

ANALISIS ARUS INDUKSI GEOMAGNET MENGUNAKAN ARUS NETRAL TRANSFORMER PLN

Anwar Santoso
Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
email: anwar@bdg.lapan.go.id

Abstrak - Arus induksi geomagnet (*Geomagnetically Induced Current, GIC*) disebabkan oleh medan listrik yang dihasilkan oleh badai geomagnet. Untuk mengetahui keberadaan arus GIC pada transformer PLN maka dilakukan analisis terhadap arus netral dari transformer PLN menggunakan metode FFT. Data yang digunakan adalah data arus netral dan komponen H stasiun Biak tahun 2008-2009. Hasil pengolahan data diperoleh sebuah arus sebesar 0.2 A pada frekuensi 1 Hz pada tanggal 23 Maret 2009. Identifikasi menggunakan indeks Dst pada tanggal tersebut tidak dijumpai adanya kejadian badai geomagnet. Bahkan dari analisis variasi harian komponen H stasiun Biak tidak ditemukan adanya fenomena gangguan. Disimpulkan bahwa arus tersebut berasal dari pengaruh beban distribusi dan bukan dari pengaruh kejadian badai geomagnet.

Kata Kunci: Arus induksi geomagnet (GIC), badai geomagnet, arus netral trafo

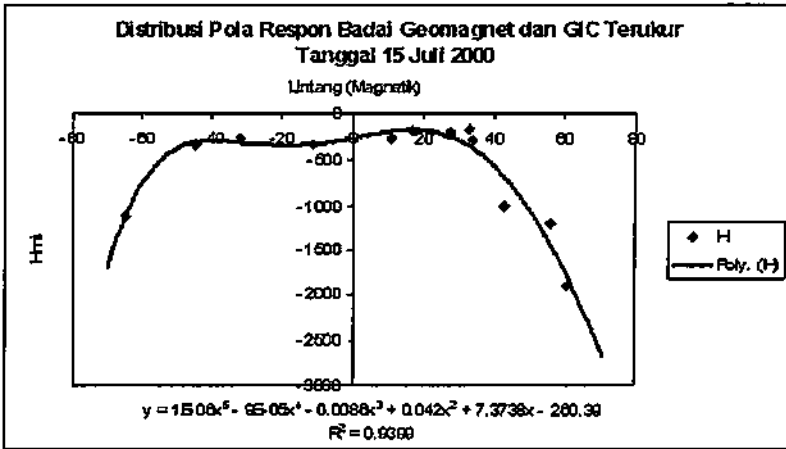
Abstract - Geomagnetic Induced Current (GIC) is triggered by dectrical jield yielded by geomagnetic storm. We analyzed the existence of GIC current in transformer ofihe neutral current of PLN using FFT method. We used the neutral current data and Biak observatory geomagnetic H component data from 2008 until to 2009. We obtained a current equal to 0.2 A atfrequency of 1 Hz on 23 March 2009. Identification by using Dst index on the same day did notfind the existence of geomagnetic store. Daily variation of H component observed in Biak observatory did not show the existence of disturbance phenomenon. As the conclusion, the current is caused by the distribution burden and is not caused by the geomagnetic storm.

Keywords: Geomagnetically Induced Current, geomagnetic storm, transformer netral current

1. PENDAHULUAN

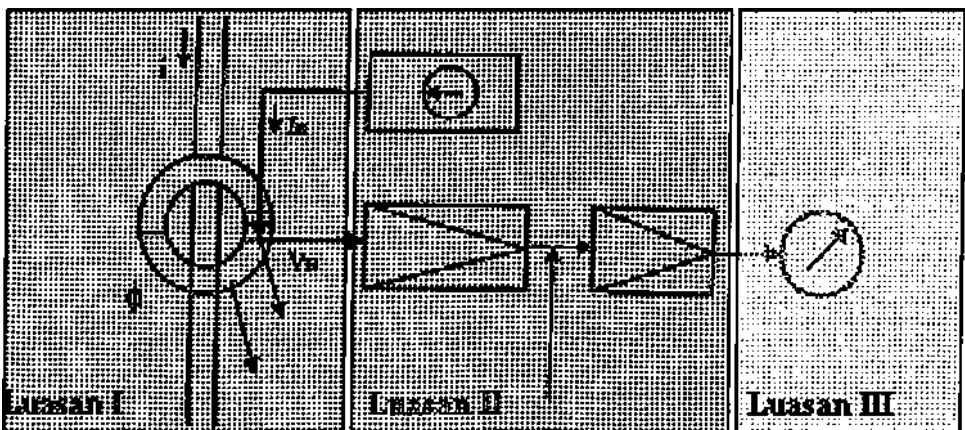
Arus-arus induksi geomagnet yang disebut sebagai *Geomagnetically Induced Current (GIC)* terjadi sebagai dampak dari keberadaan badai geomagnet. Ketika badai geomagnet, fluktuasi medan geomagnet yang terjadi akan menimbulkan fluktuasi arus ionosfer yang mengalir dipermukaan bumi. Aliran arus ionosfer ini menimbulkan perbedaan potensial di atas permukaan bumi yang dinamakan *Earth Surface Potential (ESP)*. ESP ini bertindak sebagai sumber tegangan yang berlaku diantara 2 *ground netral autotrasformer* yang terletak pada ujung-ujung jaringan panjang transmisi arus. Beda tegangan yang muncul diantara kedua trafo inilah yang menghasilkan arus induksi geomagnet dalam satuan ampere (A) (Kappenman, 2003; Vodjannikov et al., 2007).

Distribusi intensitas kemunculan arus GIC di permukaan bumi berbeda-beda bergantung pada intensitas badai geomagnetnya, lintang lokasi trafo berada, resistivitas tanah dimana trafo berada dan tipe trafonya. Umumnya, intensitas terbesar kemunculan GIC terjadi di lintang tinggi dan menurun secara eksponensial sampai ke lintang rendah sesuai dengan pola respon intensitas badai geomagnet pada masing-masing lintang geomagnet, seperti dapat dilihat pada Gambar 1-1.



Gambar 1-1. Pola Distribusi Respon Badai Geomagnet pada masing-masing lintang geomagnet.

Untuk mengetahui dan sekaligus mengukur besar-kecilnya arus GIC maka digunakan alat ukur yang dipasang pada bagian netral trafo dengan keluaran arus GIC terukur merupakan arus quasi DC (mHz). Ilustrasi sederhana skematik rangkaian GIC meter seperti ditunjukkan pada Gambar 1-2 (Chau et al., 2008).



Gambar 1-2. Ilustrasi Skematik rangkaian GIC meter yang terpasang pada netral trafo (Chau et al., 2008). Luasan I, bagian clamp on yang terpasang pada kawat netral trafo, Luasan II bagian elektrik (berisi komponen-komponen elektronika), Luasan III bagian display yang biasanya terhubung dengan sistem penguat eksternal.

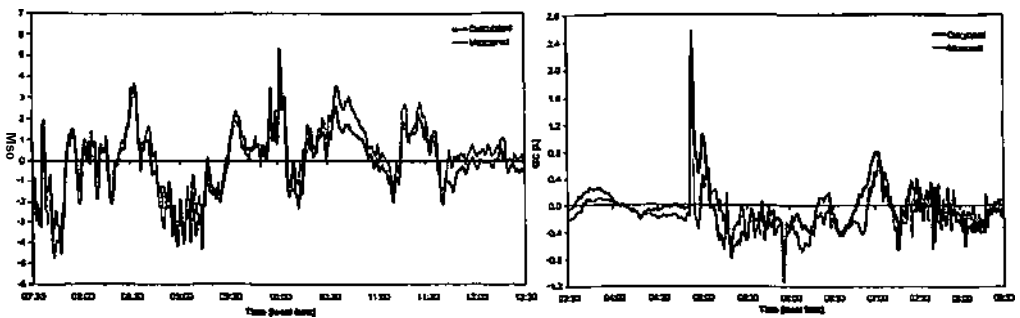
Arus GIC terukur inilah yang oleh peneliti geomagnet dirunut menggunakan data variasi medan geomagnet atau dengan kata lain melakukan kalibrasi medan geomagnet berdasarkan arus GIC terukur melalui persamaan (1-1) atau dapat dilihat pada Gambar 1-3 (Kappenman, 2003; Koen and Gaunt, 2002; Vodjannikov et al.,

ANALISIS ARUS INDUKSI GEOMAGNET

2007). Hal ini dikarenakan bahwa sumber pembangkit arus GIC adalah kejadian badai geomagnet.

$$GIC(t) = k \frac{dH}{dt} \quad (1-1)$$

dengan k adalah konstanta yang bergantung pada resistivitas tanah atau bisa disebut faktor kalibrasi



Gambar 1-3. Ilustrasi metode dan hasil kalibrasi variasi medan geomagnet dengan berdasar pada arus GIC terukur di trafo (kiri) Grassridge saat badai geomagnet tanggal 31 Maret 2001 dan (kanan) Hydra saat badai geomagnet tanggal 6 Nopember 2001, kedua trafo berada di wilayah Afrika Selatan (Koen dan Gaunt, 2002).

Berdasarkan kondisi di atas maka dalam makalah ini dilakukan analisis arus GIC di Indonesia menggunakan arus netral yang diperoleh dari trafo distribusi tenaga listrik milik PT. PLN. Metode yang digunakan adalah analisis FFT. Sebagai studi kasus, analisis dilakukan pada data arus netral yang diperoleh dari trafo distribusi jaringan Jawa-Bali.

2. DATA DAN METODA

Data yang digunakan adalah

- * indeks Dst untuk identifikasi kejadian badai geomagnet (http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/),
- * arus netral yang terukur pada trafo distribusi tenaga listrik jaringan Jawa-Bali.

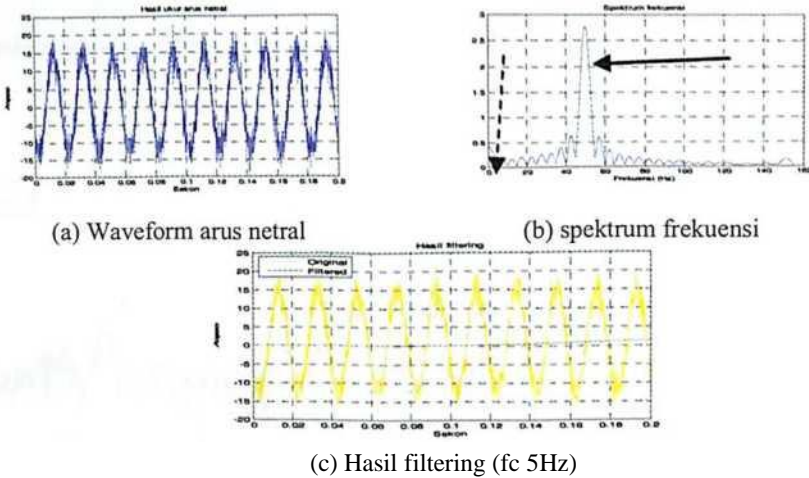
Data dianalisis dengan menggunakan metode FFT. Pertama, data arus netral diolah menggunakan FFT, kemudian di *cut-off* pada frekuensi rendah (~mHz). Pada frekuensi tersebut dihitung puncak arus yang terjadi, dan arus ini adalah arus DC. Kemudian dilakukan klarifikasi dengan kondisi / aktivitas geomagnet (indeks Dst) untuk 2 atau 3 hari sebelum dan sesudah tanggal arus DC diperoleh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

3.3.1. Hasil Ukur arus netral di GI Rancaekek Bay Sunyaragi -2

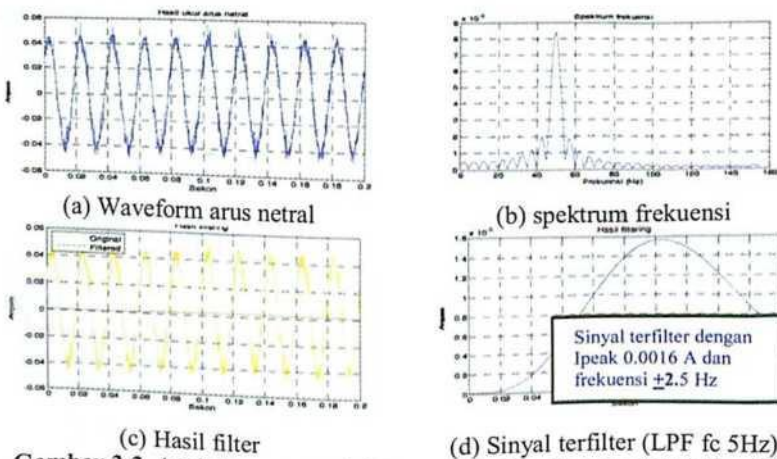
Hasil pengukuran arus netral di Gardu Induk (GI) Rancaekek Bay Sunyaragi-2 (250KVA), ditunjukkan seperti pada Gambar 3-1.



Gambar 3-1. Analisis arus netral di Rancaekek bay Sunyaragi-2 (8 Des 2008). Panah garis putus adalah frekuensi arus GIC dan garis utuh adalah arus operasional 50Hz

3.3.2. Hasil Ukur arus netral di GI Rancaekek Bay Sunyaragi-3

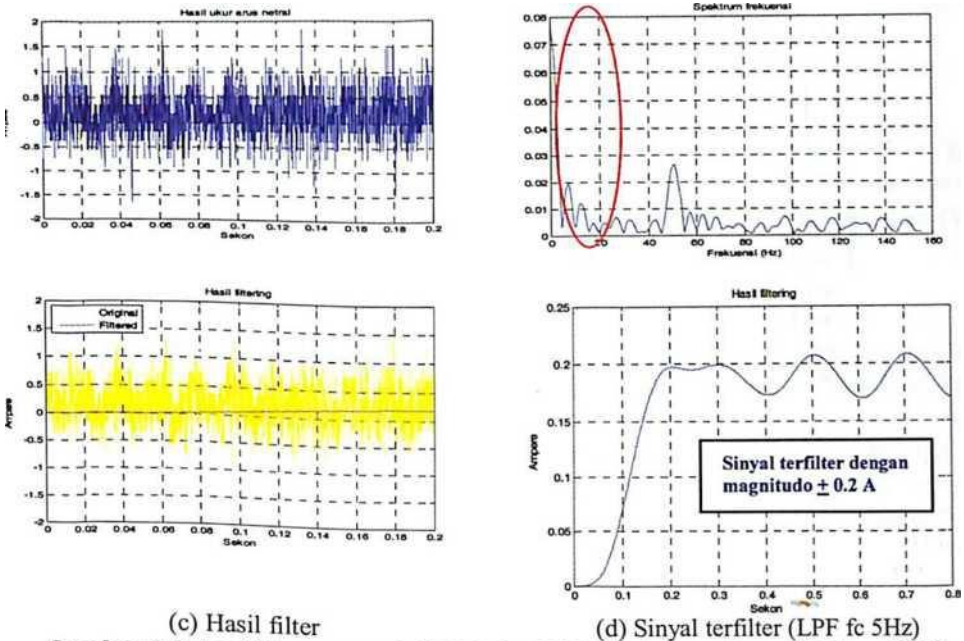
Hasil pengukuran arus netral di Gardu Induk (GI) Rancaekek Bay Sunyaragi-3 (250KVA), ditunjukkan seperti pada Gambar 3-2.



Gambar 3-2. Analisis arus netral di Rancaekek Bay Sunyaragi-3 (3 Nov 2008)

3.3.1. Hasil Ukur arus netral di GI Fajar Surya Wisesa-1

Hasil pengukuran arus netral di Gardu Induk (GI) Fajar Surya Wisesa-1 (250KVA), ditunjukkan seperti pada Gambar 3-3.



Gambar 3-3. Analisis arus netral di GI FajarSW Trafo-1 (pengukuran 23 Maret 2009)

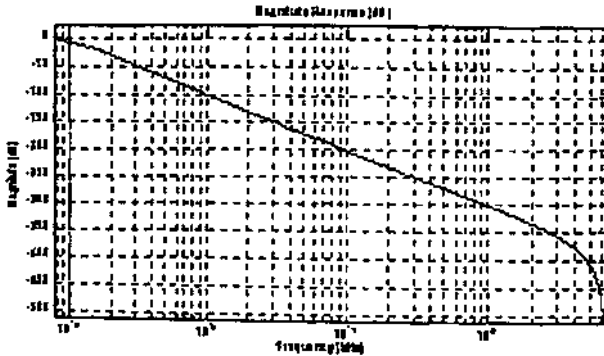
Gambar 3-2a dan Gambar 3-3a adalah *raw* data sinyal terukur (waveform_sampling ms), Gambar 3-2b dan Gambar 3-3b adalah spektrum hasil pengolahan *raw* data sinyal terukur untuk mengetahui frekuensi dominan, Gambar 3-2c dan Gambar 3-3 c adalah sinyal arus hasil pemfilter-an serta Gambar 3-2d dan Gambar 3-3d adalah hasil spektrum hasil pemfilteran dengan frekuensi cut-off(fc) 5 Hz.

3.2. Pembahasan

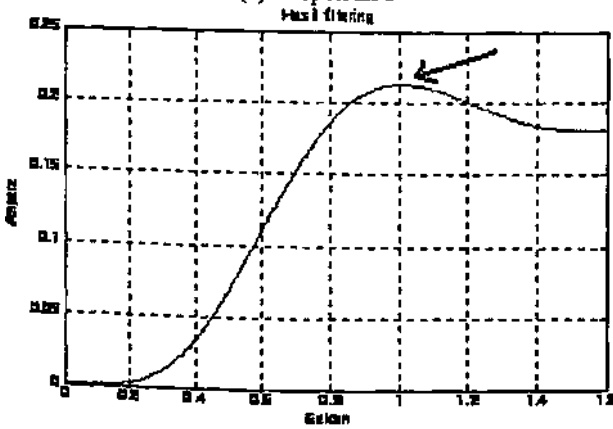
Dari spektrum frekuensi pada Gambar 3-1 b terlihat bahwa arus netral hanya didominasi oleh frekuensi sistem 50 Hz. Hasil filter dengan *cut-off frequency* (frekuensi cut-off, fc) 5Hz juga tidak menunjukkan adanya sinyal di bawah 5 Hz yang signifikan (lihat Gambar 3-1 b). Demikian juga untuk Gambar 3-2. Dari spektrum frekuensi pada Gambar 3-2b terlihat bahwa arus netral hanya didominasi oleh frekuensi sistem 50 Hz (panah merah). Hasil filter dengan fc 5Hz juga tidak menunjukkan adanya sinyal di bawah 5 Hz yang tampak jelas signifikan. Walaupun tidak tampak jelas sekali, tetapi masih sempat terdeteksi adanya arus dengan frekuensi rendah yang mempunyai amplitudo sebesar 0.0016 A pada frekuensi 2.5 Hz (Lihat Gambar 3-2d).

Sedangkan hasil analisis pada Gambar 3-3 terlihat adanya sinyal dengan frekuensi rendah yang lebih jelas di antara sinyal utama (50Hz). Dari spektrum frekuensi pada Gambar 3-3.b terlihat adanya arus dengan frekuensi < 20 Hz yang cukup dominan. Hasil filter dengan fc 5Hz juga menunjukkan ada sinyal di bawah 5 Hz besarnya sekitar 0.2 A (Lihat Gambar 3-3d). Secara teori sinyal dengan frekuensi < 1

Hz sebesar 0.2 A ini bisa saja akibat karakteristik beban atau badai medan. Oleh karena itu, perlu diklarifikasi dengan rekaman data aktivitas medan geomagnet seperti indeks Dst pada waktu yang bersamaan. Untuk memperjelas sinyal tersebut di atas, maka dilakukan filtering pada frekuensi f_c 1 Hz. Hasilnya seperti ditunjukkan pada Gambar 3-4.



(a) Respon LPF

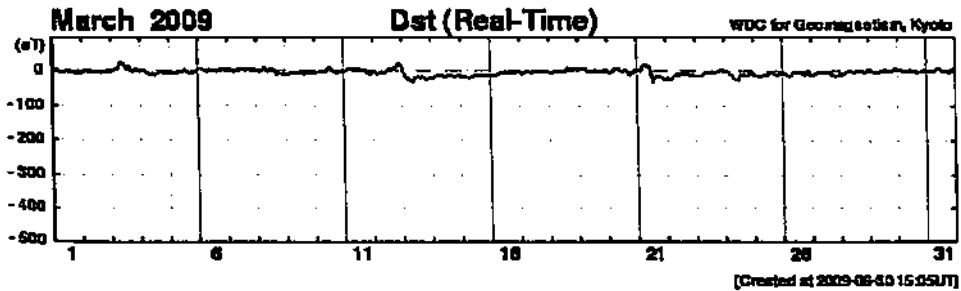


(b) Sinyal terfilter (LPF f_c 1Hz)

Gambar 3-4. Analisis arus netral di GI FajarSW Trafo-1 dengan f_c 1 Hz

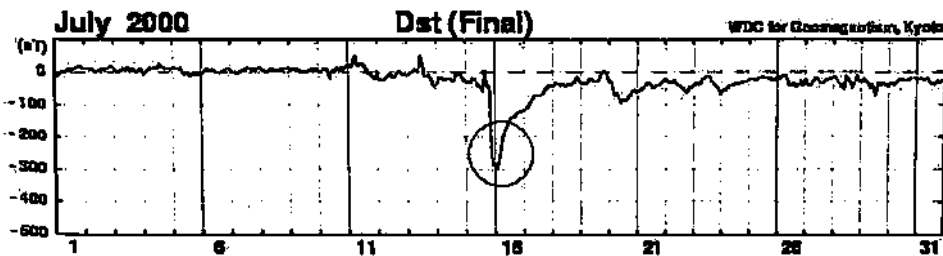
Seperti telah dijelaskan di atas bahwa secara teori sinyal dengan frekuensi < 1 Hz sebesar 0.2 A ini bisa saja akibat dari karakteristik beban atau badai geomagnet. Oleh karena itu, perlu diklarifikasi dengan dengan rekaman aktivitas medan geomagnet (indeks Dst) pada bulan Maret 2009, seperti dapat dilihat pada Gambar 3-5.

ANALISIS ARUS INDUKSI GEOMAGNET



Gambar 3-5. Pola varias aktivitas medan geomagnet di lintang rendah bulan Maret 2009 (World Data Center for Geomagnetism Kyoto University)

Analisis terhadap indeks Dst (indeks yang menyatakan tingkat aktivitas medan geomagnet di lintang rendah) sepanjang bulan Maret 2009 tidak ditemukan satupun kejadian ekstrim yang dinamakan badai geomagnet (ditandai dengan pola seperti ditunjukkan pada Gambar 3-6, yaitu plot indeks Dst bulan Juli 2000 yang terdapat badai geomagnet tanggal 15 Juli 2000), yaitu suatu kejadian yang menjadi pemicu munculnya arus *Geomagnetically induced current* (GIC), seperti ditunjukkan pada persamaan (1-1). Sehingga diyakini bahwa arus yang terdeteksi sebesar 0.2 A merupakan dampak dari fluktuasi beban.



Gambar 3-6. Pola varias aktivitas medan geomagnet di lintang rendah bulan Juli 2000. Badai geomagnet yang dikenal sebagai “bastille day” terjadi tanggal 15 Juli 2000, onset 14.37 UT (World Data Center for Geomagnetism Kyoto University).

Untuk memperjelas dari mana sumber arus yang muncul sebesar 0.2 A pada tanggal 23 Maret 2009 maka dilakukan analisis terhadap plotting variasi harian komponen H medan geomagnet di sekitar Indonesia (dalam hal ini digunakan komponen H stasiun Biak) menggunakan *Software* deteksi otomatis badai geomagnet yang telah dikembangkan tahun 2009 lalu. Plotingnya seperti ditunjukkan pada Gambar 3-7.

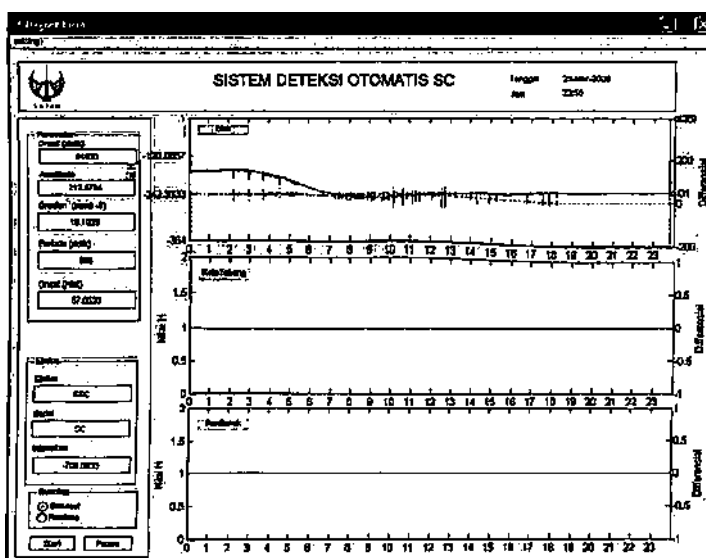
Dari Gambar 3-7 diperoleh informasi bahwa pola variasi harian komponen H stasiun Biak tanggal 23 Maret 2009 dalam keadaan normal (kondisi reguler), tidak ada tanda pola yang mengarah ke keadaan sedang terganggu (tenang). Adapun, *spike-spike* kecil yang nampak adalah *noise* yang diduga diakibatkan oleh lingkungan di sekitar sensor, *Software*nya atau selama proses transfer data dari Biak ke Bandung.

Demikian pula apa yang ditunjukkan oleh garis differensial komponen H stasiun Biak, tidak tampak adanya kondisi yang mengarah kepada timbulnya arus GIC. Adapun

spike-spike yang tampak muncul, diduga disebabkan oleh pengaruh yang sama dengan *noise* pada variasi komponen Hnya. Jadi bukan merupakan arus GIC. Apabila merujuk dari persamaan (3-1), maka akan diperoleh bukti yang signifikan.

$$k \frac{dH}{dt} = \text{GIC} \quad \text{dengan } k = 1 \quad (3-1)$$

Oleh karena dH relatif normal atau bisa dikatakan tidak berubah ($dH \ll 0$) maka dH/dt bernilai s angan kecil ($\ll 0$ A).



Gambar 3-7. Pola variasi harian komponen H stasiun Biak dan diferensialnya tanggal 23 Maret 2009.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa ternyata selain arus akibat induksi geomagnet, pada arus netral trafo PT. PLN juga terdapat arus induksi lain yang muncul sebagai akibat dari beban distribusi (*distribution load*) dengan amplitudo 0.2 A pada frekuensi ± 1 Hz. Oleh karena itu, disarankan untuk mewaspadai dan mempertimbangkan keberadaan arus akibat beban distribusi ini dalam kegiatan penentuan arus induksi geomagnet (GIC), agar tidak terjadi kesalahan analisis dan nilai.

DAFTAR RUJUKAN

Chau, H.D., Thanh, L.T., Dung, N.T., 2008, Use of Geomagnetic Data in The Studies of Space Weather in Vietnam, *IAGA International Symposium, Cair, Egypt*.

- Kappenman, J. G., 2003, Storm sudden commencement events and associated geomagnetically induced current risks to ground-based systems at low-latitude and mid-latitude locations, *Space weather* 1, 3, 1016, doi: 10.1029/2003SW000009.
- Kappenman, J. G., 2005, An overview of the impulsive geomagnetic field disturbances and power grid impacts associated with the violent Sun-Earth connection events of 29-31 October 2003 and a comparative evaluation with other contemporary storms, *Space Weather*, Vol. 3 (8), S08C01
- Koen J. and C. T. Gaunt, 2002, *Geomagnetically induced currents at mid-latitudes*, Abs. The 27 General Assembly of URSI, 17-24 August, Netherland, Maastrich, 177.
- Vodjannikov V.V., Gordienko G. I., Nechaev S. A., Sokolova O. I., Homutov S. J., and Yakovets A. F., 2007, Study of geomagnetically induced current from time derivative of the Earth's magnetic field, *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. SC.*, C-99, 398.
- World Data Center for Geomagnetism Kyoto University http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/201008/index.html