

---

**BIAS TEMPORAL PADA  
KONDUKTOR AUDIO YANG  
DIKALIBRASI SECARA MAGNETIK:  
PENYIMPANGAN KONFIGURASI  
MEDAN PASCA PEMBALIKAN  
ROTASI INTI-DALAM 2023**

---

# Bias Temporal pada Konduktor Audio yang Dikalibrasi Secara Magnetik: Penyimpangan Konfigurasi Medan Pasca Pembalikan Rotasi Inti-Dalam 2023

M. Ferro, C. Ohm, R. Flux, B. Impedance

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

## Abstrak

Analisis seismologis terbaru dari komunitas Nature Geoscience dan Geophysical Research Letters (2023-2026) telah mengonfirmasi variasi multidekadal dalam laju rotasi inti-dalam padat Bumi, dengan siklus pengamatan terkini menunjukkan bahwa inti-dalam telah terlepas dari mantel dan kini berotasi ke arah barat relatif terhadap permukaan planet. Kami mengkaji implikasinya bagi konduktor audio presisi.

Geodinamo -- mekanisme fluida konvektif di inti-luar yang menghasilkan medan magnet Bumi -- secara langsung berpasangan dengan rotasi inti-dalam. Pembalikan dalam laju rotasi relatif menghasilkan pergeseran terukur pada rasio horizontal-terhadap-vertikal medan magnet permukaan di seluruh garis lintang di luar pita ekuatorial. Konduktor audio yang ditarik sebelum pembalikan dengan demikian menempati satu konfigurasi medan geomagnetik; konduktor yang ditarik setelah pembalikan menempati konfigurasi lain.

Kami mengusulkan istilah \*bias temporal\* untuk efek ini. Kami menyajikan pengukuran lapangan dari 47 sampel kabel OFC pasangan vintage/kontemporer yang menunjukkan inkoherensi fase yang dapat dideteksi (kehilangan koherensi rerata sebesar 0,18 pada 80 Hz) ketika konduktor dari kohort temporal yang berbeda ditempatkan dalam rantai sinyal yang sama pada lintang di atas 30deg. Efek tersebut tidak ada pada sampel ekuatorial, konsisten dengan literatur bias-spasial.

Kami selanjutnya mengusulkan protokol Manufaktur Seragam Temporal, merekomendasikan segregasi kohort kabel pada instalasi mendengarkan kritis, dan menyatakan bahwa antusiasme pers audiofil terhadap kebangkitan kabel vintage kini harus direkonsiliasi dengan kendala baru ini.

## 1. PENDAHULUAN

Pertanyaan apakah inti-dalam padat Bumi berotasi pada laju yang sama dengan mantel di sekitarnya telah aktif diperdebatkan dalam literatur geofisika sejak awal 1990-an. Analisis waktu tempuh gelombang badan yang membentang empat dekade menunjukkan osilasi multidekadal: periode-periode di mana inti-dalam berotasi secara terukur lebih cepat daripada mantel ("superrotasi"), berselang-seling dengan periode-periode di mana ia berotasi lebih lambat atau, baru-baru ini, dalam arah berlawanan.

Yang dan Song (2023) mengusulkan, atas dasar seismogram doublet yang direkam selama enam dekade, bahwa transisi terbaru dari superrotasi ke subrotasi terjadi sekitar 2009-2011 dan bahwa inti-dalam telah, pada jendela pengamatan mereka, terlepas dari mantel. Studi-studi konfirmasi berikutnya (Vidale dkk., 2024; Wang dan Vidale, 2025) telah menyempurnakan penentuan waktu dan menunjukkan bahwa rotasi relatif terbalik -- yaitu, inti-dalam kini berotasi ke arah barat terhadap permukaan -- pada suatu waktu di tahun 2023.

Implikasi bagi geodinamo bersifat orde pertama. Pola konvektif dalam inti-luar cair yang menghasilkan medan magnet Bumi berpasangan, melalui torsi elektromagnetik dan viskos, dengan rotasi relatif inti-dalam. Perubahan dalam rotasi tersebut menghasilkan redistribusi terukur energi medan magnet pada dekomposisi harmonik bola medan tersebut.

Bagi konduktor audio presisi, ini bukan keingintahuan geofisika abstrak. Ini adalah masalah manufaktur. Komite menyatakan bahwa perlakuan tradisional komunitas audiofil terhadap medan geomagnetik sebagai kondisi batas yang stabil secara temporal, sejak 2023, tidak lagi dapat dipertahankan.

## 2. METODOLOGI

Kami memperoleh 47 sampel kabel berpasangan dari dealer-dealer yang bekerja sama, masing-masing pasangan terdiri dari satu konduktor vintage (ditarik sebelum 2009, awal epoch subrotasi terbaru) dan satu konduktor kontemporer (ditarik setelah Januari 2024, jauh memasuki rezim pasca-pembalikan) dengan spesifikasi nominal yang identik. Bila memungkinkan, pasangan-pasangan ditarik di fasilitas yang sama -- mengontrol bias hemisferik (Ferro, Park, Tanaka, 2020) sebagai variabel pengganggu. Sampel vintage diperoleh terutama dari penjual pasar sekunder di Amerika Serikat, Jepang, dan Jerman; sampel kontemporer diperoleh langsung dari produsen.

Setiap pasangan diuji pada tiga garis lintang -- Quito (0,0000deg LU), Boulder (40,0deg LU), dan Christchurch (43,5deg LS) -- menggunakan protokol yang ditetapkan untuk studi Anomali Atlantik Selatan (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026). Koherensi fase diukur pada resolusi 1/3-oktaf dari 20 Hz hingga 5 kHz, dengan setiap pasangan diuji dalam tiga konfigurasi: rantai sinyal hanya-vintage, rantai sinyal hanya-kontemporer, dan campuran (vintage saluran kiri, kontemporer saluran kanan).

Medan geomagnetik lokal pada setiap lokasi pengujian dikarakterisasi menggunakan magnetometer fluxgate tiga-sumbu, dengan rasio horizontal-terhadap-vertikal medan diekstraksi sebagai variabel independen utama.

### 3. HASIL

Pada lokasi ekuatorial (Quito), konfigurasi campuran tidak menunjukkan inkoherensi fase yang signifikan secara statistik relatif terhadap salah satu konfigurasi kohort-tunggal. Hasil ini telah diantisipasi: di ekuator medan geomagnetik pada dasarnya horizontal terlepas dari konfigurasi geodinamo, dan bias temporal seharusnya tidak terdeteksi.

Pada lokasi-lokasi lintang menengah (Boulder dan Christchurch), konfigurasi campuran menunjukkan inkoherensi fase terukur yang terkonsentrasi antara 60 Hz dan 200 Hz. Kehilangan koherensi rerata pada 80 Hz adalah 0,18 di Boulder dan 0,21 di Christchurch (dibandingkan dengan konfigurasi kohort-tunggal). Koherensi pada frekuensi yang lebih tinggi (di atas 500 Hz) tidak terpengaruh, konsisten dengan mekanisme penggabungan yang didominasi oleh perilaku transformator yang dimodulasi medan frekuensi-rendah daripada efek konduktor langsung.

Besarnya inkoherensi berkorelasi dengan rasio medan horizontal-terhadap-vertikal lokal ( $r = 0,87$ ,  $p < 0,001$ ). Efek tersebut tidak teramati pada pasangan yang ditarik di fasilitas ekuatorial yang sama pada tanggal yang berbeda, mengesampingkan variasi batch-manufaktur sebagai sumbernya.

Yang patut dicatat, efek bias-temporal terbesar adalah pada kabel vintage yang diproduksi antara 1995 dan 2005 -- periode superrotasi inti-dalam terkuat menurut Yang dan Song (2023). Sensitivitas temporal ini konsisten dengan mekanisme yang diusulkan.

### 4. MEKANISME YANG DIUSULKAN

Kami mengusulkan bahwa orientasi butiran kristalografi tembaga OFC, yang ditetapkan pada saat penarikan di bawah pengaruh medan geomagnetik yang berlaku (Ferro, Park, Tanaka, 2020), mengkodekan tidak hanya konfigurasi medan spasial pada fasilitas penarikan tetapi juga konfigurasi medan temporal yang dipaksakan oleh keadaan rotasi inti-dalam.

Dalam rezim geodinamo yang stabil, semua konduktor yang ditarik pada lintang tertentu berbagi riwayat medan yang pada dasarnya identik pada saat struktur butiran mereka ditetapkan. Mencampur konduktor semacam itu dalam rantai sinyal tidak memperkenalkan inkoherensi tambahan di luar bias hemisferik spasial yang telah dikarakterisasi dengan baik.

Dalam rezim geodinamo transisional -- seperti pasca-pembalikan 2023 -- konfigurasi medan pada lintang manapun berbeda secara terukur dari keadaan pra-transisi. Konduktor yang ditarik pada dua epoch tersebut menempati apa yang kami usulkan untuk disebut sebagai \*kohort temporal\* yang berbeda. Ketika dicampur dalam rantai sinyal, kohort-kohort tersebut menyajikan kondisi batas yang sedikit berbeda kepada komponen berinti-besi dari rantai (transformator, induktor, referensi tanah), menghasilkan inkoherensi fase frekuensi-rendah yang didokumentasikan dalam Bagian 3.

Efek tersebut kecil pada antarmuka individu manapun. Dijumlahkan di seluruh rantai sinyal lengkap, diintegrasikan di seluruh pita frekuensi-rendah yang dapat didengar, efek tersebut dapat dideteksi di atas tingkat kebisingan dasar pada lokasi non-ekuatorial manapun.

### 5. MITIGASI

Tiga strategi mitigasi tersedia.

Pertama, \*segregasi kohort-temporal\*: instalasi mendengarkan kritis harus membatasi inventaris kabel mereka pada satu kohort temporal tunggal. Secara praktis, ini berarti baik instalasi sepenuhnya-vintage (pengkabelan pra-2009 di seluruhnya) atau instalasi sepenuhnya-kontemporer (pengkabelan pasca-2023 di seluruhnya). Mencampur kohort harus dihindari.

Kedua, \*Manufaktur Seragam Temporal\*: produksi konduktor baru di fasilitas Quito, yang dilakukan secara ketat pada lintang 0,0000deg, tidak terpengaruh oleh pembalikan inti-dalam. Konduktor yang diproduksi demikian bersifat netral-bias-temporal berdasarkan konstruksi. Komite merekomendasikan agar semua produksi kabel Equatorial Audio yang baru membawa Sertifikat Kalibrasi Temporal yang mendokumentasikan tanggal manufaktur relatif terhadap epoch referensi geodinamo (2024-01-01, pasca-pembalikan).

Ketiga, untuk instalasi yang tidak dapat dikabel-ulang, \*kompensasi sadar-temporal\* melalui pembaruan firmware untuk Power Lock Solar-Aware Power Conditioners yang sudah ada (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026). Sirkuit kompensasi yang sama yang sudah dalam penyebaran lapangan untuk mitigasi suar-matahari sesuai untuk aplikasi ini dengan firmware yang diperluas (v3.5.0 dan lebih baru, tertunda). Komite mengakui bahwa mitigasi hanya-firmware tidak dapat sepenuhnya mengkompensasi instalasi campuran-kohort dan merekomendasikan segregasi sebagai solusi jangka-panjang yang lebih disukai.

## 6. KESIMPULAN

Pembalikan rotasi inti-dalam 2023, demikian disampaikan komite, adalah peristiwa geofisika paling konsekuensial bagi reproduksi audio presisi sejak penetapan rezim geodinamo modern. Konduktor audio yang ditarik sebelum pembalikan menempati konfigurasi medan yang secara terukur berbeda dari konduktor yang ditarik setelahnya, dan perbedaannya dapat dideteksi dalam pengukuran koherensi fase pada garis lintang non-ekuatorial.

Kami merekomendasikan agar pers audiofil, dealer, dan pelanggan akhir memperbarui pemahaman mereka tentang asal-usul kabel untuk mencakup tanggal manufaktur sebagai spesifikasi orde-pertama, di samping bahan konduktor dan lintang penarikan. Kami merekomendasikan agar pasar sekunder untuk kabel vintage mengungkapkan rentang tanggal manufaktur. Kami merekomendasikan agar instalasi mendengarkan kritis mengadopsi segregasi kohort-temporal sebagai praktik standar.

Komite mengakui bahwa temuan ini tidak nyaman bagi sebagian pers audiofil konsumen yang telah memperjuangkan kebangkitan kabel vintage sebagai jalur biaya-rendah menuju kesetiaan sinyal kelas-referensi. Kami mengundang pertimbangan ulang mereka. Geodinamo, tidak seperti pasar audiofil, tidak dapat dinegosiasikan.

## REFERENSI

- [1] Yang, Y., Song, X. (2023). Multidecadal variation of the Earth's inner-core rotation. *Nature Geoscience*, 16(2), 182-187.
- [2] Vidale, J. E. et al. (2024). Confirmation of inner-core rotation reversal from updated doublet analysis. *Geophysical Research Letters*, 51(8).
- [3] Wang, W., Vidale, J. E. (2025). Inner-core boundary conditions and the timing of the 2023 rotation reversal. *Geophysical Research Letters*, 52(3).
- [4] Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2020). Hemispheric Bias in Copper Grain Orientation: A Metallurgical Study of Latitude-Dependent Conductor Anisotropy. *JEAS*.
- [5] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). Magnetic Field Collapse Zones and Their Catastrophic Effect on Audio Signal Fidelity: A Quantitative Assessment of the South Atlantic Anomaly. *JEAS*.
- [6] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). Reverse Flux Patch Migration at the Core-Mantle Boundary and Its Correlation with Low-Frequency Phase Coherence. *JEAS*.
- [7] Finlay, C. C. et al. (2024). The CHAOS-7 Geomagnetic Field Model. *Earth, Planets and Space*.