

# SIMULASI ARUS INDUKSI GEOMAGNET PADA TRAFU JARINGAN LISTRIK TEGANGAN TINGGI

Anang Mawardi<sup>1</sup>, Riam Agus Wibowo<sup>1</sup>, Wahyudi<sup>1</sup>, Anwar Santoso

<sup>1</sup> Puslitbang Ketenagalistrikan PT. PLN, Jakarta

<sup>2</sup> Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN Bandung  
anang\_mawardi@pln-litbang. co. id

Abstrak - Arus induksi geomagnet (GIC) merupakan arus liar pada sistem transmisi jaringan listrik. Keberadaan arus ini menyebabkan kerusakan pada trafo jaringan listrik. Untuk memahami bagaimana perilaku arus GIC tersebut di dalam trafo jaringan listrik maka dilakukan studi dengan cara simulasi keberadaannya. Hasil simulasi menunjukkan bahwa keberadaan arus GIC menyebabkan penurunan faktor K (pembebanan maksimum), besarnya berkisar antara 10-30. smp ya ketika trafo menerima arus listrik operasi, trafo menjadi panas dan akhirnya terbakar.

Kata kunci: arus induksi geomagnet (GIC), faktor K

*Abstract - Geomagnetically induced current (GIC) represents wild current at electric network transmission system. The existence of this current can cause damage in electricity network transformer. We studied the behavior of GIC current in the electricity network transformer by simulate the existence. The result shows that the existence of GIC current causes the degradation of K factor (maximum encumbering) with value of 10 to 30. The degradation of K factor can lead to the heating and burning of transformer when it is passed by the electric current.*

*Keywords: geomagnetically induced current, K factor*

## 1. PENDAHULUAN

GIC (*Geomagnetically Induced Current*) diketahui sebagai pembangkit arus harmonisa di dalam trafo yang memicu degradasi kapabilitas trafo baik secara langsung maupun tidak langsung. Sampai saat ini, mekanisme kemunculan GIC dalam bus kemudian proses yang terjadi sampai menyebabkan degradasi kapabilitas trafo

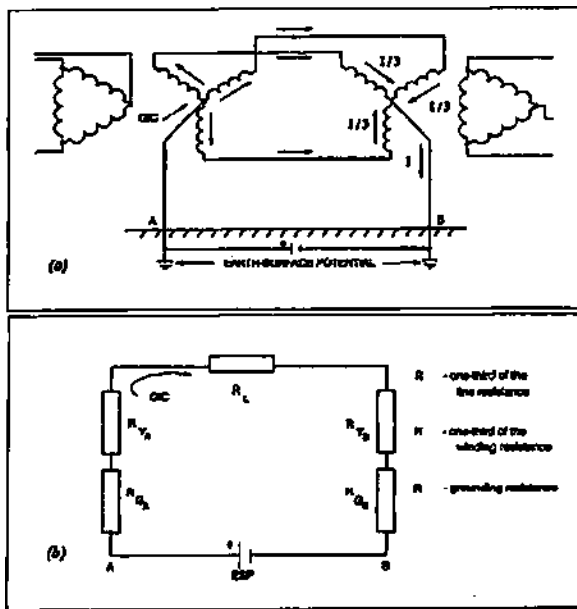
## 2. STUDI PUSTAKA

### 2-1. Kajian Literatur Arus Induksi Geomagnet di Jaringan Listrik

Matahari secara terus-menerus melepaskan plasma berupa proton dan elektron ke ruang angkasa yang dikenal sebagai angin surya (*solar wind*). Angin surya dapat berfluktuasi akibat kejadian-kejadian di matahari. Interaksi antara angin surya dengan medan geomagnet dapat menghasilkan arus aurora (*auroral currents*) atau *electrojets* yang melingkar sekitar kutub geomagnet pada ketinggian 100 km atau lebih. Arus aurora ini mempengaruhi arus medan geomagnet. Ketika pengaruh ini cukup besar, kejadian ini disebut Badai Geomagnet (Jayasinghe, 1996).

Gangguan badai geomagnet akan menimbulkan gradien tegangan dengan frekuensi sangat rendah (pada orde milli hertz) di sepanjang permukaan bumi. Frekuensinya sedemikian rendah sehingga dapat dianggap sama dengan tegangan DC (Barnes *et al.*, 1991).

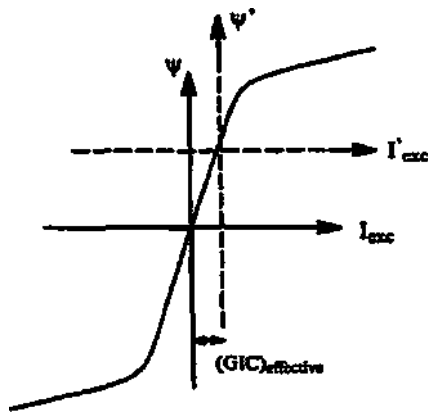
Karena titik netral transformator umumnya dihubungkan ke bumi, maka gradien tegangan akan menyebabkan beda potensial antara pembumian-pembumian netral transformator. Beda potensial antara pembumian-pembumian netral transformator akan menimbulkan arus induksi geomagnet di jaringan listrik. Timbulnya arus ini dapat dijelaskan dengan menggunakan *Earth Surface Potential Model* (ESP) seperti pada Gambar 2-1a (Bames *et al.*, 1991). Resistansi transformator dan peralatan listrik sangat rendah. Oleh karena itu maka timbul arus induksi geomagnet (GIC) melalui trafo dan jaringan listrik yang terhubung dengan pembumian-pembumian netral transformator. Karena frekuensi GIC sangat rendah, maka dapat dibuat pendekatan Model ESP seperti pada Gambar 2-1b.



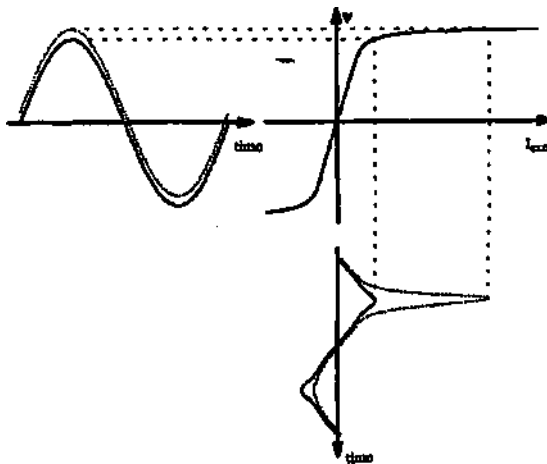
Gambar 2-1. Ilustrasi sederhana sistem rangkaian jaringan listrik dan trafo (Bames et al., 1991)

## 2-2. Akibat Arus Induksi Geomagnet pada Transformator Tenaga

Arus searah pada lilitan transformator dapat menyebabkan pergeseran titik kerja pada kurva magnetisasi transformator seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2-2 (Jayasinghe, 1996). Titik puncak gelombang fluks magnetik transformator umumnya dirancang mendekati "knee point" magnetisasi, hal ini menyebabkan transformator mengalami kejenuhan dalam setengah siklus magnetisasinya. Efek ini dikenal sebagai kejenuhan setengah siklus / setengah gelombang, dan merupakan penyebab dari hampir semua permasalahan yang terjadi pada peralatan dan operasi jaringan selama kejadian GIC. Karena mengalami kejenuhan setengah siklus, transformator menarik arus magnetisasi yang besar dan asimetris, serta meningkatkan pemakaian daya energi reaktif dan menimbulkan arus harmonik seperti ditunjukkan pada Gambar 2-3 (Chandrasena *et al.*, 2003).



Gambar 2-2. Ilustrasi titik pembelokan karakteristik magnetisasi (Jayasinghe, 1996)

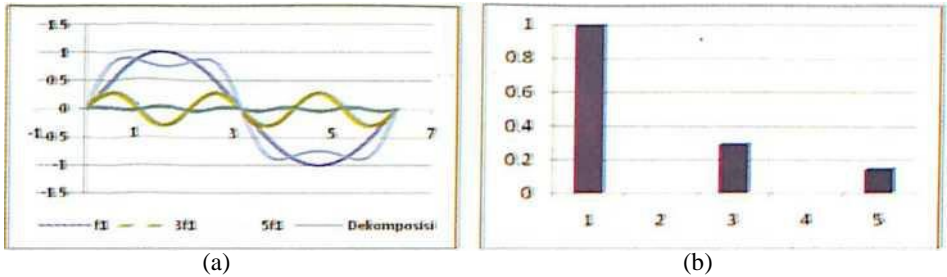


Gambar 2-3. Pembangkitan harmonisa akibat ketidaklinieran trafo (Chandrasena *et al.*, 2003)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

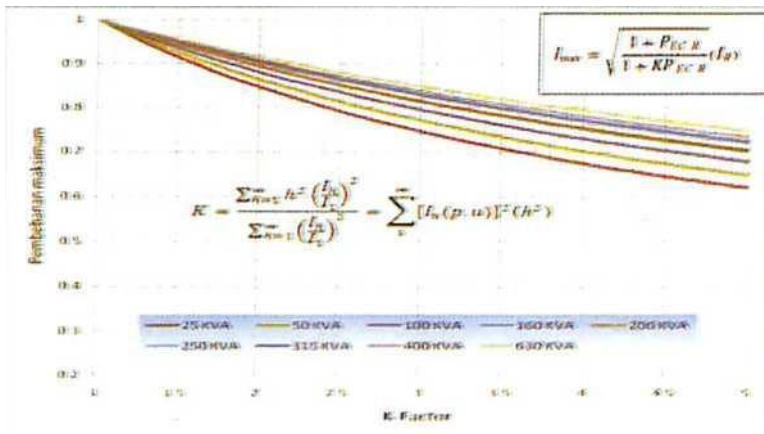
#### 3-1. Deskripsi Fenomena Harmonisa

Harmonisa diskripsikan sebagai komponen yang memiliki frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi dasar. Gelombang tegangan dan arus yang terdistorsi (tidak sinusioidal murni) secara periodik dapat dipisahkan menjadi komponen sinusioidal dengan frekuensi dasar dan frekuensi kelipatannya. Salah satu teknik untuk menguraikan gelombang periodik non sinusioidal menjadi komponen-komponen gelombang sinusioidal dengan menggunakan deret *fourier*.



Gambar 3-1. (a) Dekomposisi gelombang harmonisa kelipatan 1,3 dan 5 (b) Spektrum frekuensi

Gambar 3-1 (a) dan (b) memperlihatkan contoh dekomposisi gelombang dengan frekuensi dasar 1, 3 dan 5 dengan amplitudo berbeda yang menghasilkan gelombang dekomposisi. Seperti ditunjukkan pada Gambar 3-2.



Gambar 3-2. Recommended Practice ANSI C57.110 Derating Trafo Untuk kasus Trafo dengan  $P_{cc}$  25 % Full Load Losses

### 3-2. Akibat Arus Induksi Gemagnet pada Relai Proteksi

Relai proteksi umumnya mendapat masukan dari trafo tegangan dan trafo arus. Menurut studi yang dilakukan oleh Jayasinghc, trafo tegangan dan trafo arus tidak tampak terpengaruh oleh GIC, karena (Jayasinghe, 1996):

- 1 • Resistansi trafo tegangan (VT dan CCVT) cukup besar.
2. Inti magnetic trafo arus didesain untuk bekerja pada arus gangguan, bukan arus beban. Jadi GIC tidak akan membuat CT menjadi jenuh. Kecuali jika terjadi gangguan dan komponen arus searah yang timbul mempunyai polaritas yang sama dengan GIC, maka CT akan lebih cepat jenuh dan relai bekerja lebih lambat.

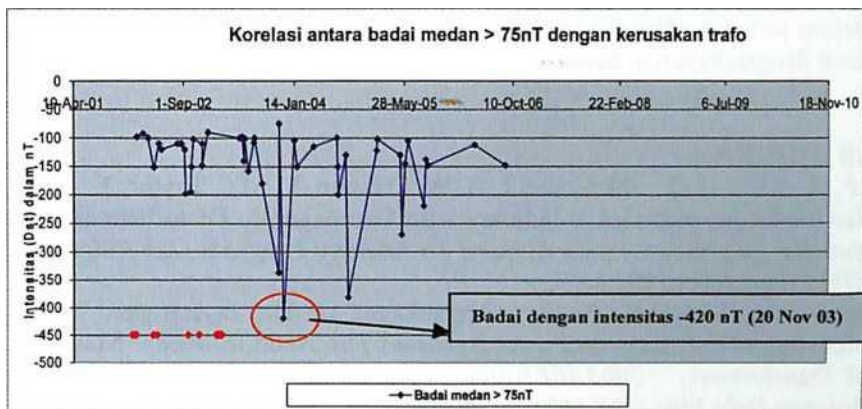
Hasil percobaan memakai rekaman gelombang yang diperoleh pada kejadian GIC menunjukkan bahwa filter urutan (*sequence filter*) yang tidak dilengkapi dengan low pass filter menunjukkan adanya urutan komponen simetri yang lebih besar dari yang sebenarnya. Sedangkan relai-relai arah umumnya memakai deteksi arus urutan negatif

## SIMULASI ARUS INDUKSI GEOMAGNET

atau urutan nol. Maka pada kejadian GIC, relai dapat salah kerja, baik berupa “*unnecessary trip*” atau “*blockitig of a necessary trip signal*”. Relai differensial trafo umumnya dilengkapi “*iunsh blocking*” yang bekerja berdasarkan harmonisa ke dua dan ke lima. Sementara ini belum diketahui pengaruh harmonisa yang timbul akibat GIC pada relai differensial trafo (Jayasinghe, 1996).

### 3-1. Analisa Korelasi Badai Geomagnet dengan Gangguan Sistem Tenaga Listrik

Mengingat adanya beberapa kelemahan pada metode pengukuran di atas, maka dilakukan perbandingan/analisa korelasi antara data fluktuasi H (kejadian badai geomagnet) dengan gangguan pada sistem tenaga listrik. Korelasi ini digunakan untuk mengetahui apakah badai geomagnet yang terjadi selama ini dapat menyebabkan kerusakan/gangguan pada sistem tenaga listrik (Lihat Gambar 3-3).



Gambar 3-3. Korelasi badai medan dengan kerusakan trafo tenaga. Tanda lingkaran menunjukkan badai geomagnet pada tanggal 20 November 2003 dengan indeks Dst -420 nT. Tanda ♦ menunjukkan kejadian kerusakan trafo

Gambar 3-3 di atas merupakan data kejadian badai geomagnet yang tercatat sejak tahun 2002 s/d 2008 yang besarnya di atas 75 nT. Tampak bahwa tidak terjadi badai geomagnet besar pada tahun 2007 s/d 2008. Untuk melihat dampak badai geomagnet tersebut terhadap trafo tenaga maka dibandingkan dengan kerusakan trafo yang terjadi pada periode 2002 s/d 2008. Badai medan terbesar terjadi pada tanggal 20 Nopember 2003 dengan intensitas minimum sekitar -420 nT, pada saat itu tidak terjadi gangguan di sistem tenaga listrik Jawa Bali (sumber: *Forced Outage Information System - PLN*). Sehingga, disimpulkan bahwa arus GIC yang muncul pada intensitas ini (-420 nT) tidak mengganggu kontinuitas pengoperasian operasi tenaga listrik.

Dari grafik korelasi di atas terlihat bahwa kerusakan trafo tenaga terjadi pada saat tidak ada badai geomagnet < -75 nT. Hal ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut,

Tidak ada korelasi antara GIC dengan gangguan yang terjadi di Indonesia.

GIC yang terjadi pada periode tahun 2002 s/d 2008 tidak menyebabkan kerusakan pada trafo tenaga atau mungkin saja tidak seketika menyebabkan kerusakan pada peralatan.

Pada beberapa referensi disebutkan bahwa, GIC di lintang rendah tidak besar dan tidak membahayakan pada sistem tenaga listrik. Akan tetapi, besarnya arus GIC di lintang rendah berapa, itu belum diketahui.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari kegiatan ini adalah :

- a. Masih perlu dibuktikan apakah arus induksi geomagnet mengalir pada jaringan listrik melalui netral trafo.
- b. Arus induksi geomagnet yang mengalir pada netral trafo akan mengakibatkan bergesernya titik kerja trafo dan hal ini akan menimbulkan harmonisa arus dan berdampak pada pemanasan berlebih pada trafo dan *derating* dari trafo.
- c. Belum terbukti adanya korelasi antara kerusakan trafo 500 kV PLN di Region Jawa dengan kejadian badai antariksa.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Bames, P. R., Rizy, D. T., McConnell, B. W., Tesche, F. M., Taylor, E. R. Jr., 1991, Electric Utility experience Industry with Geomagnetic Disturbances, *Oak Ridge National Laboratory Power Systems Technology Program Oak Ridge, Tennessee* 37831 September 1991
- Chandrasena, W., McLaren, P. G., Annakkage, U. D., Jayasinghe, R. P., 2003, Modeling GIC Effects on Power Systems: The Need to Model Magnetic Status of Transformers, *2003 IEEE Bologna Power Tech Conference, June 23-26th, Bologna Italy*, <http://150.162.19.200/congressos/PowerTech/papers/219.pdf>
- Jayasinghe, R.P., 1996, Investigation of Protection Problems due to Geomagnetically Induced Currents, Department of Electrical and Computer Engineering University of Manitoba Winnipeg, Manitoba, Canada.