakukan dengan cepat jika stasiun melakukan pengukuran intensitas nilai total F_s dengan proton [11]. Dengan membandingkan nilai F_s dan F_v (F yang didapat dari perhitungan nilai variasi komponen HDZ dan XYZ), pengamat dapat mengidentifikasi:

- gangguan benda magnetik yang terletak terlalu dekat dengan sensor
- *scale value* yang kurang tepat
- efek perubahan suhu pada variometer
- sensor variometer yang tidak ortogonal

Untuk melakukan verifikasi data *definitive* dapat dilakukan dengan cara:

- pengecekan visual harian, bulanan dan tahunan untuk mendeteksi adanya gangguan magnetik
- verifikasi nilai baseline
- perbandingan dengan data dari instrumen lain (jika ada)
- verifikasi nilai delta F
- verifikasi konsistensi internal (seperti nilai rata-rata tahunan)
- jika data meragukan, bandingkan dengan data stasiun lain
- verifikasi format data

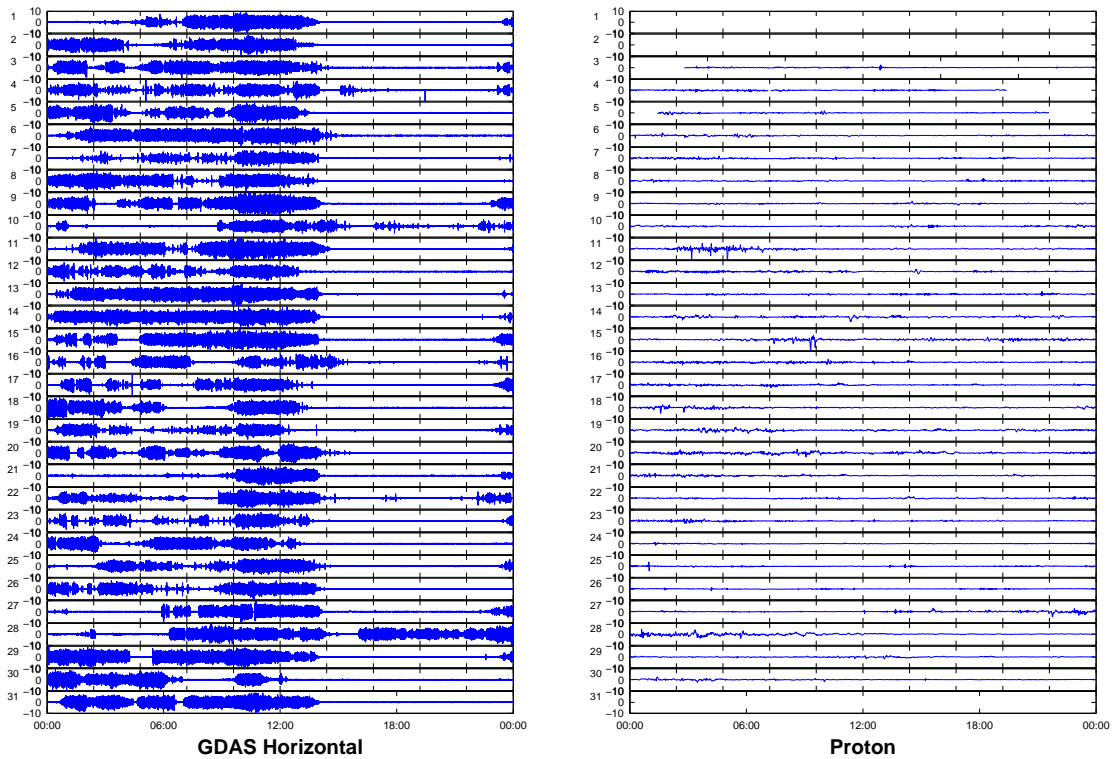
Untuk melakukan verifikasi baseline, dapat dilakukan dengan:

- menghitung RMS residual antara nilai *adopted baseline* dengan nilai baseline teramati
- menentukan kestabilan baseline
- menghitung jumlah pengamatan dan distribusi pengamatan absolut selama setahun

Sedangkan data dengan tipe *reported* tidak bisa diverifikasi sebelum data didiseminasikan karena data ini bersifat *close to real time*. Data ini biasanya digunakan pada aplikasi dimana variasi magnet bumi frekuensi tinggi lebih penting dibanding variasi frekuensi rendah seperti variasi sekuler.

Selain itu, perlu dilakukan pengamatan nilai dB/dT secara rutin. Nilai dB/dT adalah nilai perbedaan antara data magnet menit sekarang terhadap menit sebelumnya (jika resolusi data dalam menit). Nilai dB/dT ini sangat memudahkan dalam menganalisis kualitas data magnet. Sebagai contoh, pada gambar 6 ditampilkan nilai dB/dT untuk komponen

May, 2017



Gambar 6: Grafik nilai dB/dT komponen Horizontal dan medan Total di Stasiun Magnet Bumi Tondano

Horizontal yang diperoleh dari sensor *Fluxgate* dan komponen medan Total yang diperoleh dari *Proton Precession Magnetometer* di Stasiun Magnet Bumi Tondano pada bulan Mei 2017.

Pada gambar 6, terlihat bahwa nilai komponen Horizontal di *Fluxgate* mengalami gangguan yang polanya hampir sama selama sebulan sedangkan komponen medan Total pada *Proton Precession Magnetometer* tidak mengalami gangguan. Hal ini bisa mengindikasikan bahwa sumber gangguan bukan berasal dari aktivitas manusia seperti karena menghidupkan genset. Karena jika sumber gangguan merupakan akibat aktivitas manusia, kedua nilai seharusnya sama-sama mengalami gangguan. Namun hal ini masih membutuhkan penelitian lebih lanjut.

Perlu dicatat bahwa detail prosedur pengamatan magnet sedikit berbeda-beda tiap stasiun. Ini disebabkan oleh perbedaan peralatan atau software yang digunakan, kualifikasi dan pengalaman pengamat, dll. Peningkatan kualitas data dapat ditingkatkan dengan berpartisipasi di organisasi internasional IAGA, khususnya pada jaringan stasiun magnet global

Intermagnet. Oleh karena itu, stasiun magnet bumi di Indonesia perlu didorong untuk berpartisipasi secara aktif dalam organisasi magnet bumi global seperti Intermagnet. Selain itu juga diperlukan adanya keseragaman format data seperti yang telah menjadi standar Intermagnet.

@artikel ini telah diperiksa oleh Kepala Sub Bidang Analisis Geofisika Potensial dan Tanda Waktu BMKG

Pustaka

- [1] Suaidi Ahadi, Nanang Tyasbudi Puspito, Gunawan Ibrahim, Sarmoko Saroso, Kiyohumi Yumoto, and M. Muzli. Anomalous ulf emissions and their possible association with the strong earthquakes in sumatra, indonesia, during 2007-2012. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, 47(1), 2015.
- [2] J.J. Curto, S. Marshal, J.M Torta, and E. Sanclement. Removing spikes from magnetic disturbances caused by trains at ebro observatory. In *Proceeding of the XIIIth IAGA Workshop on Geomagnetic Observatory Instruments, Data Acquisition, and Processing*, 2008.
- [3] Intermagnet. <http://www.intermagnet.org/faqs-eng.php>, 2017.
- [4] J. Jankowski and C. Suckdorff. *Guide for Magnetic Measurement and Observatory Practice*. IAGA, 1996.
- [5] R. Margiono. Analisis gangguan variasi medan magnetik di stasiun geofisika klas 1 tangerang akibat pengaruh kereta api listrik. Skripsi D4 STMKG, 2014.
- [6] R. Margiono and M. Yusuf. On the influence of dc railway noise on variation data from tangerang geomagnetic observatories. In *International Conference On Applied Electromagnetic Technology*, 2014.
- [7] Cathrine Fox Maule, Peter Thejll, Anne Neska, Jürgen Matzka, Lars William Pedersen, and Anna Nilsson. Analyzing and correcting for contaminating magnetic fields at the brorfelde geomagnetic observatory due to high voltage dc power lines. *Earth, Planets and Space*, 61(11):1233–1241, Nov 2009.
- [8] Aline Peltier and Arnaud Chulliat. On the feasibility of promptly producing quasi-definitive magnetic observatory data. *Earth, Planets and Space*, 62(2):e5–e8, Feb 2010.
- [9] Risto Pirjola, Larry Newitt, David Boteler, Larisa Trichtchenko, Peter Fernberg, Lorne McKee, Donald Danskin, and Gerrit Jansen van Beek. Modelling the disturbance caused by a dc-electrified railway to geomagnetic measurements. *Earth, Planets and Space*, 59:943–949, Aug 2007.
- [10] S.J. Reay, W. Allen, O. Bailie, J. Bowe, and E. Clarke. Space weather effects on drilling accuracy in the north sea. *Annales Geophysicae*, 2005.

- [11] Jan Reda, Danielle Fouassier, Anca Isac, Hans-Joachim Linthe, Jurgen Matzka, and Christopher William Turbitt. *Geomagnetic Observations and Models*. Springer, 2011.
- [12] W. Turbitt, christopher. *Procedure for Determining Instantaneous GDAS Variometer Baselines from Absolute Observation*. British Geological Survey.

Mengetahui,
Kepala Stasiun Geofisika Tuntungan

TTD

Sunardi, S.Kom
NIP. 19620912 198403 1 001

Medan, 06 September 2017
Penulis,

1. Relly Margiono
NIP. 19900916 200911 1 001

2. Yosi Setiawan
NIP. 19891029 200911 1 001