

GEOMAGNETICALLY INDUCED CURRENT (GIC) : KAJIAN PROBABILITAS KEJADIAN DI INDONESIA DAN METODE PENENTUANNYA

Anwar Santoso

Pusat Sains Antariksa - LAPAN

e-mail : wWar92_2000@yahoo.com; amwar@bdg.lapan.go.id

Abstract

At the peak of solar activity that periodically occur every 11 years a lot of flare and coronal mass Ejection (CME) events. This phenomenon disrupt Earth's magnetic field and cause current variations in the ionosphere and magnetosphere flows slowly. This current causing the quasi-DC currents called Geomagnetically Induced Current (GIC) which can disrupt and damage the distribution system and power supply. GIC events mainly occurred in near high latitudes or in the auroral zone because in this region the intense geomagnetic storms mostly occurred. Countries in low latitudes, such as Indonesia, located away from the poles of the magnet so that the response of geomagnetic disruption experienced much smaller than the polar region. GIC and potential threats to the integrity of the electrical network is relatively few known at the low latitude. Until now still believed that the electricity network in low latitude areas not affected by GIC. Several previous studies have shown that GIC can happen until at low latitudes, since the phenomena was global geomagnetic storm. Based on the presence of GIC on power lines can be determined through two ways, namely by geophysical and calibration using geomagnetic and electric current data. By using geomagnetic field data in Indonesia and neutral currents in the grid electric of PLN then the study of GIC occurrence probability in Indonesia and the It determination method were conducted. This study aims to provide insight into the probability of occurrence GIC in Indonesia and the determination methods. The data which have been used are the neutral current data and geomagnetic field data at LPD Sumedang LPD in 2011. Data were analyzed using statistical method. From the neutral current measurement data in GITET Paiton 28-29 July 2011, has obtained a DC current is about of 0.27 A (maximum 2.4 A). Based on these results the determination of the GIC has been done through calibration with a statistical correlation method. The results obtained the equation $GIC(H) = 0.25 (dH / dt)$. Based on these results it can be concluded that GIC can potentially occur in Indonesia with a magnitude around East Java can be estimated through the equation $GIC(H) = 0.25 (dH / dt)$.

Keywords: geomagnetic storm, Geomagnetically Induced Current (GIC), low latitude

Abstrak

Pada puncak aktivitas matahari yang periodik setiap 11 tahun banyak terjadi peristiwa flare dan lontaran massa korona (*Coronal Mass Ejection / CME*). Fenomena ini mengganggu medan magnet bumi dan menyebabkan variasi arus di ionosfer dan magnetosfer secara perlahan. Arus ini menyebabkan arus kuasi-DC yang dinamakan Arus Induksi Geomagnet (*Geomagnetically Induced Current / GIC*) dapat mengganggu dan merusak sistem distribusi dan suplai tenaga listrik. Peristiwa GIC terutama terjadi di lintang tinggi didekat atau di zona aurora karena di daerah ini, badai geomagnet terjadi paling intens. Negara-negara di lintang rendah, seperti Indonesia, terletak jauh dari kutub magnet sehingga respon gangguan geomagnet yang dialami jauh lebih kecil

dibandingkan daerah kutub. GIC dan potensi ancamannya pada integritas jaringan listrik relatif tidak banyak diketahui di lintang rendah. Sampai saat ini masih diyakini bahwa jaringan listrik di daerah lintang rendah tidak terpengaruh oleh GIC. Beberapa penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa GIC dapat terjadi sampai di daerah lintang rendah, mengingat fenomena badai geomagnet terjadi secara global. Secara teori, dalam menentukan keberadaan GIC pada jaringan listrik dapat ditentukan melalui 2 cara, yaitu secara geofisika dan kalibrasi menggunakan data arus listrik dan medan geomagnet. Dengan menggunakan data medan geomagnet di Indonesia dan arus netral pada jaringan listrik PLN, maka dilakukan kajian probabilitas kejadian GIC di Indonesia dan metode penentuannya. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan wawasan tentang probabilitas kejadian GIC di Indonesia dan metode penentuannya. Data yang digunakan adalah data arus netral dan medan geomagnet Loka Pengamat Dirgantara (LPD) Sumedang hasil pengukuran tahun 2011. Data dianalisis menggunakan metode statistik. Dari data pengukuran arus netral di gardu induk tegangan ekstra tinggi (GITET) Paiton tanggal 28-29 Juli 2011, telah diperoleh arus DC rata-rata sebesar 0.7 A (maksimum 2.4 A). Berdasarkan hasil tersebut dilakukan penentuan arus GIC melalui cara kalibrasi dengan metode korelasi. Hasilnya diperoleh persamaan $GIC(H) = 0.25 (dH/dt)$. Berdasarkan hasil di atas dapat disimpulkan bahwa GIC berpotensi dapat terjadi di Indonesia dengan magnitudo yang di sekitar Jawa Timur dapat diestimasi melalui persamaan $GIC(H) = 0.25 (dH/dt)$.

Kata Kunci : badai geomagnet, Geomagnetically Induced Current (GIC), lintang rendah

1. PENDAHULUAN

Program cuaca antariksa (*space weather*) merupakan program yang banyak mendapat perhatian di seluruh dunia, tak terkecuali di Indonesia melalui Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Hal ini dikarenakan berdampak negatif atas keberadaannya. LAPAN melalui bidang Geomagnet dan Magnet Antariksa, Pusat Sains Antariksa berkepentingan untuk memonitor dan melakukan penelitian terkait dengan program cuaca antariksa. Salah satu fenomena yang utama dalam program cuaca antariksa adalah badai geomagnet yang akan memicu muncul arus yang dinamakan arus induksi geomagnet (*Geomagnetically induced current_GIC*) yang masuk ke dalam trafo sebagai arus DC dengan variasi lambat. Ketika GIC muncul, maka gangguan pada sistem distribusi jaringan listrik, diantaranya terbakarnya trafo dapat terjadi. Secara finansial, dampak terbakarnya trafo mengakibatkan kerugian besar bisa mencapai milyaran dolar.

Pada umumnya, penelitian tentang GIC dan dampaknya banyak dilakukan di daerah lintang tinggi. Di daerah lintang ini, respon badai geomagnet dirasakan paling kuat dan sering terjadi. Hal ini dikarenakan daerah lintang tinggi berada di sekitar kutub-kutub magnet bumi. Sementara itu, di daerah lintang rendah yang letaknya jauh dari kutub-kutub magnet bumi mempunyai respon badai geomagnet yang jauh lebih kecil, sehingga tidak mengalami dampak buruk seperti yang pernah dialami negara Kanada atau negara-negara Skandinavia. GIC dan dampak negatifnya pada integritas jaringan listrik relatif belum banyak dikenal di daerah lintang rendah. Beberapa tahun sebelumnya masih dipercaya bahwa jaringan listrik di daerah lintang rendah tidak terpengaruh oleh keberadaan GIC. Namun saat ini, telah ditemukan bahwa dampak GIC bisa mencapai seluruh lintang bahkan sampai area akuator (Kappenman (2003); Koen dan Gaunt (2002) dan Chau et al., (2008)).

Berkenaan dengan asumsi di atas dan untuk menyediakan pemahaman yang mendalam tentang timbulnya GIC, dampak dan mitigasinya pada jaringan listrik di Indonesia maka dilakukan studi probabilitas kejadian GIC di Indonesia dan metode penentuannya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Secara teori, keberadaan GIC dalam jaringan listrik dapat ditentukan dengan 2 metode (Lehtinen and Pirjola, 1985; Koen, 2000; Pulkkinen, 2008) :

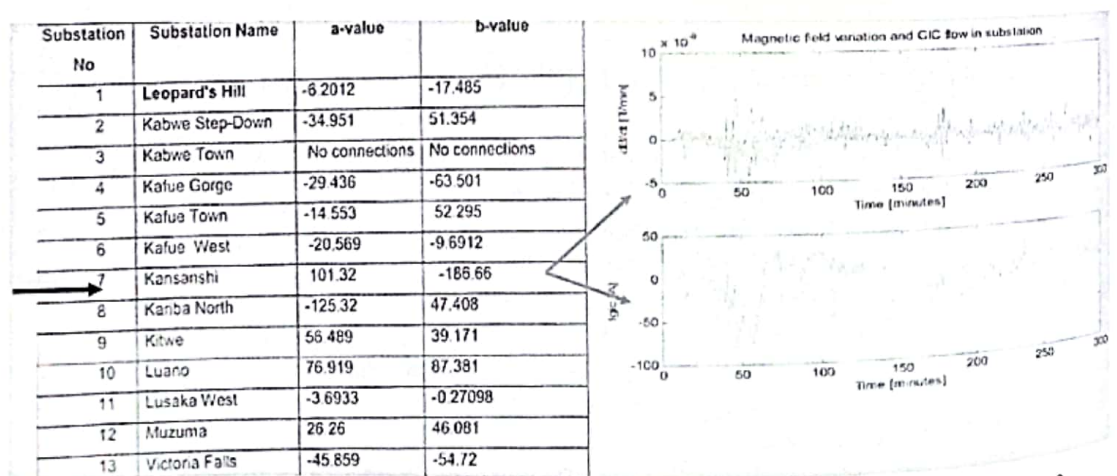
1. Metode Penentuan GIC secara Geofisikal (Lehtinen and Pirjola, 1985; Koen, 2000)

Metode ini dilakukan menggunakan formulasi

$$GIC(t) = aEx(t) + bEy.....(2-1)$$

Dimana t adalah waktu, a adalah konstanta yang bergantung pada resistensi trafo dan b adalah konstanta yang bergantung pada topologi sekitar trafo.

Kalkulasi GIC secara geofisika dilakukan melalui penentuan potensial permukaan bumi (*Earth potential surface*) dari persamaan Maxwell. Formulasi yang digunakan adalah persamaan (2-1). Salah satu contoh hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2-1 (Nyirenda, 2008).



Gambar 2-1 : (Kiri) Beberapa harga konstanta jaringan (a dan b) di Afrika Selatan pada tanggal 29 Oktober 2003, dan (kanan) Variasi medan geomagnet dan GIC di trafo Kansanshi, Afrika Selatan pada tanggal 29 Oktober 2003 (Nyirenda, 2008)

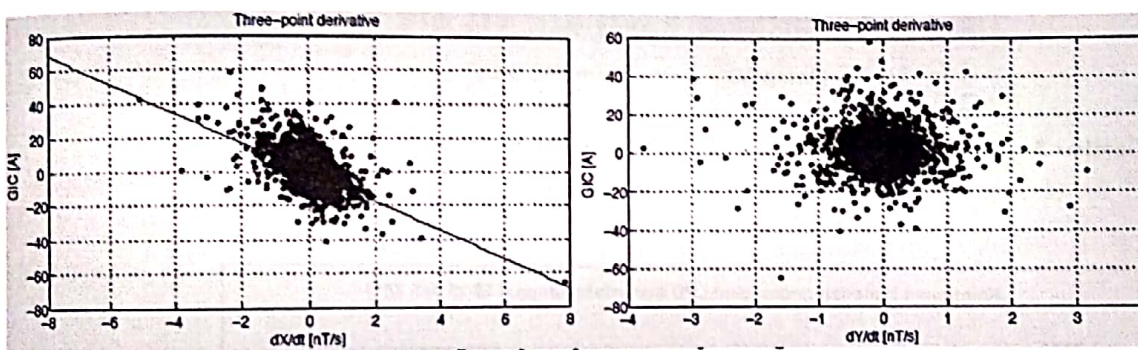
2. Metode Penentuan GIC dari Jaringan Listrik

Metode ini dikembangkan dari formulasi (2-1) oleh Pulkkinen (2008) menjadi

$$GIC(t) \approx k \, dH/dt \dots\dots\dots(2-2)$$

Dengan k adalah faktor pengepasan (*fitting factor*)

Kalkulasi GIC yang dihasilkan oleh *Earth potential surface* di seluruh cabang transmisi dilakukan menggunakan hukum Ohm dan Kirchhoff serta teorema Thevenin. Formulasi yang digunakan adalah persamaa (2-2). Contoh teknik kalkulasi GIC dari jaringan seperti ditunjukkan pada Gambar 2-2 (Koen dan Gaunt, 2002; Pulkkinen, 2008).



Kombinasi dari kedua metode akan menghasilkan sebuah keluaran yang lebih bagus dan dapat diterapkan untuk menentukan GIC di beberapa lokasi.

3. DATA DAN METODE

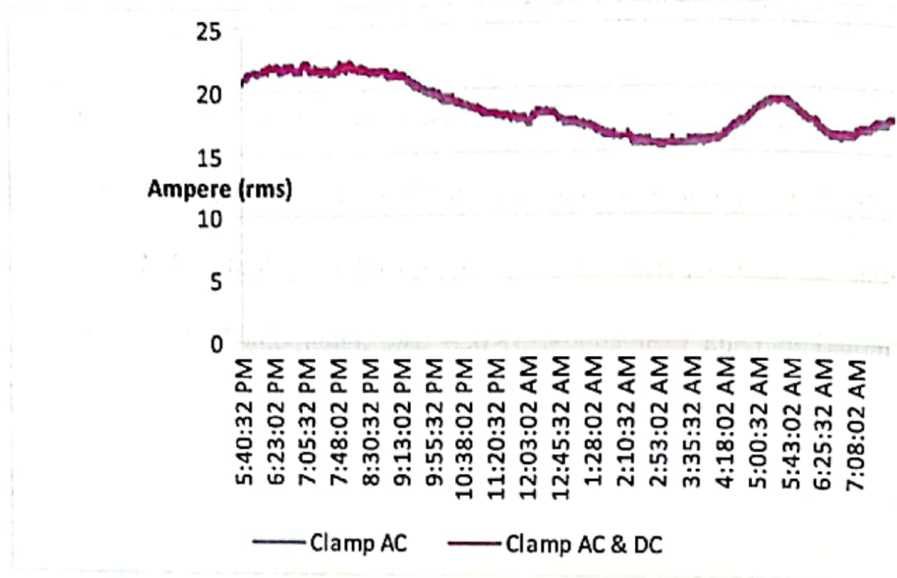
Data arus netral jaringan listrik PLN GITET Paiton hasil pengukuran tahun 2011 dan medan geomagnet Loka Pengamatan Dirgantara (LPD) Sumedang pada tahun yang sama, seperti ditunjukkan pada Gambar 3-1 dan Gambar 3-2. Penentuan arus induksi geomagnet (GIC) dianalisis melalui metode statistik. Tahapan kegiatannya meliputi :

- (a) mengumpulkan data arus netral dan medan geomagnet

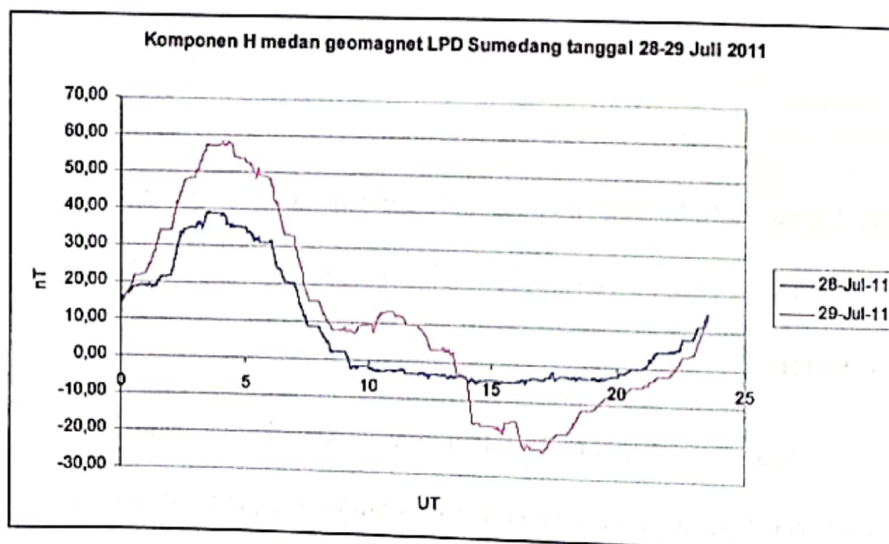
(b) mengolah data

(c) menganalisis hasil pengolahan data dengan metode statistik

(c) membuat kesimpulan



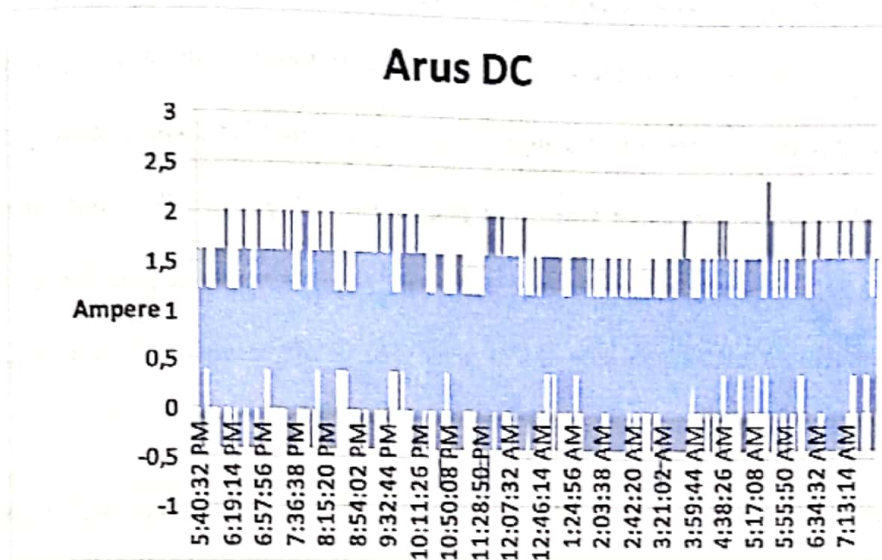
Gambar 3-1 : Plot arus netral yang diukur di GITET Paiton tanggal 28-29 Juli 2011.



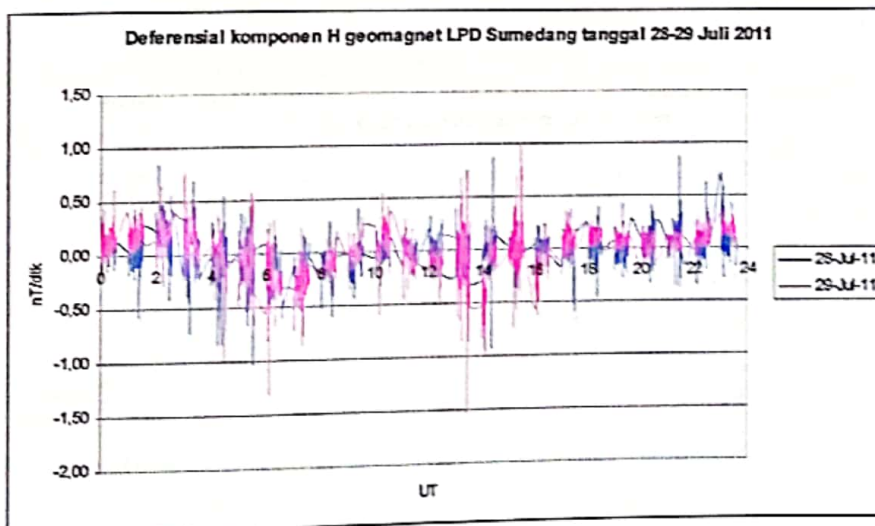
Gambar 3-2 : Variasi komponen H geomagnet LPD Sumedang tanggal 28-29 Juli 2011.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran arus netral di GITET Paiton tanggal 28-29 Juli 2011 yaitu berupa arus DC ditunjukkan pada Gambar 4-1 dan deferensial komponen H medan geomagnet (dH/dt) pada tanggal yang sama ditunjukkan pada Gambar 4-2.



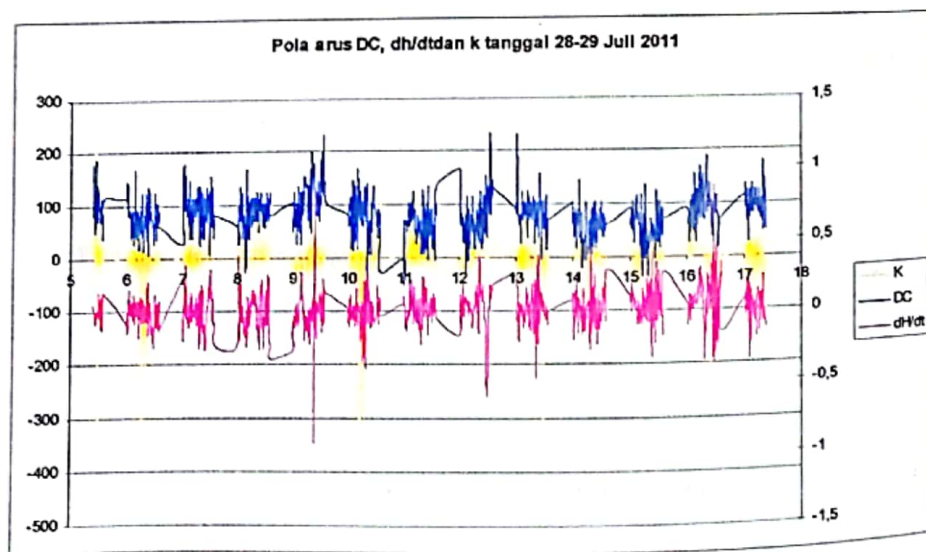
Gambar 4-1 : Arus DC hasil olahan dengan mengurangi data dari clam AC+DC dengan clam AC pada Gambar 3-1



Gambar 4-2 : Arus DC hasil olahan dengan mengurangi data dari clam AC+DC dengan clam AC pada Gambar 3-2

Dari Gambar 4-1 diperoleh bahwa rata-rata arus DC yang muncul pada GITET Paiton adalah sebesar 0.7 A dan maksimum arus DC-nya adalah 2.4 A. Hasil ini kemudian diklarifikasi ke pihak Puslitbang PLN yang anggota penelitian bahwa arus ini benar-benar arus DC yang diduga dari geomagnet. Sedangkan apabila asalnya arus berasal dari beban muatan maka arus yang muncul adalah arus AC. Hal ini membuktikan bahwa potensi kemunculan arus GIC di Indonesia sangat mungkin terjadi atau bisa dikatakan dapat terjadi. Walaupun nilai arus DC ini bisa dikatakan sangat kecil dan mustahil memicu kerusakan kerusakan pada trafo jaringan listrik. Nilai ini sangat logis karena aktivitas medan geomagnet pada saat yang bersamaan juga kecil (relatif tenang), namun bila faktor pemicunya sangat besar (misal fenomena flare atau CME), kemungkinan nilai GIC juga cukup kuat.

Selanjutnya berdasarkan hasil pada Gambar 4-1 dan Gambar 4-2 dilakukan penentuan arus GIC berdasarkan teknik kalibrasi / konversi (Pulkinen, 2008) menggunakan data diferensial komponen H geomagnet LPD Sumedang untuk mendapatkan faktor k yaitu faktor pengepasan. Hasilnya seperti dapat dilihat pada Gambar 4-3.



Gambar 4-3 : Arus DC GITET Paiton, dH/dt LPD Sumedang dan faktor k tanggal 28-29 Juli 2011.

Dengan metode statistik maka faktor k pada Gambar 4-3 dapat ditentukan sebesar -1.002 sehingga persamaan GIC-nya menjadi :

$$\text{GIC}(dH/dt) = - 1.002 dH/dt \quad (2-3)$$

Melalui persamaan (2-3) arus DC di GITET Paiton akibat induksi geomagnet (GIC) dapat diestimasi / dihitung.

5. KESIMPULAN

Merujuk pada latar belakang dan tujuan penelitian ini serta hasil-hasil yang telah dianalisis di atas maka disimpulkan bahwa GIC berpotensi terjadi di Indonesia. Hal ini dibuktikan dengan terukurnya arus DC di GITET Paiton dengan nilai rata-ratanya sebesar 0.7 A (maksimum 2.4 A) tanggal 28-29 Juli 2011 (saat geomagnet tenang). Nilai ini kemungkinan bertambah dengan bertambahnya intensitas badai geomagnet sebagai sumber pemicunya. Estimasi ini didukung relasi persamaan matematika yaitu $\text{GIC} \approx k dH/dt$. Artinya GIC ditentukan oleh faktor dH/dt (medan geomagnet arah utara-selatan). Selanjutnya, magnitudo arus GIC akibat badai geomagnet di sekitar GITET Paiton dapat diestimasi menggunakan persamaan $\text{GIC}(H) = -1.002 (dH/dt)$, dengan H adalah komponen H medan geomagnet LPD Sumedang.

DAFTAR RUJUKAN

- 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.
- Pulkkinen A., 2008, *Modelling of geomagnetically induced current flow in high-voltage power transmission systems*.

- Kappenman, N.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.
- Koen, J., 2000, Geomagnetically induced current and their presence in the Eskom Transmission network, MSc Eng (Thesis), University of Cape Town, February 2000.
- Lehtinen, M., Pirjola, R., Currents produced in earthed conductor networks by geomagnetically induced electric fields, *Annalas Geophysicae*, Vol. 3., No. 4, pp. 479-484, 1985
- Ha Duyen Chau, Le Truong Thanh, Nguyen Thanh Dung, 2008, Use of geomagnetic data in the studies of space weather in Vietnam, IAGA International Symposium "Space Weather and Its Effects on Spacecraft", Cairo, Egypt.
- Nyirenda R. Q., 2008, The risk of geomagnetically induced currents on the Zambian network, submitted in partial fulfillment of the requirements of the degree of Bachelor of Science in Electrical Engineering at the University of Cape Town.