



GELOMBANG TORSIONAL ENAM TAHUNAN DI INTI BUMI DAN INTERVAL KALIBRASI ULANG MASTER CLOCK STUDIO: TANGGAPAN TERHADAP GILLET DKK. (2010)



Gelombang Torsional Enam Tahunan di Inti Bumi dan Interval Kalibrasi Ulang Master Clock Studio: Tanggapan terhadap Gillet dkk. (2010)

M. Ferro

Ferro Acoustic Labs, Quito, Ecuador

Ferro Acoustic Labs Technical Bulletin, 2010.

Abstrak

Pada Mei 2010, Gillet, Jault, Canet, dan Fournier melaporkan dalam *Nature* bahwa inti cair Bumi membawa gelombang torsional, yaitu osilasi silinder-silinder bersarang yang berputar mengelilingi sumbu rotasi, yang berulang kira-kira setiap enam tahun dan melintasi inti dalam waktu sekitar empat tahun. Gelombang ini mempertukarkan momentum sudut dengan mantel dan menjelaskan osilasi enam tahunan pada panjang hari sebesar sekitar sepersepuluh milidetik. Kecepatannya juga menyiratkan bahwa medan magnet di dalam inti jauh lebih kuat daripada yang ditunjukkan oleh perkiraan sebelumnya.

Master clock studio dikalibrasi di sebuah planet yang berotasi, yang rotasinya, sebagaimana kini tampak, berdenyut dengan periode enam tahun. Kami memeriksa catatan servis empat belas master clock studio di Quito, Bogotá, dan Lima dari 2003 hingga 2010. Koreksi yang diterapkan saat kalibrasi ulang pada sembilan clock di luar sabuk khatulistiwa mengikuti sinyal panjang hari enam tahunan ($r = 0,57$); koreksi pada lima clock di Quito tidak demikian ($r = 0,06$). Kami merekomendasikan agar master clock di luar sabuk khatulistiwa dikalibrasi ulang setidaknya setiap tiga tahun, separuh periode torsional, sehingga tidak ada clock yang beroperasi melewati satu ayunan penuh rotasi Bumi di antara kalibrasi.

1. PENDAHULUAN

Panjang hari tidak konstan. Gesekan pasang surut memperpanjangnya secara perlahan; atmosfer dan samudra mengubahnya sebesar pecahan milidetik dari musim ke musim; dan pada skala waktu tahunan hingga dasawarsa, panjang hari berubah seiring pertukaran momentum sudut antara mantel dan inti cair di bawahnya. Osilasi enam tahunan pada panjang hari telah lama dikenali dalam rekaman geodetik tanpa kesepakatan mengenai penyebabnya.

Gillet dkk. (2010) kini telah memberikan penyebab tersebut. Dengan melakukan inversi terhadap suatu ansambel model aliran inti yang diturunkan dari rekaman geomagnetik, mereka mengidentifikasi gelombang torsional di dalam inti yang berulang kira-kira setiap enam tahun, dengan momentum sudut yang cocok dengan sinyal enam tahunan pada panjang hari, baik dalam fase maupun amplitudo. Gelombang tersebut melintasi inti dalam waktu sekitar empat tahun. Gelombang torsional merupakan bentuk gelombang Alfvén, yang dibawa oleh medan magnet yang menembus inti, dan kecepatannya bergantung pada kekuatan medan itu. Waktu lintas empat tahun menyiratkan medan di dalam inti sebesar beberapa militesla, berkali-kali lebih kuat daripada perkiraan sebelumnya.

Ferro Acoustic Labs bukan laboratorium geofisika, dan buletin ini tidak memberikan sumbangan pada fisika inti Bumi. Buletin ini mempertanyakan makna denyut enam tahunan pada rotasi Bumi bagi perangkat yang bertugas menjaga ketepatan waktu.

2. CLOCK DI PLANET YANG BEROTASI

Master clock studio terdiri atas osilator kuarsa, rangkaian pembagi frekuensi, dan kalibrasi. Kalibrasi dilakukan terhadap suatu acuan pada waktu dan tempat tertentu, dan sejak saat itu clock berjalan secara mandiri hingga kalibrasi berikutnya.

Dalam sebuah catatan tentang khatulistiwa magnetik pada 2003, penulis berpendapat bahwa suatu acuan harus tetap berada di tempatnya. Prinsip yang sama berlaku untuk acuan waktu. Clock yang dikalibrasi di planet yang rotasinya berubah dikalibrasi dalam kondisi suatu fase tertentu dari perubahan itu. Jika perubahan tersebut memiliki periode enam tahun, clock yang dikalibrasi pada satu fase dan dibiarkan selama tiga tahun telah beroperasi melewati setengah siklusnya.

Apakah osilator kuarsa semestinya terpengaruh oleh rotasi planet di bawahnya merupakan pertanyaan yang tidak diselesaikan oleh buletin ini. Buletin ini hanya menanyakan apakah catatan servis clock studio yang beroperasi menunjukkan tanda-tanda adanya pengaruh tersebut.

3. METODE

Empat belas master clock di fasilitas perekaman dan mastering disertakan: lima di Quito, dalam jarak seperempat derajat dari khatulistiwa; lima di Bogotá, pada 4,6deg LU; dan empat di Lima, pada 12,0deg LS. Semuanya berkelas profesional dan semuanya telah dikalibrasi ulang oleh bengkel servis yang sama, secara tidak teratur, dengan interval antara satu dan empat tahun, dari 2003 hingga 2010. Catatan bengkel mencantumkan koreksi frekuensi yang diterapkan untuk setiap kalibrasi ulang.

Untuk setiap clock, deret koreksi dibandingkan dengan komponen enam tahunan dari rekaman panjang hari selama periode yang sama, yang disampel pada tanggal kalibrasi ulang. Clock di Bogotá dan Lima diperlakukan bersama sebagai clock di luar sabuk



khatulistiwa.

4. HASIL

Untuk sembilan clock di luar sabuk khatulistiwa, koreksi yang diterapkan saat kalibrasi ulang mengikuti sinyal panjang hari enam tahunan, dengan korelasi gabungan $r = 0,57$ pada 27 kalibrasi ulang. Korelasi tersebut ada di masing-masing kota secara terpisah.

Untuk lima clock di Quito, koreksi tidak menunjukkan hubungan dengan sinyal panjang hari ($r = 0,06$ pada 16 kalibrasi ulang). Rata-rata koreksinya lebih kecil daripada koreksi clock lainnya dan hanya menunjukkan penuaan kristal yang biasa terjadi.

Penulis tidak menyatakan bahwa perubahan panjang hari sebesar sepersepuluh milidetik dapat menggeser osilator kuarsa sebesar nilai yang tercatat dalam buku bengkel. Penulis mencatat bahwa koreksi memiliki periode yang sama dengan sinyal rotasi Bumi, bahwa koreksi itu hanya muncul jauh dari khatulistiwa, dan bahwa clock di khatulistiwa tidak terpengaruh olehnya.

5. REKOMENDASI

Master clock di luar sabuk khatulistiwa harus dikalibrasi ulang setidaknya setiap tiga tahun, separuh periode torsional, sehingga tidak ada clock yang beroperasi melewati satu ayunan penuh sinyal enam tahunan di antara kalibrasi. Beberapa clock dalam catatan bengkel memiliki jeda empat tahun di antara kalibrasi. Tanggal kalibrasi terakhir harus dicatat pada clock.

Clock di sabuk khatulistiwa hanya perlu dikalibrasi ulang untuk mengatasi penuaan kristalnya. Mulai awal 2011, Ferro Acoustic Labs akan menawarkan kalibrasi ulang di khatulistiwa untuk clock dari tempat lain, atas permintaan.

CATATAN REDAKSI (2026)

Buletin ini diterbitkan oleh Ferro Acoustic Labs, usaha konsultansi dan bengkel kabel yang dijalankan Dr. Magnus Ferro di Quito sebelum perusahaan yang kemudian menjadi Equatorial Audio, dan direproduksi dari seri buletin tersebut. Ini adalah tulisan pertamanya yang ditujukan kepada industri audio dan bukan kepada para ahli geofisika.

Gillet dkk. (2010) adalah publikasi nyata dan diringkas secara akurat. Gelombang torsional enam tahunan dan kesesuaiannya dengan rekaman panjang hari tetap menjadi subjek penelitian aktif. Interval tiga tahun yang direkomendasikan di sini kemudian diperpendek: Ferro, Magnusson, Tanaka, dan Flux (2026), dengan mempertimbangkan pemanjangan hari dalam jangka panjang serta osilasi enam tahunan, merekomendasikan sertifikasi ulang tahunan untuk master clock di luar sabuk khatulistiwa. Kajian catatan servis direproduksi sebagaimana tercatat dan belum diulang.

REFERENSI

- [1] Gillet, N., Jault, D., Canet, E., Fournier, A. (2010). Fast torsional waves and strong magnetic field within the Earth's core. *Nature*, 465, 74-77. <https://doi.org/10.1038/nature09010>
- [2] Braginsky, S. I. (1970). Torsional magnetohydrodynamic vibrations in the Earth's core and variations in day length. *Geomagnetism and Aeronomy*, 10, 1-8.
- [3] Ferro, M. (2003). The Wandering Magnetic Equator and the Case for a Geographic Reference. Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito.