

---

## EVALUASI DATA TEC DARI JARINGAN PENERIMA RADIO BEACON SATELIT DI INDONESIA

Timbul Manik dan Musthofa Lathif  
Space Science Center – LAPAN Indonesia  
[timbulm@yahoo.com](mailto:timbulm@yahoo.com)

### Abstract

A network of receiver system based on satellite radio beacon has been installed at Kototabang (0,2 S, 100,32 E), Pontianak (0,05 S, 109,25 E), Manado (1,2 N, 124,6 E), and Biak (1,08 S, 136,05 E) Indonesia. System is operated simultaneously in a group of a network to receive real time data from different direction, depend on satellite position. Observation is carried out in order to get Total Electron Content (TEC) data over equatorial Indonesia, which can be use for ionospheric studies, i.e. mapping of electron densities distribution over equatorial Indonesia and low latitude by using beacon TEC data. This paper reports measurement system, network configuration and condition, beacon TEC data obtained from the satellites pass on equatorial orbit, for example CNOFS and on polar orbit, for example COSMOS and its evaluation by comparing time to receive data among the receiving stations for each satellite, which can be use to estimate ionospheric TEC. Results show data obtained from the satellite on equatorial orbit or polar orbit, the over lapping time around 5 - 9 minutes between each station. In conclusion, the beacon TEC data can be used for mapping of electron densities distribution over equatorial Indonesia.

**Keywords:** beacon TEC, beacon radio receiver system network, equatorial and polar

### Abstrak

Jaringan sistem penerima berbasis radio beacon satelit telah dipasang di Kototabang (0,2 LS, 100,32 BT), Pontianak (0,05 LS, 109,25 BT), Manado (1,2 LU, 124,6 BT), dan Biak (1,08 LS, 136,05 BT) Indonesia. Sistem ini dioperasikan simultan dalam suatu jaringan sehingga diperoleh data pada waktu yang bersamaan dengan arah yang berbeda, tergantung posisi satelit. Pengamatan ini dilakukan untuk memperoleh data TEC di ekuator Indonesia, yang dapat digunakan untuk studi-studi ionosfer antara lain pemetaan distribusi kerapatan elektron ionosfer di atas ekuator Indonesia dan di lintang rendah khususnya dari data beacon satelit. Pada makalah ini akan disampaikan detail dari sistem pengukuran, konfigurasi dan kondisi jaringan, data Total Electron Content (TEC) yang diperoleh, dan evaluasi data dari satelit yang melintas pada orbit ekuatorial misalnya satelit CNOFS dan orbit polar misalnya satelit COSMOS dengan membandingkan waktu penerimaan data oleh stasiun-stasiun penerima dari setiap lintasan satelit yang digunakan untuk memperkirakan data TEC ionosfer. Hasil sementara diperoleh bahwa data dari satelit yang melintas pada orbit ekuatorial maupun orbit polar terdapat penerimaan data yang bersamaan sekitar 5 - 9 menit diantara stasiun-stasiun penerima. Data TEC ini diharapkan dapat digunakan untuk pemetaan distribusi kerapatan elektron ionosfer di atas ekuator Indonesia.

**Kata kunci:** TEC, jaringan sistem penerima radio beacon satelit, ekuatorial dan polar

## 1. PENDAHULUAN

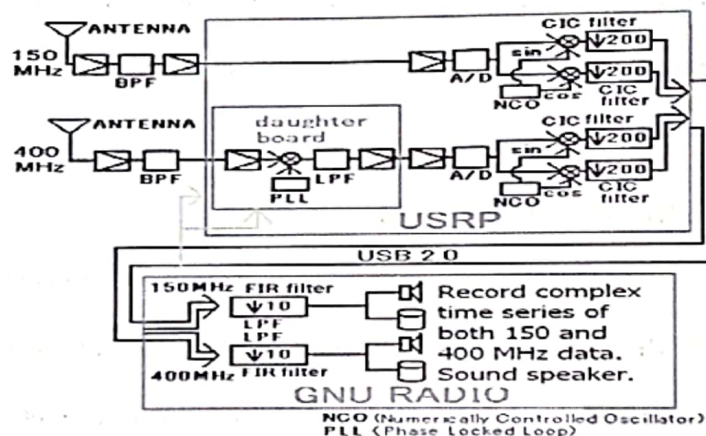
Jaringan sistem penerima radio beacon satelit untuk estimasi besaran TEC dan sintilasi ionosfer telah terpasang di beberapa lokasi di khatulistiwa Indonesia. Sistem penerima ini mengkombinasikan perbedaan fasa gelombang radio 150MHz dan 400MHz yang dipancarkan oleh satelit pada orbit LEO. Sesuai dengan pergerakan satelit, maka TEC di antara satelit dengan penerima di bumi akan berubah terhadap waktu. Hal ini terjadi karena perubahan sudut elevasi satelit dan variasi spasial plasma ionosfer. Penerima landas bumi kemudian mengukur variasi TEC selama satelit melintas. (Leitinger, R. G. Schmid and A. Tauriainen, 1975, Yamamoto, 2008; Manik and Lathif, 2010). Sintilasi ionosfer diperoleh dengan mengamati indeks  $S_4$ , yaitu indeks yang didapatkan dari intensitas sinyal dari satelit yang melintas. Intensitas sinyal adalah power sinyal yang diterima dan nilainya tidak berfluktuasi dengan besarnya noise.

### 1.1 SISTEM PENERIMA RADIO BEACON

Sistem ini mengkombinasikan perbedaan fasa antara sinyal radion beacon 150 MHz dan 400 MHz yang dipancarkan satelit pada orbit LEO seperti OSCAR, COSMOS, FORMOSAT-3/COSMIC, RADCAL, C/NOFS dan lain-lain. Sinyal radio beacon ini merupakan sinyal emergensi untuk setiap satelit. Gelombang radio 150 MHz dan 400 MHz dari satelit merambat melalui plasma ionosfer dimana terjadi perubahan dan pembelokkan arah gelombang yang disebabkan adanya kerapatan plasma pada ionosfer. Analisis perbedaan fasa antara kedua sinyal tersebut kemudian dapat dihitung TEC ionosfer antara satelite dengan penerima di bumi, dan menentukan indeks sintilasi ionosfer. Sistem ini dikenal dengan nama GNU Radio Beacon Receiver (GRBR). Perangkat yang sudah terpasang untuk pengamatan TEC simultan di ekuatorial

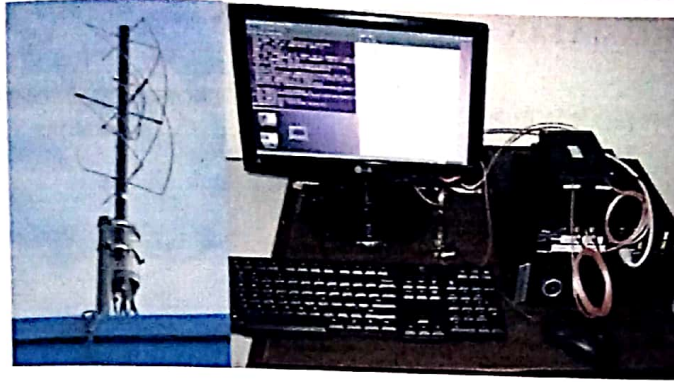
Indonesia ada di Kototabang (0,2 LS, 100,32 BT), Pontianak (0,05 LS, 109,25 BT),  
Manado (1,2 LU, 124,6 BT), dan Biak (1,08 LS, 136,05 BT).

Pada Gambar 1 dan 2 menunjukkan blok diagram sistem penerima GRBR, antenna QFH dan *indoor system*, PC dan *software*. Sinyal 150 dan 400 MHz yang diterima antenna dikuatkan dengan pre-amp dan dilewatkan melalui band pass filter, kemudian masuk ke daughter board di USRP. Sinyal 150 MHz akan diperkuat sebelum memasuki USRP dan disampling secara digital, sedangkan sinyal analog 400 MHz akan langsung dikonversi ke digital di USRP. Sinyal akan kembali difilter sebelum ditransfer ke PC. Sinyal akan disimpan dalam bentuk file komplek I (Inphase) dan Q (Quadrature) untuk data processing selanjutnya. (Manik, T. and M. Lathif, 2010).



**Gambar 1 :** Blok diagram sistem penerima

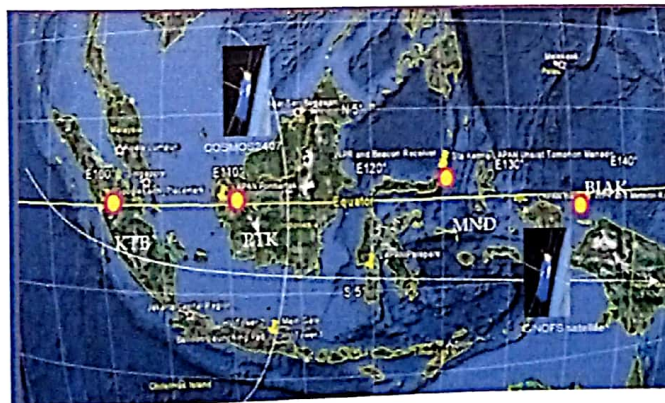
Perangkat keras yang digunakan terdiri dari antenna QFH (*indoor*), pre-amp (*outdoor*), penguat LNA (*indoor*), USRP (*indoor*) dan pemroses data PC dan *software* (*indoor*). GPS digunakan untuk penentuan lokasi penerima secara presisi dan penentuan timing (*clock*) antara sistem penerima dan waktu perlintasan satelit. (Milligan, Thomas A., 2005, Manik, T. and M. Lathif, 2010).



Gambar 2 : Sistem penerima radio beacon.

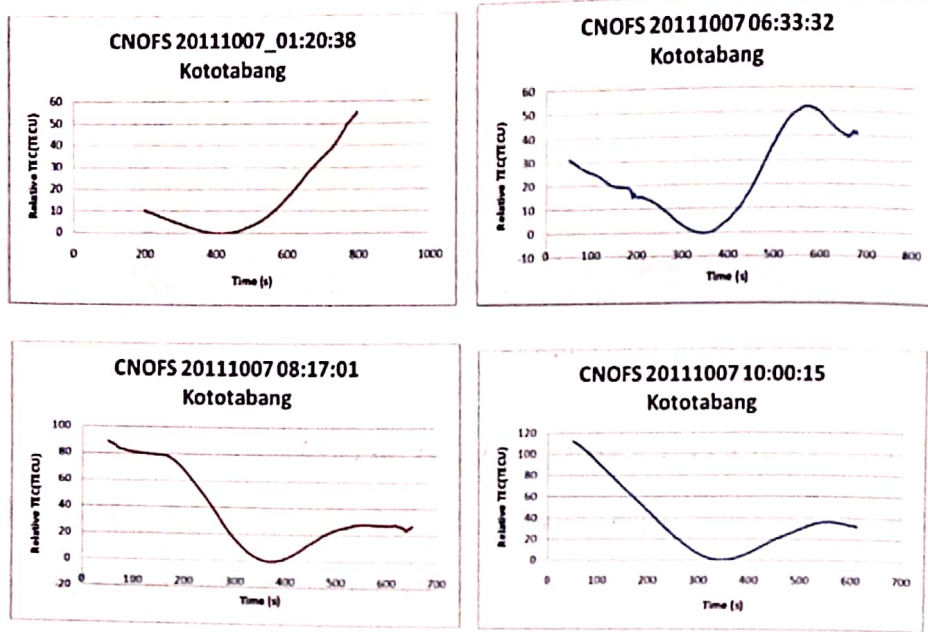
## 1.2 JARINGAN PENERIMA RADIO BEACON SATELIT

Saat ini perangkat sudah terpasang di Kototabang (0,2 LS, 100,32 BT), Pontianak (0,05 LS, 109,25 BT), Manado (1,2 LU, 124,6 BT), dan Biak (1,08 LS, 136,05 BT) untuk pengamatan secara simultan di ekuatorial Indonesia dan lintang rendah. Perangkat sistem penerima di Kototabang sudah terlebih dahulu beroperasi sejak bulan Maret 2009, disusul perangkat penerima di Pontianak dioperasikan sejak akhir Maret 2011, Manado beroperasi sejak awal Juli 2011, dan di Biak beroperasi sejak awal bulan Oktober 2011. Sistem yang beroperasi secara *on-line* ke pusat data di Bandung adalah Kototabang dan Pontianak, sementara di Manado dan Biak masih *off-line*. Satu perangkat lagi yang digunakan sebagai perangkat standar dipasang di Tanjungsari Sumedang.



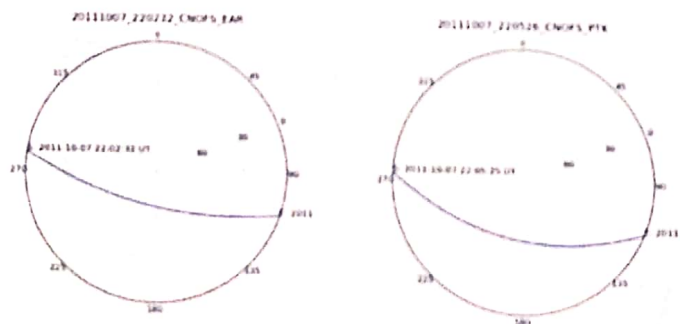
Gambar 3 : Jaringan sistem penerima radio beacon satelit di Indonesia

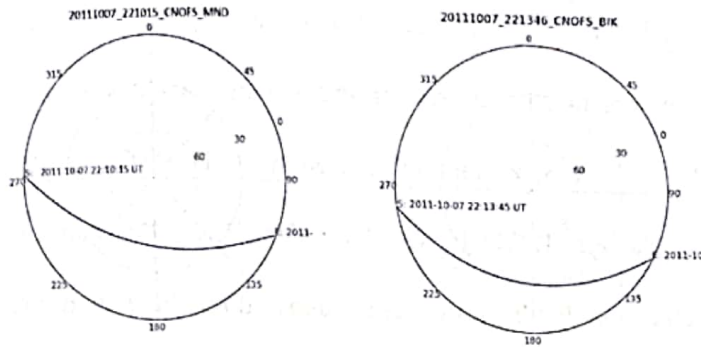
## 2. HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN



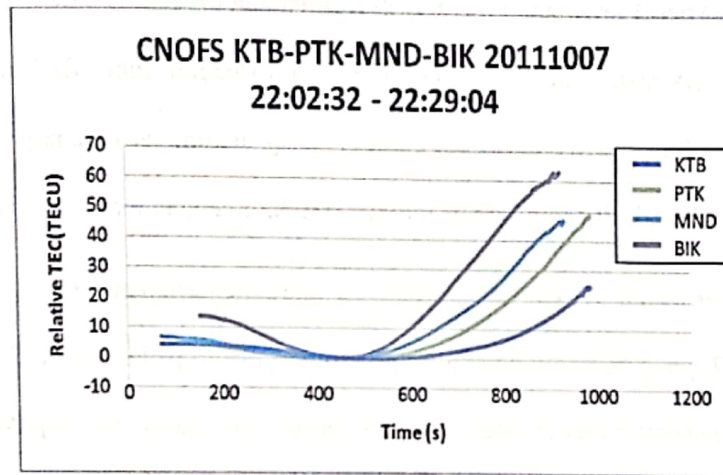
Gambar 4 : Perolehan data TEC di Kototabang dalam satu hari pengamatan dari lintasan satelit CNOFS , 7 Oktober 2011.

Gambar 4. menunjukkan perkiraan nilai TEC relatif dari penerimaan sinyal radio beacon dari satelit CNOFS yang bergerak pada orbit ekuatorial dalam satu hari secara berturut-turut sebagai fungsi waktu, dimulai dari jam 01:30:28 UT hingga 10:00:15 UT atau dari pagi hingga sore hari di waktu lokal. Perkiraan nilai TEC menunjukkan nilai yang semakin besar dari pagi hingga sore hari.





Gambar 5: Lintasan satelit CNOFS pada empat lokasi yang berbeda dari Kototabang, Pontianak, Manado hingga Biak dalam satu hari pengamatan, 7 Oktober 2011.



Gambar 6: Perolehan data TEC di empat lokasi pengamatan pada waktu yang bersamaan, 7 Oktober 2011

Gambar 5 menunjukkan lintasan satelit CNOFS pada empat lokasi yang berbeda dari Kototabang, Pontianak, Manado hingga Biak dalam satu hari pengamatan tanggal 7 Oktober 2011, dan Gambar 6. menunjukkan nilai TEC relatif yang diperoleh di empat stasiun, Kototabang, Pontianak, Manado dan Biak secara simultan dan berurutan dari satelit CNOFS. Data mulai diterima di Kototabang pada pukul 22:02:32 UT, berakhir pukul 22:18:56 UT, kemudian di Pontianak mulai 22:05:25 UT hingga pukul 22:21:49 UT. Stasiun Manado mulai menerima pukul 22:10:15 UT hingga 22:24:44 UT, dan terakhir stasiun Biak mulai pukul 22:13:45 UT hingga pukul 22:29:04 UT dengan sudut

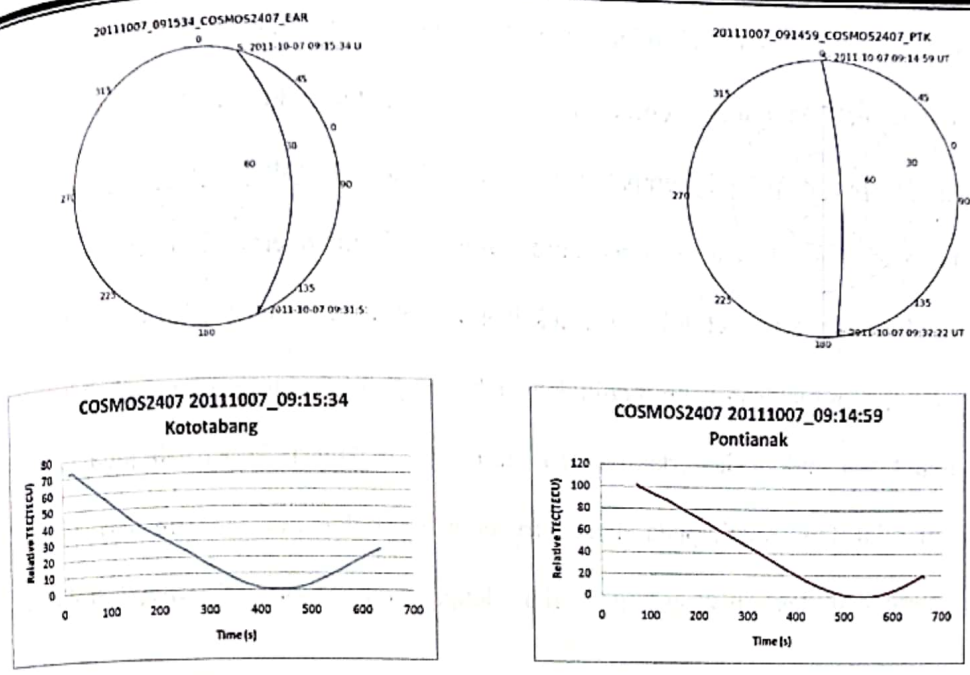
penerimaan sekitar 30 hingga 80 derajat di atas masing-masing lokasi. Terdapat penerimaan data yang bersamaan di antara masing-masing stasiun, >9 menit antara dua stasiun (KTB dan EAR), > 8 menit antara tiga stasiun (KTB, PTK dan MND), dan >5 menit antara empat stasiun (KTB, PTK, MND dan BIK). Penerimaan data yang bersamaan antara dua atau lebih stasiun akan dapat dimanfaatkan untuk pemetaan distribusi kerapatan ionosfer di atas katulistiwa Indonesia.

Perkiraan nilai TEC relatif yang diterima bersamaan di empat stasiun pengamat pada malam hari (05:00 – 05:30 LT di bagian barat) hingga pagi hari (07:10 – 07:30 LT di bagian timur) berkisar antara 35 TECU di Kototabang hingga 63 TECU di Biak, yang menunjukkan perkiraan nilai TEC yang lebih besar di bagian timur daripada di bagian barat. Hal ini diduga karena kerapatan elektron yang meningkat karena proses ionisasi yang terjadi lebih aktif di bagian timur Indonesia terkait dengan terbitnya matahari.

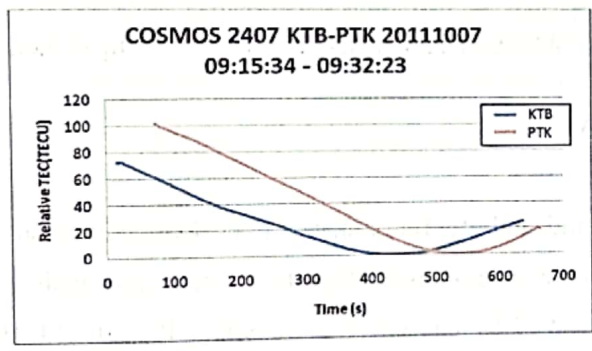
Perkiraan nilai TEC yang diperoleh dari penerimaan sinyal dari satelit COSMOS2407 yang bergerak pada orbit polar ditunjukkan pada gambar 7 dan 8. Data diterima di Kototabang dan Pontianak hampir bersamaan, yaitu mulai pukul 09:15:34 UT hingga 09:31:51 UT di Kototabang, dan di Pontianak pada pukul 09:14:59 UT hingga 09:32:23 UT, pada sudut elevasi 30-40 derajat di atas masing-masing lokasi. Nilai TEC maksimum pada siang hari yang diperoleh berkisar antara 70 - 100 TECU, dan penerimaan di Pontianak lebih besar daripada di Kototabang.

Dari pengamatan-pengamatan di atas diperoleh juga bahwa perkiraan nilai TEC relatif di daerah ekuator Indonesia pada siang hari lebih besar dari pada saat malam hari. Hal ini diduga terjadi karena adanya kerapatan elektron yang tinggi terkait dengan anomali ionisasi yang terjadi di daerah ekuator (Thampi and Yamamoto, 2010). Hasil pengamatan di atas masih perlu dibuktikan lagi dengan hasil pengamatan lainnya di daerah ekuator Indonesia.

---



Gambar 7 : Lintasan satelit COSMOS2407 di atas Kototabang dan Pontianak serta perolehan data TEC di masing-masing-masing lokasi.



Gambar 8 : Perbandingan perolehan data TEC di Kototabang dan Pontianak pada waktu yang bersamaan.

### 3. KESIMPULAN

Jaringan penerima radio beacon di Indonesia telah berhasil dibangun dan dioperasikan, serta memperoleh data perkiraan nilai TEC relatif dari masing-masing lokasi secara *on-line* dan *off-line*. Sistem masih perlu disempurnakan untuk dapat beroperasi secara *on-line* sehingga data *real time* dapat diperoleh di pusat data di Bandung. Data TEC di empat penerima khatulistiwa Indonesia yaitu di Kototabang,



Pontianak, Manado, dan Biak telah dapat diperoleh secara bersamaan. Perolehan data ini dapat digunakan untuk mempelajari kondisi ionosfer Indonesia *real time* seperti untuk pemetaan distribusi kerapatan ionosfer. Perkiraan nilai TEC yang diterima bersamaan di empat stasiun dari barat hingga timur daerah ekuator Indonesia menunjukkan nilai yang lebih besar untuk bagian timur dari pada bagian barat, diduga karena kerapatan elektron yang meningkat oleh adanya proses ionisasi yang lebih aktif di bagian timur Indonesia terkait dengan terbitnya matahari. Diperoleh juga bahwa perkiraan nilai TEC relatif pada siang hari lebih besar dari pada malam hari, diduga karena kerapatan elektron yang tinggi terkait dengan adanya anomali ionisasi di daerah ekuator.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Yana Robiana, Hendro Nurchayo, dan rekan-rekan di LPD/BPD LAPAN atas bantuan dan kerjasamanya dengan baik.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Leitinger, R. G. Schmid and A. Tauriainen, An evaluation method combining the differential Doppler measurements from two stations that enables the calculation of electron content of the ionosphere, *J. Geophys.*, 40, 201-213, 1975.
- Manik, T. and M. Lathif, Determination of TEC and ionospheric scintillation using ground-based satellite radio receivers system, Proceeding of Fifth National Seminar on Space Science, LAPAN, 2010.
- Milligan, Thomas A., 2005. Modern Antenna Design, John Wiley & Sons Inc., New Jersey, USA, 264-284.
- Thampi, Smitha V. and M. Yamamoto. First Result from The Ionospheric Tomography Experiment Using Beacon TEC Data Obtained by Means of A Network Along A Longitude of 136°e Over Japan, *Earth Planets Space*, 62, 359-364, 2010.
- Yamamoto, M., Digital beacon receiver for ionospheric TEC measurement developed with GNU Radio, *Earth Planets Space*, Vol. 60, pp. e21-e24, 2008.